

**ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE**

**TÜTÜN TARLA ATIKLARININ HIZLI PİROLİZİ**

**Eylem ÖNAL<sup>1</sup>, Ayşe Eren PÜTÜN<sup>2</sup>**

**ÖZ**

Bu çalışmada, bir endüstri bitkisi olan tütünün tarla atığı hammadde olarak seçilmiş ve yapay yakıt üretimi amacıyla hızlı pirolizi gerçekleştirilmiştir. Hızlı piroliz çalışmalarında  $0,425 < D_p < 0,850$  mm parçacık boyutundaki hammaddeye  $500^\circ\text{C}/\text{dk}$  ısıtma hızında, 400, 500, 550,  $700^\circ\text{C}$  piroliz sıcaklıklarında; 50, 100, 200,  $400 \text{ cm}^3/\text{dk}$  sürükleyici gaz ( $\text{N}_2$ ) akış hızları uygulanarak, piroliz sıcaklığı ve azot akış hızının piroliz ürünlerinin verimleri üzerine etkisi belirlenmiştir. En yüksek sıvı ürün verimi  $500^\circ\text{C}/\text{dk}$  ısıtma hızı,  $550^\circ\text{C}$  piroliz sıcaklığında,  $200 \text{ cm}^3/\text{dk}$  azot akış hızında kütlece %32,63 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sıvı ürünler spektroskopik ve kromatografik yöntemlerle incelenmiş, sentetik yakıt ve kimyasal hammadde kaynağı olabilirliği araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Biyokütle, Hızlı piroliz, Azot ortamı, Tütün tarla atığı.

**FAST PYROLYSIS OF TOBACCO WASTES**

**ABSTRACT**

In this study, tobacco wastes have been chosen as raw material to determine the possibility of producing synthetic fuel by fast pyrolysis. Fast pyrolysis of biomass in the range of  $0,425 < D_p < 0,850$  particle size were conducted with a heating rate of  $500^\circ\text{C min}^{-1}$  at pyrolysis temperatures of 400, 500, 550,  $700^\circ\text{C}$  under nitrogen atmosphere as a sweep gas flow rates of 50, 100, 200,  $400 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ . The effect of pyrolysis temperature and nitrogen gas with flow rates on the pyrolysis product yields was investigated. The maximum oil yield of 32,63% in weight was obtained at a heating rate of  $500^\circ\text{C min}^{-1}$  and pyrolysis temperature of  $550^\circ\text{C}$  with the nitrogen flow rate of  $200 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ . The pyrolysis oils were examined by using spectroscopic and chromatographic techniques and investigated for possibility of being a potential source of synthetic fuels and chemical feedstock.

**Keywords:** Biomass, Fast pyrolysis, Nitrogen atmosphere, Tobacco wastes.

<sup>1</sup> Bilecik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya ve Proses Mühendisliği Bölümü Bilecik.

Tel: 0-228-2160063/5447, Fax:0-228-216 0026; E-posta: eylem.onal@bilecik.edu.tr

<sup>2</sup> Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İki Eylül Kampüsü, 26470 Eskişehir.

E-posta: aeputun@anadolu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de enerji gereksiniminin büyük bir bölümü petrol, doğal gaz ve kömür fosil kaynaklarından karşılanmaktadır. Öz kaynaklarımızdan üretilen enerji miktarı, gereksinimimizin yarısını bile karşılayamamakta ve kullandığımız enerjinin %62'si ithal edilmektedir (Demirbaş, 2001; Atılğan, 2000; Anonym 2004).

Birincil enerji kaynaklarının sınırlı olması ve kullanımlarının oluşturduğu çevre kirliliği; yenilenebilir enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Hidrolik, biyokütle, rüzgar, güneş ve jeotermal başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Sanayileşmiş ülkelerde fosil kaynakların yerine yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı, etkin bir şekilde hayata geçirilmeye başlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünya için gelecek vaat etmektedir (Evrindilek, 2003; Kaygusuz, 2004; Hepbaşlı, vd., 2001).

Türkiye bir tarım ve hayvancılık ülkesidir. Bu yüzden tonlarca ekonomik değeri olmayan hayvansal, bitkisel atıklar ve endüstriyel atıklar bulunmaktadır. Biyokütle doğrudan yakılarak bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir gibi, çeşitli termokimyasal süreçler uygulanarak, elektrik enerjisi, sıvı yakıt veya değerli kimyasallara dönüştürülebilmektedir. Piroliz ise, biyokütleden sıvı, katı ve gaz yakıt üretimi için kolaylıkla uygulanabilen bir termokimyasal yöntemdir (Kaygusuz ve Türker, 2002; Acaroğlu vd., 1999; Bridgwater, 1996).

