

DEFNE ARTIKLARINDAN PİROLİZ METODU İLE SENTETİK SIVI YAKIT ÜRETİMİ

Murat ERTAŞ¹, M. Hakkı ALMA², M. Said FİDAN³

^{1,2}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, 46060 KAHRAMANMARAŞ

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 46060 KAHRAMANMARAŞ

mertas@ksu.edu.tr; alma@ksu.edu.tr; saidfidan@mynet.com

Özet

Bu çalışmada, Hatay (Dört Yol) uçucu yağ fabrikasından temin edilen defne (*Laurus nobilis* L.) artıkları biyokütle kaynağı olarak seçilmiştir. Defne artıkları sabit yatak reaktörde farklı piroliz sıcaklıklarında (350-600°C) inert atmosferde piroliz edilmiştir. Pirolizi etkileyen faktörlerden, piroliz sıcaklığı, parçacık boyutu ve sürükleyici gaz (N₂) akış hızının piroliz ürünleri verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca deneyde kullanılan biyokütlenin termal davranışı (TGA-DTGA) incelenmiştir. Deneysel sonuçlar piroliz sıcaklığı ve sürükleyici gaz akış hızının piroliz ürünleri verimi üzerinde çok etkili olduğunu göstermiştir. Elde edilen piroliz sıvı ürün, sütun kromatografisi yardımıyla fraksiyonlanarak, GC-MS ile karakterize edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Defne, Piroliz, Biyokütle

Abstract

In this study, bay laurel (*Laurus nobilis* L.) residues obtained from Hatay (Dortyol) essential oil plant were chosen as biomass source. Bay laurel residues pyrolysis experiments were performed in a fixed-bed reactor at pyrolysis temperatures (350-600 °C) under inert atmosphere. The effects of pyrolysis temperature, particle size and sweeping gas (N₂) flow rate which were pyrolysis parameters were examined on the pyrolysis product yields. Furthermore, the thermal behavior (TGA-DTGA) of biomass used in the experiments was investigated. The experimental results were shown that the pyrolysis temperature and sweeping gas flow rate become considerable effective on the pyrolysis product yields. The pyrolysis oil obtained from experiments was fractionated in column chromatography and characterized by GC-MS.

Key Words: Renewable Energy, Bay Laurel, Pyrolysis, Biomass

1. GİRİŞ

Geleneksel fosil yakıt rezervlerinin kısıtlı olması, çevreye olan olumsuz etkileri ve her geçen gün artan maliyetleri, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en büyük teknik potansiyele biyokütle sahiptir. Biyokütle çevreye olan net CO₂ emisyonunu elimine ettiği/azalttığı, daha düşük kükürt ve NO_x içeriğine sahip olduğu ve partikül emisyonlarının fosil yakıtlarından daha az olduğu için temiz yakıt olarak düşünülebilir [1-4].

Biyokütle biyokimyasal ve termokimyasal işlemler ile ticari yakıtlara dönüştürülebilmektedir. Piroliz oksijensiz ortamda biyokütlenin termal parçalanmasını gerektiren termokimyasal bir işlemdir [5-7].

Lignoselülozik materyallerin pirolizi oldukça karmaşıktır. Çünkü lignoselülozik materyallerin ana bileşenleri olan selüloz, lignin ve hemiselüloz oldukça farklı reaktivite göstermektedirler. Sıcaklık ve dönüşüm parametrelerine bağlı olarak, her bir bileşenin termal parçalanmasında farklı birçok reaksiyon meydana gelmektedir. Bu durum materyalin özelliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Biyokütle bileşenleri ve tüm biyokütle örneklerinde çok az miktarda doğal olarak bulunan mineral maddeleri arasındaki etkileşimler, piroliz esnasında meydana gelen sayısız reaksiyonu katalize etmektedir [8].

Defne 8-10 m. boylanabilen her dem yeşil bir ağaçtır. Akdeniz bitkilerinden olup, Akdeniz iklimine özgü maki denilen bitki örtüsünün karakteristik bir türüdür. Defne genel olarak Akdeniz iklim bölgesinde; Portekiz, İspanya, İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye ve Afrika'nın güney sahil bölgelerinde bulunur. Türkiye'de 600-800 m. yüksekliklere değin, Hatay'dan başlayarak Kuzeydoğu Karadeniz'e kadar bütün kıyılarda, diğer türler içerisinde küme ve gruplar halinde yayılış gösterir [9]. 2002 yılı itibariyle yaklaşık 6626 ton defne üretilmiştir [10]. Üretilen defnelerin büyük bir kısmından uçucu yağ elde edilmekte ve geriye kalan artıklar direkt yakılmakta veya çöp olarak çevreye bırakılmaktadır.

Bu çalışmada, herhangi bir kullanım alanı olmayan uçucu yağları alınmış defne artıkları yenilenebilir enerji kaynağı olarak seçilmiş ve sabit yatak reaktörde piroliz işlemi uygulanmıştır. Piroliz parametrelerinden sıcaklık, parçacık boyutu ve sürükleyici gaz akış hızının piroliz ürün verimlerine etkileri incelenmiştir. Sıvı ürün (katran) verimi açısından en uygun piroliz şartları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu şartlarda elde edilen sıvı ürünün özellikleri kromatografik ve spektroskopik yöntemler ile araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

Çalışmada uçucu yağları alındıktan sonra çevreye bırakılan veya direkt yakılan ekonomik değeri olmayan defne (*Laurus nobilis* L.) artıkları kullanılmış ve Dörtyol-Hatay uçucu yağ fabrikasından temin edilmiştir. Defne artığı numuneler hava kurusu hale getirildikten sonra Willey tipi bir değirmende öğütülmüş ve sarsak elek ile $1.6 > D_p > 0.850$, $0.850 > D_p > 0.420$ ve $0.420 > D_p > 0.250$ mm parçacık boyutlarında elenerek deneysel çalışmalar için hazır hale getirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında numunede nem, kül, uçucu madde,

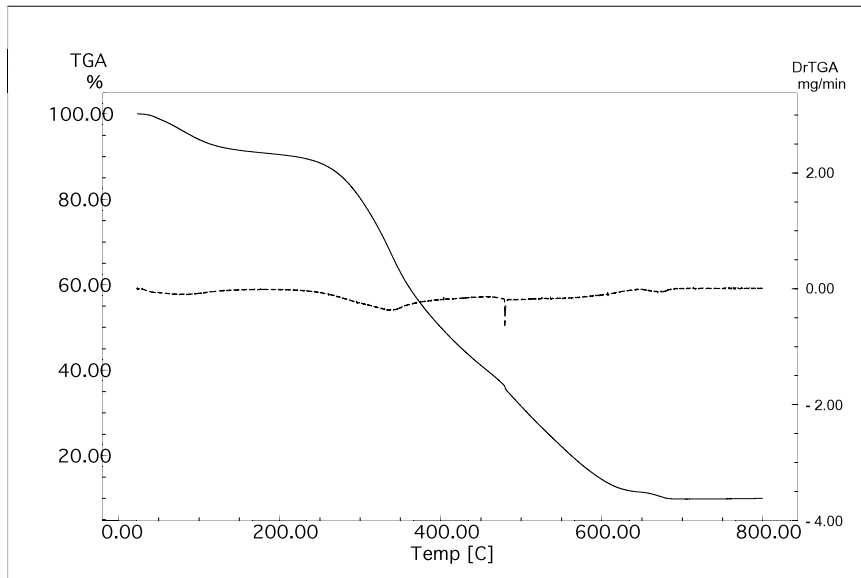
sabit karbon, selüloz ve ekstraktif madde tayinleri yapılarak özellikleri saptanmış olup Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca numunenin termogravmetrik analizi (TGA-DTGA) yapılarak termal davranışı belirlenmiştir.