Tarımsal atıkların enerji ve değerli kimyasallara dönüştürülmesi üzerine yapılan çalışmalar gelecek için oldukça umut vericidir. Bu yüzden literatürde biyokütlenin pirolizi üzerine birçok çalışma vardır (Zhurinsk, 2005; Pütün vd., 2005; Oasmaa vd., 2003; Encinar vd., 2000; Agblevor vd., 1995). Örneğin Encinar vd. (1997) açığa çıkan başlıca gazların konsantrasyonlarına dayanarak dört farklı tarımsal atığın (mısır, ayçiçeği, üzüm ve tütün) piroliz kinetiğini çalışmışlardır. 30 dakikadan daha yüksek reaksiyon sürelerinde ürün dağılımlarının sabit olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Fagbemi vd. (2001) bir kinetik model önermek için piroliz ürünlerinin miktarlarını belirleyerek farklı biyokütle tiplerinin (odun, hindistan cevizi kabuğu, ve saman) pirolizini gerçekleştirmişlerdir. Maksimum sıvı ürün veriminin 500°C'de elde edilebildiğini ve sonra artan sıcaklıkla sıvı ürün veriminin düştüğünü belirtmişlerdir. 0,3 s kalış süresi ve 500°C'de odunun flash pirolizinden ~%35 sıvı ürün, ~%27

su, ~ 23 katı ürün ve ~13 gaz ürün verimi elde etmişlerdir.

Hammaddenin kimyasal ve fiziksel ön işlemleri, ısıtma hızı, reaktör tipi, piroliz sıcaklığı, kalış zamanı, piroliz ortamı piroliz parametreleridir (Bridgwater vd., 1999). Uzun vd. (2005) yüksek sıvı ürün elde etmek için soya küspesinin değişik piroliz koşullarında pirolizini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen biyo-yakıtın günümüzde kullanılan nakliye yakıtlarıyla benzerliklere sahip olduğunu bulmuşlardır.

Shuangning vd. (2005) tarımsal atıkların kimyasını araştırmak için mısır sapları ve buğday atıklarının bir plazma reaktörde (ısıtma hızı  $> 10^4$  °C s<sup>-1</sup>) yüksek ısıtma hızlarında flash pirolizini gerçekleştirmişlerdir. Piroliz ürünlerinin başlıca piroliz sıcaklığı ve kalış zamanına bağlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ülkemizin 2006 yılı itibarıyla tütün üretimi 117334 tondur. Enerji sorunu çözümüne katkı ve ulusal ekonomiye yeni kazanç olanağı sağlanması açısından biyokütleden enerji elde etme yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmamızda biyokütlenin hızlı pirolizi ve elde edilen sıvı ürünün yakıt özelliklerinin incelenmesi konusu seçilmiş; biyokütle örneği olarak Manisa-Salihli karayolu üzerinde Durasil beldesinden alınan tütün tarla atıkları kullanılmıştır (Güleşci, 2009).

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Piroliz işlemi uygulanacak tütün tarla atıkları laboratuvar ortamında kurutulmuş, öğütülmüş,  $D_p < 0,224$  mm,  $0,224$  mm  $< D_p < 0,425$  mm;  $0,425$  mm  $< D_p < 0,85$  mm;  $0,85$  mm  $< D_p < 1,25$  mm;  $1,25$  mm  $< D_p < 1,8$  mm,  $D_p > 1,80$  mm parçacık boyutları elde etmek üzere elenmiştir. Deneylerde parçacık boyutu  $0,425 < D_p < 0,85$  mm olan örnekler kullanılmıştır. Hammaddenin ön ve elementel analizleri (Carlo Erba, Elemental Analyzer) yapılmış, ayrıca tütün tarla atıklarının selüloz, lignin, yağ ve protein içerikleri belirlenmiştir.

Hızlı piroliz işlemlerinde 0,8 cm iç çapında, 80 cm boyunda 310 paslanmaz çelikten yapılmış uçlardan sabit yataklı ısıtmalı bir borusal reaktör kullanılmıştır. Deney süresince reaktör sıcaklık ölçümü borusal reaktörün ortasında bulunan ısı çifti ile yapılmıştır. Isıl çiftten alınan sıcaklık ölçümleri denetleme panelinde bulunan sayısal göstergelerle izlenmiştir.  $0,425 < D_p < 0,85$  mm parçacık boyutundaki örnekten 3 g tartılarak, reaktörün içine yerleştirilen çelik yününün üzerine konulmuş, piroliz düzeneğinin diğer birim-

leriyle gerekli bağlantılar yapılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Piroliz işlemi sonucunda, sıvı toplama kaplarında toplanan sıvı üründen (katran-su karışımı) su ayrılmış ve miktarı ölçülmüştür. Katran ise diklorometan ile yıkanarak alınmış ve daha sonra çözücü döner buharlaştırıcıda uzaklaştırılarak sıvı ürün verimi belirlenmiştir. Katı ürün verimi reaktörde kalan katı ürün (char) tartılarak; gaz ürün verimi ise toplam kütle denkleğinden hesaplanmıştır.