Tablo 1. Defne artığının analiz sonuçları

Analiz	Yöntem	Ağırlık (%)
Nem	ASTM D 2016-74	9.95
Kül	ASTM D 1102-84	10.53
Uçucu madde	ASTM E 897-82	72.24
Sabit karbon	Farktan	7.28
Selüloz	TAPPI T 13 om-54	22.84
Ekstraktif madde ^a	TAPPI T 207 om-88	8.89

^aAlkol-benzen ekstraktifleri

Defne artığının TGA-DTGA eğrisi Şekil 1'de görülmektedir. TGA-DTGA eğrileri 10°C/dak ısıtma hızında azot ortamında oda sıcaklığında 800°C'ye ısıtılarak Shimadzu TGA-50 marka cihaz ile elde edilmiştir. Hemiselüloz ve selülozun termal parçalanması 150-350°C arasında meydana geldiği önceki çalışmalardan bilinmektedir. Başlangıçtaki ağırlık kaybı (25-150°C) numunedeki nemin uzaklaşmasından dolayıdır. Lignin ise 275-500°C arasında tedrici termal parçalanmaya uğramaktadır [11-13].



Şekil 1. Defne artığının TGA-DTGA eğrisi

2.2. PİROLİZ DENEYLERİ

Piroliz deneyleri sabit yataklı reaktörde gerçekleştirilmiştir [14]. Reaktör 316 paslanmaz çelikten yapılmış 1000 cm³ hacminde olup, bu reaktörü dıştan çevreleyen 2000 watt gücünde, rezistanslı ve izolasyonu gerçekleştirilmiş bir fırın bulunmaktadır.

1.6>Dp>0.850, 0.850>Dp>0.420 ve 0.420>Dp>0.250 mm olarak boyutlarına göre ayrılan örneklerden 50 g hava kuruşu alınarak reaktöre yerleştirilmiştir. Tüm deneyler 10°C dk⁻¹ ısıtma hızında yapılmıştır.

Piroliz deneylerinde sıcaklığın etkisini belirlemek için 350-600°C arasında deneyler yapılmıştır.

Parçacık boyutunun etkisini bulmak için 1.6>Dp>0.850, 0.850>Dp>0.420 ve 0.420>Dp>0.250 mm olarak sınıflandırılan örnekler belirlenen 500°C optimum piroliz sıcaklığında ve 1 Nl h⁻¹ sürükleyici gaz akış hızında deneyler yapılmıştır.

Sürükleyici gaz akış hızının etkisini belirlemek için ise 500°C optimum piroliz sıcaklığında ve 0.850>Dp>0.420 mm boyutundaki örnekler 0.5, 1, 2, 3 ve 4 Nl h⁻¹ azot akış hızlarında deneyler yapılmıştır. Piroliz istenilen sıcaklığa geldikten sonra 30 dak daha bu sıcaklıkta beklenilmiş ve gaz çıkışı kontrol edilerek deneye son verilmiştir.

Piroliz işlemi sonucunda sıvı toplama kaplarında biriken sıvı ürün (katran ve sulu faz) diklorometan ile yıkanarak ayırma hunisine alınmış ve sulu faz dekantasyon yöntemi ile alınarak miktarı belirlenmiştir. Katran içerisindeki suyu tamamen uzaklaştırmak için katran susuz Na₂SO₄'den süzülükten sonra döner buharlaştırıcıda çözücüsünden ayrılarak verimi hesaplanmıştır. Reaktörde kalın katı ürün tartılarak verimi hesaplanmıştır. Toplam kütle denkleğinden yoğunlaşmayan gaz ürün verimi bulunmuştur.

Piroliz deneyleri sonucunda katran verimi açısından en uygun sıcaklık, parçacık boyutu ve sürükleyici gaz (N₂) akış hızı belirlenmiştir. Ayrıca sıvı ürün (katran) sütun kromatografisi yardımıyla alifatik, aromatik ve polarlar olarak alt fraksiyonlarına ayrılmış ve alifatik fraksiyonun GC-MS kromatogramı alınmıştır. Sonuçlar kuru-külsüz temel (kkt) üzerinden hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

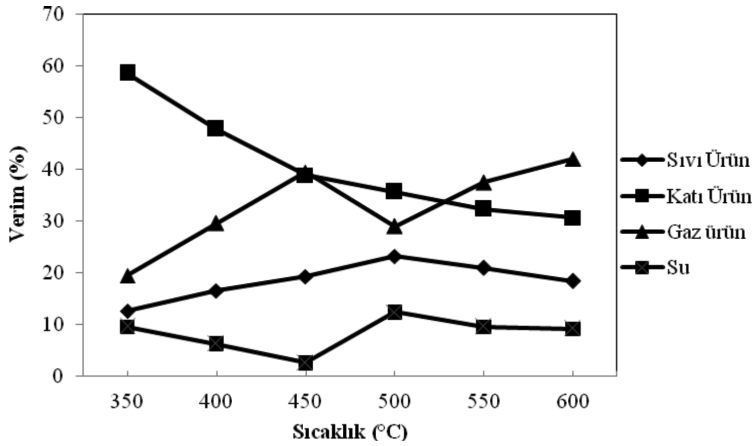
3.1. PİROLİZ ÜRÜN VERİMLERİ ÜZERİNE SICAKLIĞIN ETKİSİ

Tablo 2'de farklı piroliz sıcaklıklarında elde edilen ürünlerin dağılımları verilmiştir. Grafiksel olarak gösterimi ise Şekil 2'de verilmiştir. Tablo 2 ve Şekil 2'den anlaşılacağı üzere sıcaklık piroliz ürün verimleri üzerinde oldukça etkilidir.

Tablo 2. Defne artığının farklı piroliz sıcaklıklardaki deneysel sonuçları (kkt)

Isıtma Hızı: 10°C/dak		Azot Akış Hızı: 1 Nl/h			
Parçacık Boyutu: 0.850>Dp>0.420 mm		Reaksiyon Süresi: 30 dak			
Sıcaklık (°C)	Piroliz Dönüşümü (%)	Verim			
		Katı Ürün (Char) (%)	Sıvı Ürün (Katran) (%)	Su (%)	Gaz Ürün (%)
350	41.51	58.90	12.57	9.49	19.45
400	52.23	47.70	16.49	6.19	29.54
450	61.15	38.50	19.25	2.51	39.39
500	64.47	35.30	23.16	12.35	28.96
550	67.74	32.26	20.87	9.47	37.40
600	69.37	30.63	18.29	9.08	41.99

Maksimum sıvı ürün %23.16 verimle 500°C'de ve 1 Nl/h azot akış hızı altında elde edilmiştir. Bu sıcaklıktaki katı ürün ve gaz ürün sırasıyla %35.30 ve %28.96 olarak elde edilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla piroliz dönüşümü artış göstermiş ve 600°C'de %67.74 olarak bulunmuştur. Sıcaklık artışıyla sıvı ürün verimindeki azalma, yüksek sıcaklıklarda meydana gelen ikincil reaksiyonlar sonucu sıvı ürünlerin gaz ürünlere dönüşmesine atfedilebilir [14].