Tütün tarla atıklarının pirolizinde deneyler 500°C/dk yüksek ısıtma hızında, 50, 100, 200, 400 cm<sup>3</sup> dk<sup>-1</sup> azot akış hızlarında ve 400, 500, 550, 700°C olmak üzere dört farklı piroliz sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Yüksek ısıtma hızında, azot akış hızı ve piroliz sıcaklığının sıvı ürün verimine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar kuru külsüz temelde, en az üç deneyin ortalaması olarak verilmiştir.

Deneyler sonucu elde edilen sıvı ürünün elementel analizi (Carlo Erba, Elemental Analyzer) gerçekleştirilmiş ve ısı değeri Dulong formülü belirlenmiştir. FT-IR (Jasco FT/IR-300 Model Fourier Transform Infrared Spectrometer) ve <sup>1</sup>H-NMR (90 MHz Jerol EX 90 A) spektrumları alınmıştır. FTIR spektrumları, KBr paletleri arasına sıvı ürünün doğrudan konulmasıyla, <sup>1</sup>H-NMR spektrumları ise iç standart olarak TMS, çözücü olarak da döterokloroform (CDC1<sub>3</sub>) kullanılarak alınmıştır. Daha sonra sıvı ürün sütun kromatografisi yöntemi ile fraksiyonlara ayrılmıştır. Bu amaçla, sütundan sırasıyla çözücü olarak n-pentan (alifatik fraksiyon), toluen (aromatik fraksiyon), eter ve metanol (polar fraksiyon) geçirilmiştir (Bartle, vd., 1979). Elde edilen fraksiyonlara molar gösterimlerini bulmak amacıyla elementel analiz işlemi uygulanmış, ayrıca n-pentan fraksiyonunun gaz kromatogramı alınmıştır. GC analizinde sürükleyici gaz olarak helyum, HP-5MS (Hewlett Packard) kapiler bir kolon (30 m x 0,25 mm iç çaplı; 025 µm film kalınlığında), HP 5973 model kütle seçici bir dedektör (Hewlett Packard), veri toplayıcı ünite, bilgisayar ve yazıcı birimlerini içeren bir sistem kullanılmıştır. Yapıda bulunan hidrokarbonları belirlemek amacıyla da C<sub>14</sub>, C<sub>15</sub>, C<sub>16</sub> karışımından oluşan düz zincir hidrokarbon standardı kullanılmıştır. Karbon dağılımı standart düz zincir hidrokarbonlar ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Ayrıca fraksiyonların FTIR spektrumları alınarak fonksiyonel grupları belirlenmiştir (Silverstein vd., 1974).

### 3. DENEYSELSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Hammaddeye uygulanan elementel, kısa ve yapı analiz sonuçları Tablo 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Hammadde %60,36 holoselüloz, %44,25 hemiselüloz %9,2 lignin, %8,43 protein

ve %16,84 ekstraktifleri içermektedir. Tütün tarla atıklarına uygulanan elementel analiz ile C, H, N ve O miktarları belirlenmiş bunlardan ısı değeri Dulong formülü ile 19,19 MJ/kg olarak hesaplanmıştır. Dulong bağıntısı;

$Q_{\text{UID}}(\text{MJ/kg}) = 33,83C + 144,30(H - O/8)$  şeklinde olup, burada

C, H ve O sırasıyla karbon, hidrojen ve oksijenin kütle kesirleridir.

Tablo 1. Tütün tarla atıklarının elementel analiz sonuçları (kkt)

Bileşen	%Ağırlık
C	51,65
H	6,20
N	2,05
O*	40,10
H/C	1,43
Üst Isıl Değer (MJ/kg)	19,19