Şekil 2. Defne artığının farklı piroliz sıcaklıklarındaki piroliz ürün verimleri

3.2. PİROLİZ ÜRÜN VERİMLERİ ÜZERİNE PARÇACIK BOYUTUNUN ETKİSİ

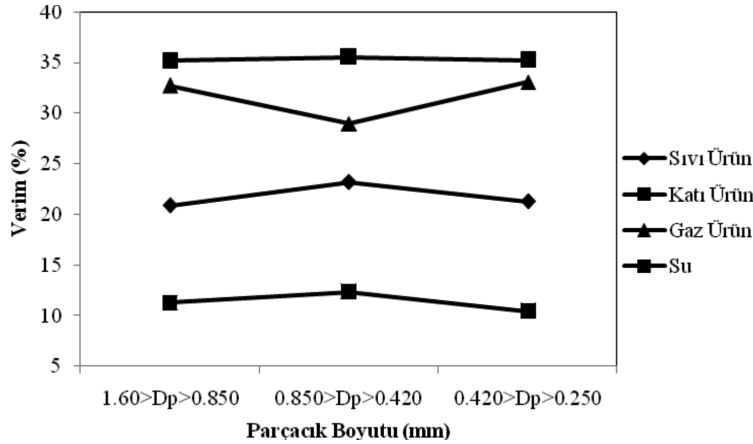
Üç farklı parçacık boyutunun 500°C'de pirolizi sonucu meydana gelen ürünlerin dağılımı Tablo 3'de verilmiştir. Şekil 3'de ise elde edilen ürün verimlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Maksimum sıvı ürün verimi 0.850>Dp>0.420 parçacık boyutunda elde

edilmiştir. Katı ürün (char) verimi %35.15-35.53 arasında değişmiştir. Deneysel sonuçlar parçacık boyutunun piroliz ürün verimleri üzerinde çok fazla etkili olmadığını göstermiştir.

Tablo 3. Defne artığının farklı parçacık boyutlarındaki deneysel sonuçları (kkt)

Parçacık Boyutu (mm)	Piroliz Dönüşümü (%)	Verim			
		Katı Ürün (Char) (%)	Sıvı Ürün (Katran) (%)	Su (%)	Gaz Ürün (%)
1.60>Dp>0.850	64.85	35.15	20.86	11.29	32.70
0.850>Dp>0.420	64.47	35.53	23.16	12.35	28.96
0.420>Dp>0.250	64.78	35.22	21.27	10.44	33.07

Literatürde ise bitümlü şistlerin pirolizinde parçacık boyutunun ürün verimleri üzerinde çok etkili olduğu bulunmuştur [15]. Bu durum, parçacık içerisindeki uçucu bileşenlerin kütle transfer sınırlamalarının bitümlü şistlere oranla defne artığında çok daha az önemli olmasından kaynaklanabilir [16]. Bu fark muhtemelen defne artığının düşük yığın yoğunluğuna ve yüksek oksijen içeriğine sahip olmasına atfedilebilir [4]. Şensöz ve ark.[4] yaptıkları çalışmalarında bizim bulgularımıza benzer sonuçlar elde etmişlerdir.



Şekil 3. Defne artığının farklı parçacık boyutlarındaki piroliz ürün verimleri

3.3. PİROLİZ ÜRÜN VERİMLERİ ÜZERİNE AZOT AKIŞ HIZININ ETKİSİ

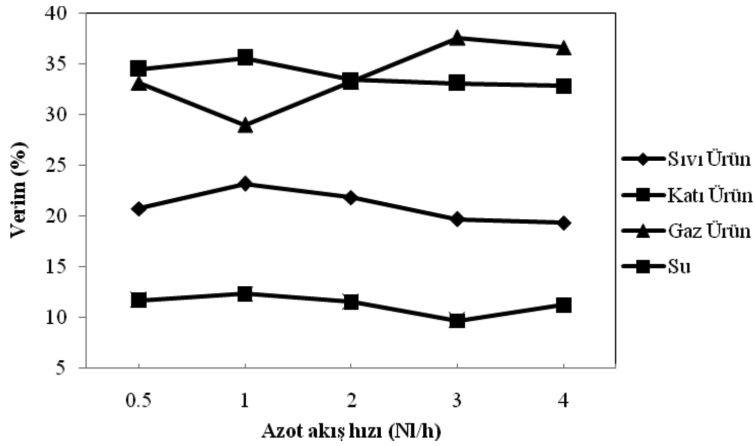
Sürükleyici gaz akış hızının piroliz ürün verimleri üzerine etkisini belirlemek için 0.850>Dp>0.420 mm boyutundaki biyokütle 500°C piroliz sıcaklığında farklı azot akış hızlarında piroliz edilmiştir. Deneysel sonucu elde edilen ürün verimlerinin dağılımı Tablo 4'de grafiksel olarak gösterimi ise Şekil 4'de verilmiştir. Tablo 4 ve Şekil 4'de de görüldüğü

gibi farklı sürükleyici gaz akış hızlarında yapılan piroliz deneyleri sonucunda yaklaşık olarak piroliz dönüşümü %64-67, katı ürün verimi %32-35, sıvı ürün verimi %19-23 ve gaz ürün verimi %29-37 arasında gerçekleşmiştir.

Tablo 4. Defne artığının farklı azot akış hızlarındaki deneysel sonuçları (kkt)

Isıtma Hızı: 10°C/dak Parçacık Boyutu: 0.850>Dp>0.420 mm		Piroliz Sıcaklığı: 500°C Reaksiyon Süresi: 30 dak			
Sürükleyici Gaz Akış Hızı (Nl/h)	Piroliz Dönüşümü (%)	Verim			
		Katı Ürün (Char) (%)	Sıvı Ürün (Katran) (%)	Su (%)	Gaz Ürün (%)
0.5	65.56	34.44	20.73	11.72	33.12
1	64.47	35.53	23.16	12.35	28.96
2	66.60	33.40	21.85	11.54	33.22
3	66.93	33.07	19.69	9.70	37.53
4	67.20	32.80	19.34	11.26	36.60

Piroliz sırasında oluşan uçucu bileşenler sürükleyici gaz yardımıyla ortamı daha kolay terk edebilmektedir. Fakat belli bir azot akış hızının üzerine çıktığında uçucu bileşenlerin soğutma sisteminin yeterli olmadığı kanısıyla sistemi terk ettiği düşünülmektedir [17]. Bu durum 1 Nl/h üzerindeki azot akış hızında kendini göstermektedir.



Şekil 4. Defne artığının farklı azot akış hızlarındaki piroliz ürün verimleri

Sonuç olarak piroliz esnasında kullanılan sürükleyici gazın, oluşan uçucu bileşenleri sıcak ortamdan hızla uzaklaştırarak kütle transfer sınırlamalarını ortadan kaldırdığı, ısıl parçalanma ve yeniden polimerizasyon gibi ikincil reaksiyonları minimuma indirerek sıvı ürün veriminde bir artış sağladığı söylenebilir [17].

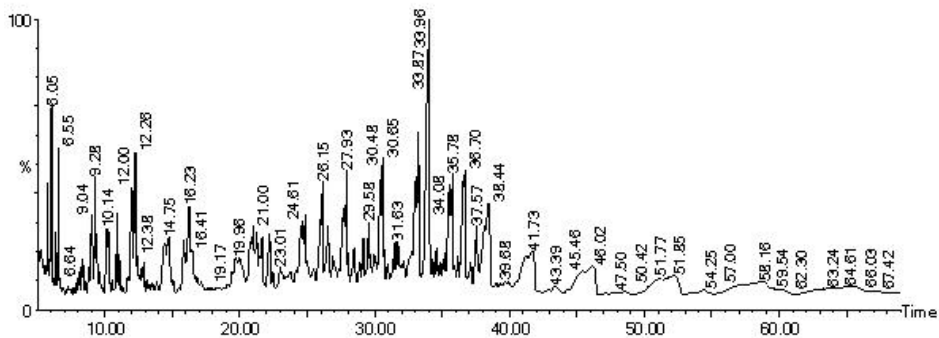
3.4. PİROLİZ SIVI ÜRÜNÜNÜN KARAKTERİZASYONU