\* farktan

Tablo 2. Tütün tarla atıklarının kısa analiz sonuçları

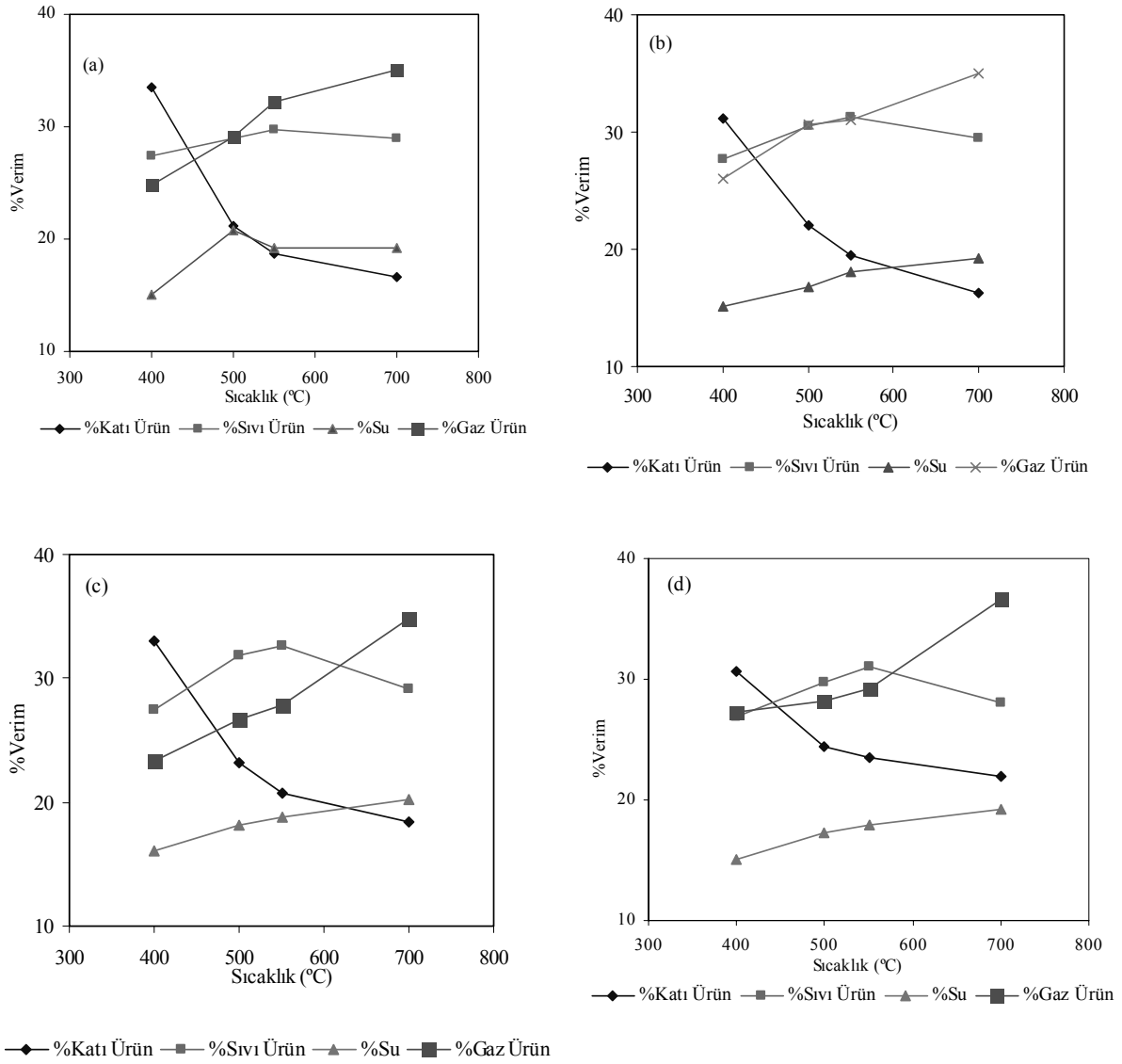
Bileşen	%Ağırlık
Nem (alındığı gibi)	7,74
Kül (kuru temel)	11,16
Uçucu Madde (kuru temel)	67,67
SabitKarbon*	13,43

\* farktan

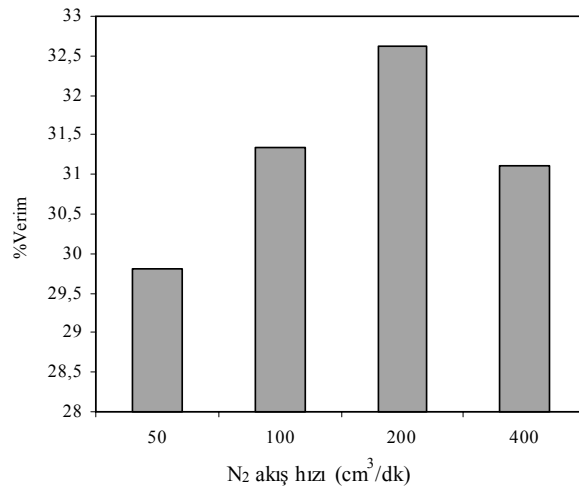
Tablo 3. Tütün tarla atıklarının yapı analiz sonuçları

Bileşen	%Ağırlık
Lignin (kuru temel)	9,20
Hemiselüloz (kuru temel)	44,25
Protein (alındığı gibi)	8,43
Ekstraktifler (kuru temel)	16,84
Yağ (alındığı gibi)	2,82
Holoselüloz (alındığı gibi)	60,36

Borsal reaktörde 500°C/dk ısıtma hızında dört farklı azot akış hızında (50, 100, 200, 400 cm<sup>3</sup>/dk) ve dört farklı piroliz sıcaklığında (400, 500, 550, 700°C) elde edilen katı, sıvı, gaz ürün verimleri Şekil 1'de, optimum sıcaklıkta (550°C) farklı azot akış hızlarında elde edilen sıvı ürün verimleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Farklı azot akış hızlarında piroliz sıcaklığının ürün verimlerine etkisi: (a) 50 cm<sup>3</sup>/dk, (b) 100 cm<sup>3</sup>/dk (c) 200 cm<sup>3</sup>/dk (d) 400 cm<sup>3</sup>/dk,



Şekil 2. Optimum sıcaklıkta azot akış hızının sıvı ürün verimine etkisi

Yapılan hızlı piroliz işlemleri sonunda katı ürün verimi sıcaklık ile dikkate değer bir azalma göstermiştir. 50cm<sup>3</sup>/dk azot akış hızında, 400°C'de %33,50 olan katı ürün verimi 700°C %16,66'ya düşmüştür. Piroliz ortamında oluşan uçucuların, ikincil reaksiyonlara girmeden inert bir sürükleyici gaz ile piroliz ortamından hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasının, sıvı ürün verimini arttırdığı bilinmektedir 500 ve 550°C sıcaklıklarda sürükleyici gaz akış hızı sıvının ürün verimlerinde yüksek diyebileceğimiz bir artışa neden olduğu gözlenmiştir. 500°C'de azot akış hızı 50 cm<sup>3</sup>/dk'dan 200 cm<sup>3</sup>/dk'ya çıkarılması sıvı ürün verimini %10,38 arttırmıştır. En yüksek sıvı ürün verimine 500°C/dk ısıtma hızı, 550°C piroliz sıcaklığı ve 200 cm<sup>3</sup>/dk azot akış hızında %32,63 değeri ile ulaşılmıştır. Tüm azot akış hızlarında 700 °C'de sıvı ürün verimlerinde gözlenen azalmanın nedeni ise, yüksek sıcaklıkta etkin olan gazlaşma tepkimeleridir. Azot akış hızındaki artışla birlikte katı ürün verimlerinde artış belirlenmiştir. Piroliz sırasında oluşan uçucu bileşenler, sürükleyici gaz akımındaki artışla sistemi daha kolay terk edebilmektedir. Ancak, belli bir azot akış hızının üzerindeki hızlarda mevcut piroliz düzeneğindeki soğutma sisteminin yeterli olmadığı varsayımıyla bu sırada oluşan uçucu bileşenlerin yoğunlaştırılmadan sistemi terk ettiği düşünülmektedir. Bu durum azot akış hızı 100 cm<sup>3</sup>/dk'nın üstüne çıktığında açıkça kendini göstermektedir.

Optimum koşullarda elde edilen piroliz sıvıları n-pentanda çözünenler (malten) ve as-

faltlenlere ayrılmıştır. Sonra pentanda çözünen fraksiyona sütun kromatografisi uygulanmıştır. Elde edilen sıvı ürünün, %63 malten içerdiği ve bunun %20,35 alifatik, %27,66 aromatik ve %52 polar bileşiklerden oluştuğu bulunmuştur. Sıvı ürün ve elde edilen fraksiyonların elementel analizi Tablo 2'de verilmiştir.

Piroliz işlemlerinden elde edilen sıvı ürünün ısı değeri (31,34 MJ/kg) hammaddenin ısı değeri (19,19 MJ/kg) oldukça yüksek olması, ayrıca piroliz sıvı ürünün oksijen içeriğinin (%20,61) hammaddenin oksijen içeriğinden (%40,10) düşük olması ve hammaddeye (1,43) kıyasla piroliz sıvı ürününün (1,47) H/C oranındaki artış elde edilen sıvı ürünün özelliklerinde pozitif etki olarak gözlenmiştir.