Sıvı ürünün karakterize edilmesi için $0.850 > D_p > 0.420$ mm boytundaki numunenin 500°C piroliz sıcaklığında 1 Nl/h azot akış hızı altında piroliz edilmesi sonucu elde edilen sıvı ürün kullanılmıştır. Sıvı ürünün hidrokarbon gruplarının yüzdelerini belirlemek için kolon kromatografisi uygulanmıştır. Sıvı ürün n-pentan çözünürlüğüne göre iki gruba ayrılmıştır. Kolon 70-230 mesh 105°C 'de 2 saat aktive edilmiş silika-jel ile yüklenmiştir. n-pentanda çözünen kısım sırasıyla 200 ml n-pentan, toluen ve metanol ile alifatik, aromatik ve polar alt fraksiyonlara ayrılmıştır. Her bir fraksiyonun çözücüsü uçurularak tartılmış ve verimi hesaplanmıştır. Sütun kromatografisinin sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Piroliz sıvı ürünün sütun kromatografisi alt fraksiyonlarının verimleri

Piroliz Sıcaklığı: 500°C Isıtma Hızı: $10^\circ\text{C}/\text{dak}$ Parçacık Boyutu: $0.850 > D_p > 0.420$ mm Azot Akış Hızı: 1 Nl/h	n-Pentanda çözünenler (Maltenler) (%)	n-Pentanda çözünmeyenler (Asfaltenler) (%)	Verim (Ağırlıkça %)		
			n-Pentan eluatı	Toluen eluatı	Metanol eluatı
	47.76	52.24	21.60	24.35	54.05

Sütun kromatografisi sonuçları incelendiğinde, alifatik yapıyı temsil eden n-pentan alt fraksiyonunun %21.60, aromatik yapıyı temsil eden toluen alt fraksiyonunun %24.35 ve polar yapıyı temsil eden metanol alt fraksiyonunun %54.05 olduğu görülmektedir. Sıvı üründe polar fraksiyonun baskın olduğu görülmektedir. Piroliz sıvı ürün n-pentan alifatik alt fraksiyonunun GC-MS kromatogramı Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Piroliz sıvı ürünü n-pentan alt fraksiyonunun GC-MS kromatogramı

Pentan alt fraksiyonunda alkanlar, alkenler ve dallanmış hidrokarbonlar (isoprenoidler) olmak üzere üç farklı türde bileşikler belirlenmiştir. Alifatik alt fraksiyonda C_{14} - C_{27} arasında

düz zincirli alkanlar tespit edilmiştir. Pentan alt fraksiyonunda alkenlerde mevcut olmasına rağmen alkanlar kadar baskın değildirler.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, uçucu yağı alınmış defne artıkları sabit yatak reaktörde farklı piroliz sıcaklıklarında, farklı azot akış hızlarında ve farklı parçacık boyutlarında sabit ısıtma hızı (10°C/dak) ve sabit reaksiyon süresinde (30 dak) piroliz edilmiştir. Defne artığının pirolizinden elde edilen deneysel verilerden aşağıdaki sonuçlar çıkartılabilir:

- Piroliz ürün verimleri üzerine sıcaklığın çok etkili olduğu sonucuna ulaşılmış ve maksimum sıvı ürün 500°C'de %23.16 olarak bulunmuştur. Bu sıcaklık değeri ve verim miktarı literatür ile uyum göstermektedir [4].
- Parçacık boyutunun piroliz ürün verimleri üzerine çok fazla etkili olmadığı sonucuna ulaşılmış ve maksimum sıvı ürün 0.850>Dp>0.420 mm boyutundaki numuneden elde edilmiştir.
- Sürükleyici gaz (N₂) akış hızının ürün verimleri üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmış olup optimum azot akış hızı bu çalışma için 1 Nl/h olarak tespit edilmiştir.
- Defne artığının pirolizinden elde edilen piroliz yağının n-pentan alt fraksiyonunun GC-MS analizi, alifatik alt fraksiyonun ana bileşenlerinin alkanlar, alkenler ve dallanmış hidrokarbonlar olduğunu göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Katikaneni, SPP., Adjaye, JD., Bakhsi, N. (1995). Catalytic Conversion of Canola Oil to Fuels and Chemicals over Various Cracking Catalysts. Canadian Journal of Chemical Engineering, 73, 484-497.
2. Crookes, RJ., Kiannejad, F., Sivalingam, G., Nazha, MAA. (1993). Effects of Using Vegetable Oil Fuels and Their Emulsions on The Performance and Emissions of Single- and Multi Cylinder Diesel Engines. Archivum Combustions, 13, 57-74.
3. Sharma, RK., Bakhshi, NN. (1991). Catalytic Upgrading of Biomass-Derived Oils To Transportation Fuels and Chemicals. Canadian Journal of Chemical Engineering, 69,1071-1081.
4. Şensöz, S., Angın, D., Yorgun, S. (2000). Influence of Particle Size on The Pyrolysis of Rapeseed (Brassica Napus L.): Fuel Properties of Bio-Oil. Biomass and Bioenergy, 19, 271-279.

5. Gerçel, HF. (2002). Production and Characterization of Pyrolysis Liquids From Sunflower-Pressed Bagasse. *BioresourceTechnology*, , 85, 113-117.
6. Raveendran, K., Ganesh, A., Khilar, KC. (1995). Influence of Mineral Matter on Biomass Pyrolysis Characteristic. *Fuel*, 74, 1815-1822.
7. Brigwater, AV., Toft, AJ., Brammer, JG. (2002). A Techno-Economic Comparison of Power Production by Biomass Fast Pyrolysis with Gasification and Combustion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 181-246.
8. Meier, D., Faix, O. (1999). State of Theart of Applied Fast Pyrolysis of Lignocellulosic Materials-A Review. *Biores.Technol.*, 68, 71-77.
9. Acar, İ. (1987). Defne Yaprağı ve Yaprak Eterik Yağın Üretilmesi ve Değerlendirilmesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No:186, 89 Sayfa, Ankara.
10. Şafak, İ., Okan, T. (2004). Kekik, Defne ve Çam Fıstığının Üretimi ve Pazarlanması. *DOA Dergisi*, 10, 101-129.
11. Antal, MJ. (1983). Biomass Pyrolysis: A Review of The Literature Part-1 Carbohydrate Pyrolysis. *Adv Solar Energ.*, 61-109.
12. Teng, H., Wei, YC. (1998). Thermogravimetric Studies on The Kinetics of Rice Hull Pyrolysis and The Influence of Water Treatment. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, 3806-3811.
13. Tutuş, A., Kurt, R., Ertaş, M., Ayata, Ü., Alma, MH. (2008). Eucalyptus grandis Odununun Kimyasal Bileşimi ve Termal Özellikleri, I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 307-313.
14. Ertaş, M., Alma, MH. (2008). Okaliptüs(*Eucalyptus camaldulensis*) Odununun Pirolizisi: Sıvı Ürün Verimi Üzerine Sıcaklık, Parçacık Boyutu ve Sürükleyici Gaz (N₂) Akış Hızının Etkisi, I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 281-287.
15. Gavalas, GR., In: Anderson, LL. ,editor. (1982). *Coal Science and Technology 4; Coal Pyrolysis*. Amsterdam: ElsevierScience, 92-93.
16. Ekinci, E., Pütün, AE., Çıturoğlu, M., Love, GD., Lafferty, CJ., Snape, CE. (1991). *International Conference on Coal Science*, Newcastle upon Tyne, 520-523.
17. Angın, D., Şensöz, S. (2006). Aspir Tohumu Pres Küspesinin Pirolizinde Sürükleyici Gaz (N₂) Akış Hızının Etkisi ve Sıvı Ürün Karakterizasyonu, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 18 (4), 535-542.