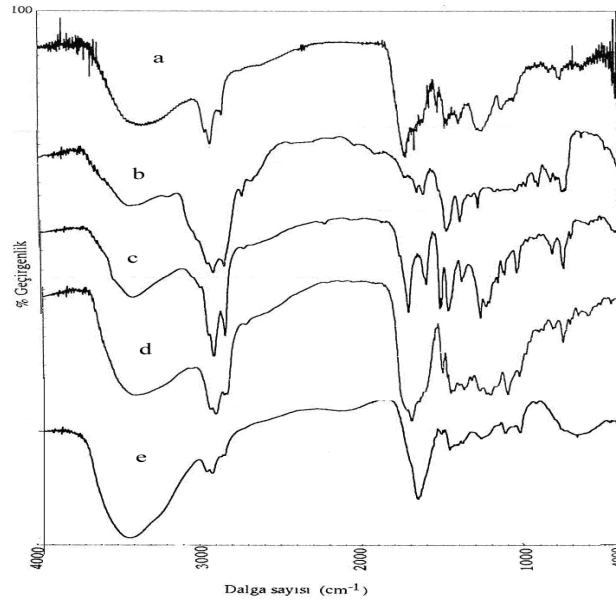
Optimum piroliz koşullarında elde edilen sıvı ürün ve alt fraksiyonlarının fonksiyonel gruplarını belirlemek amacıyla çekilen FTIR spektrumu Şekil 3'de, <sup>1</sup>H-NMR spektrumu Şekil 4'de, sıvı ürünün n-pentan fraksiyonunun gaz kromatogramı Şekil 5'de verilmiştir.

Sıvı ürünün FTIR spektrumunda OH gerilim titreşim bandları 3355 cm<sup>-1</sup>'de merkezlenmiş, alifatik CH<sub>3</sub> ve CH<sub>2</sub> bandları 2850-2922 cm<sup>-1</sup> arasında ve bu bandlarla ilgili bükülme titreşim bandları 1377-1458 cm<sup>-1</sup> arasında, karbonil titreşim bandı 1707 cm<sup>-1</sup>'de, karbon-karbon çift bağ gerilim titreşim bandı 1605 cm<sup>-1</sup>'de, eter bandı ise 1267 cm<sup>-1</sup>'de gözlenmiştir.

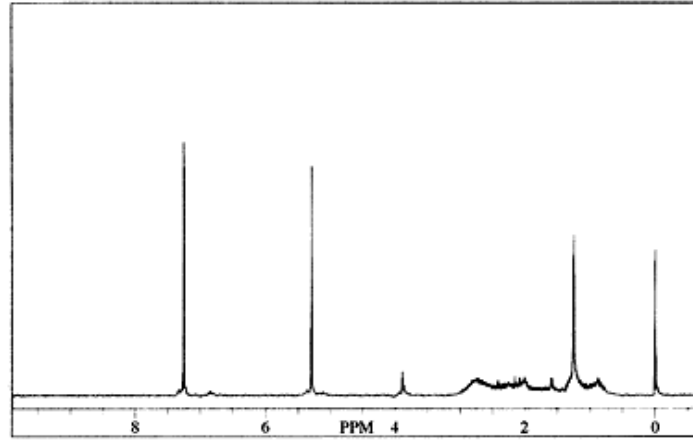
Tablo 4. Tütün tarla atığı sıvı ürünü ve alt fraksiyonlarının elementel analiz sonuçları \*

Bileşen	Sıvı Ürün	n-Pentan	Toluen	Eter	Metanol
C	68,02	78,30	81,69	71,06	63,75
H	8,35	12,16	10,93	9,51	7,58
N	3,02	----	0,59	1,27	4,16
O	20,61	9,54	6,79	18,13	24,15
H/C	1,47	1,86	1,60	1,61	1,43
Molar gösterim	CH <sub>1,47</sub> N <sub>0,04</sub> O <sub>0,22</sub>	CH <sub>1,86</sub> O <sub>0,09</sub>	CH <sub>1,60</sub> N <sub>0,005</sub> O <sub>0,006</sub>	CH <sub>1,61</sub> N <sub>0,02</sub> O <sub>0,19</sub>	CH <sub>1,43</sub> N <sub>0,06</sub> O <sub>0,29</sub>
Üst Isıl değer (MJ/kg)	31,34	42,31	42,18	34,50	28,15

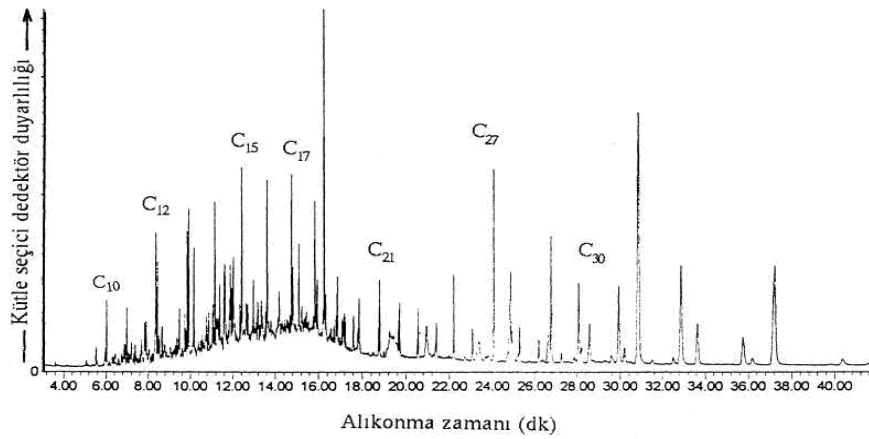
\* Kuru temel



Şekil 3. Sıvı ürün (a) ve fraksiyonların FTIR spektrumları n-Pentan (b) Toluene (c) Eter (d) Metanol (e)



Şekil 4. Sıvı ürün <sup>1</sup>H-NMR spektumu



Şekil 5. Pentan fraksiyonunun gaz kromatogramı

<sup>1</sup>H-NMR spektroskopisi sonucunda hızlı piroliz sıvı ürünün %35 aromatik, %33 alifatik ve ayrıca %32 olefinik hidrojen içerdiği bulunmuştur.

n-pentan fraksiyonunun gaz kromatogramında hidrokarbon dağılımının C<sub>10</sub>-C<sub>30</sub> arasında olduğu gözlenmiştir. Doymuş hidrokarbonların en yoğun olduğu bölge ise C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub> arasındadır. Alkanların yoğun olarak görülmesi bu fraksiyonun elementel analiz ve FTIR sonuçlarıyla da desteklenmektedir. Bu bölgede alkenler, dallanmış hidrokarbonların da bulunduğu belirlenmiştir.

Sıvı ürünün fraksiyonlanmasıyla elde edilen n-pentan fraksiyonunun FTIR spektrumunda (Şekil 3-b), 2850-2920 cm<sup>-1</sup> de alifatik CH<sub>2</sub> ve CH<sub>3</sub> gruplarının gerilim titreşim bandları, bunlarla ilgili bükülme titreşim bandları ise 1377-1462 cm<sup>-1</sup> de, zayıf alken çift bağ gerilim titreşim bandı 1603 cm<sup>-1</sup> de gözlenmektedir. Bu fraksiyonda en dikkat çekici band 721 cm<sup>-1</sup> de gözlenen band (rocking) olup, yapıda yediden fazla düz zincir hidrokarbon bulunduğunu kanıtlar. Ayrıca bu sonuç gaz kromatogramı ile de desteklenmektedir.

Toluen fraksiyonunun FTIR spektrumunda (Şekil 3-c), pentan fraksiyonundan farklı olarak 3440 cm<sup>-1</sup> de OH gerilim titreşim bandı, 3000 cm<sup>-1</sup> de aromatik halkaya bağlı C-H bağı titreşim bandı, 1730 cm<sup>-1</sup> de ester karbonil bandı, 1456-1599 cm<sup>-1</sup> de ise aromatik halka gerilim titreşim bandları gözlenmiştir. Ayrıca 700-900 cm<sup>-1</sup> arasındaki pikler aromatik halkada bir çok süstitüentin bulunduğunu kanıtlamaktadır.

Eter fraksiyonunun FTIR spektrumunda (Şekil 3-d), toluen fraksiyonundan farklı olarak 2854-2925 cm<sup>-1</sup> arasında alifatik CH<sub>2</sub> ve CH<sub>3</sub> gruplarının gerilim titreşim bandları, 1263-1281 cm<sup>-1</sup> arasında ise yayvan düzensiz pikler şeklinde eter gerilim titreşim bandları gözlenmiştir. Metanol fraksiyonunun FTIR spektrumunda (Şekil 3-e), eter fraksiyonundan farklı olarak, 1456-1610 cm<sup>-1</sup> arasında aromatik halkanın gerilim titreşim bandları, 700-900 cm<sup>-1</sup> de ise aromatik halkada bir çok süstitüentin bulunduğunu gösteren bandlar görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

Azot ortamında hızlı pirolizden elde edilen sıvı ürün yapısal olarak incelendiğinde bu ürünün özellikle kimyasal endüstriler için bir girdi olabileceği ve sentetik sıvı yakıt olarak da değerlendirilebileceği imkanının olduğu söylenebilir.

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle sınıfına giren tütün tarla atıkları günümüz koşullarında ya tarlalarda yakılmakta ya da sobalarda doğrudan yakıt olarak kullanılmakta olup, bu da çok büyük bir enerji kaybına neden olmaktadır. Bu tür kullanımların yerine büyük bir potansiyel olan tütün tarla atıklarının oldukça basit ve kolay bir yöntem olan pirolizle yararlı sıvı ürünlere dönüştürülerek kullanılmasının, günümüzde petrol gereksiniminin ancak %7,4'ünü kendi kaynaklarıyla karşılayabilen ülkemizin enerji sorununa katkı yapacağını düşünmekteyiz.

#### KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M., Aksoy, A.S. ve Ögüt, H. (1999). The potential of biomass and animal waste of Turkey the possibilities of these as fuel in thermal generating stations. *Energy Sources* 21, 339-345.
- Agblevor, F.A., Beşler, S. ve Wiselogel, A.E. (1995). Fast pyrolysis of stored biomass feedstocks. *Energy Fuels* 9, 635-640.
- Atılğan, İ. (2000). Türkiye'nin enerji potansiyeline bakış. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi* 15, 31-47.
- Bartle, K.D., Ladner, W.R., Martin, T.G., Snape, C.E. ve Williams, D.F. (1979). Structural analysis of supercritical-gas extracts of coals. *Fuel* 58, 413-422.
- Bridgwater, A.V. (1996). Production of high grade fuels and chemicals from catalytic pyrolysis of biomass. *Catalysis Today* 29, 285-295.
- Bridgwater, A.V., Meier, D. ve Radlein, D. (1999). An overview of fast pyrolysis of biomass. *Org. Geochem* 30, 1479-1493.
- Demirbaş, A. (2001). Energy balance, energy sources, energy policy future developments and energy investments in Turkey. *Energy Conversion and Management* 42, 1239-1258.
- Encinar, J.M., Beltran, F.J., Gonzales, J.F. ve Moreno, M.J. (1997). Pyrolysis of maize, sunflower, grape and tobacco residues. *J. Chem.Tech. Biotechno*, 70, 400-410.
- Encinar, J.M., Gonzales, J.F. ve Gonzales, J. (2000). Fixed-bed pyrolysis of Cynara cardunculus L product yields and com-

- positions. *Fuel Process. Technol* 68, 209–222.
- Evrendilek, F. ve Ertekin, C. (2003). Assessing the potential of renewable energy sources in Turkey. *Renewable Energy* 28, 2303-2315.
- Fagbemi, L., Khezami, L. ve Capart, R. (2001). Pyrolysis products from different biomasses: application to the thermal cracking of tar. *Appl. Energy* 69, 293–306.
- Güleşçi, M. (2009). Türkiye’de tütün üretimi. [http://metingulesci.blogcu.com/turkiye-de-tutun-uretimi\\_38100141.html](http://metingulesci.blogcu.com/turkiye-de-tutun-uretimi_38100141.html)
- Hepbaşlı, A., Özdamar, A. ve Özalp, N. (2001). Present status and future directions of renewable energy sources in Turkey. *Energy Sources* 23, 631-648.
- Anonym (2004).
- Kaygusuz, K. (2004). The role of renewables in future energy directions of Turkey. *Energy Sources* 26, 1131-1140.
- KAYGUSUZ, K. ve TÜRKER, M.F. (2002). Biomass energy potential in Turkey. *Renewable Energy* 26, 661-678.
- Oasmaa, A., Kuoppala, E., Gust, S. ve Solantausta, Y. (2003). Fast pyrolysis of forestry residue: (1) effect of extractives on phase separation of pyrolysis liquids. *Energy Fuels* 17, 1–12.
- Pütün, A.E., Özbay, N., Pehlivan, E. ve Pütün, E. (2005). Fixed-bed pyrolysis of cotton stalk for liquid and solid products. *Fuel Processing Technology* 86, 1207–1219.
- Shuangning, X., Weiming, Y. ve Li, B. (2005). Flash pyrolysis of agricultural residues using a plasma heated laminar entrained flowreactor. *Biomass Bioenergy* 29, 135–141.
- Silverstein, R.M., Bassler, G.C. ve Morrill, T.C. (1974). *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. John Wiley and Sons Inc., New York, s. 340.
- Uzun, B.B., Pütün, A.E. ve Pütün, E. (2005). Fast pyrolysis of soybean cake: product yields and compositions. *Bioresource Technol* 97, 569–576.

Zhurinsh, A., Zandersons, J. ve Dobele, G. (2005). Slow pyrolysis studies for utilization of impregnated waste timber materials. *JAAP*, 74, 439–444.



**Eylem ÖNAL**, 1975 yılında Kütahya’da doğdu. 1997 yılında Anadolu Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2000 yılında yüksek lisansını, 2007 yılında doktora derecesini Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden aldı. Aynı yıl Yardımcı Doçentliğe atandı. Halen Bilecik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya ve Proses Mühendisliği bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.



**Ayşe Eren PÜTÜN**, İstanbul’da doğdu. Yıldız Üniversitesinden mezun olup, 1987’de Anadolu Üniversitesinden doktora derecesini aldı. 1996’da Doçent, 2001’de Profesör oldu. Bugüne kadar 10 yüksek lisans, 4 doktora tezi yönetip, 12 projede çeşitli görevlerde bulundu. Uluslararası hakemli dergilerde 33 yayını bulunmakta olup, halen Anadolu Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanlığı görevini yürütmektedir.