

Defne Yaprağı Artığının Biyoetanol Üretiminde Kullanım Potansiyelinin Araştırılması

Sezer GÖYCINCIK¹, Yasin YÜCEL^{1*}

¹Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Antakya/Hatay

*e-posta: yasinyucel@gmail.com; Tel: 0 326 245 58 45

Geliş Tarihi: 24.04.2015; Kabul Tarihi: 26.06.2015

Özet: Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yakıtlar son on yılda özellikle fosil yakıtların tükenmesi ile ilgili endişeler nedeniyle büyük bir ilgi görmektedir. Sürekli artan maliyetler ve işlenmemiş yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel etkiler nedeniyle araştırmalar son yıllarda katlanarak artmıştır. Mısır, şeker kamışı ya da tahıl danelerinden ticari ölçekte yenilenebilir yakıtlar elde edilebilmesine rağmen, üretim maliyetlerini düşürebilecek hammaddelerin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Hammadde toplam üretim maliyetinin önemli bir bölümüne karşılık gelmektedir. Biyokütlenin etanole dönüştürülmesi sürecinde lignoselülozik tabanlı atık maddeler önemli bir kaynaktır. Lignoselülozik tabanlı atıkların yenilenebilir yakıt üretiminde hammadde olarak kullanımı büyük ölçekte ve bölgesel elde edilebilirlik, düşük maliyet ve atık problemlerinin çözülmesi gibi avantajlar içermektedir. Bu çalışmada hammadde olarak uçucu yağı alınmış defne yaprağı artığı kullanılmıştır. Hammaddeye sırasıyla sakkarifikasyon ve fermantasyon işlemleri uygulanmıştır. Sakkarifikasyon işlemi sonucunda elde edilen indirgen şeker miktarı UV-VIS spektrofotometresiyle belirlenmiştir. Fermantasyon işlemi sonucunda elde edilen etanol miktarı GC-MS ile belirlenmiştir. En yüksek indirgen şeker derişimi (11.30 g/L) 75 IU/g substrat Novozyme 188.16 IU/g substrat Celluclast 1.5 L yüklemesinde ve 60°C’de elde edilmiştir. En yüksek etanol derişimi ise (4.88 g/L) maya miktarı 10.1 g/L; pH 5.49 ve 37°C’de elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Defne yaprağı artığı, biyoetanol, sakkarifikasyon, fermantasyon.

Investigation of the Utilization Potential of Laurel Leaf Residues for Bioethanol Production

Abstract: Fuels obtained from renewable resources have deserved a great deal of interest during the past decades mainly due to concerns about fossil fuels depletion. Research efforts have been multiplied in the last years as a consequence of constant increasing costs and environmental impact derived from the use of crude-based fuels. Although renewable fuels are now obtained in a commercial scale from corn, sugarcane or cereal grains, the use of feedstocks that may reduce production costs is a need. Raw material can account for an important part of the total production cost. Lignocellulosic waste materials are the target for a biomass-to-ethanol conversion process.

Advantages of using lignocellulosic waste as raw material for renewable fuel ethanol production also include a large and local availability, low cost and solution to disposal problems. In this study, essential oil extracted laurel leaf residues was used as feedstock. Saccharification and fermentation processes were applied to the feedstock respectively. Amount of the reducing sugar was obtained from the saccharification process was determined by UV-VIS spectrophotometer. Amount of the ethanol was obtained from the fermentation process was determined by GC-MS. The maximum concentration of reducing sugar (11.30 g / L), was obtained with 75 IU / g substrate Novozyme 188.16 IU / g substrate Celluclast 1.5 L loads and at 60°C. The maximum concentration of ethanol (4.88 g / L) was obtained with amount of yeast 10.1 g / L; pH 5.49 and at 37°C.

Key Words: Laurel leaf residue, bioethanol, saccharification, fermentation.

Giriş

Enerji kaynakları, oluşumlarındaki zaman sürecinin uzunluğu bakımından yenilenebilir ve yenilenebilir olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlar ile ağır radyoaktif atomların oluşturduğu enerji kaynakları, ikincisi ise su, rüzgâr, güneş, jeotermal, gel-git, dalga ve biyokütle alt sınıflamalarından oluşan enerji kaynaklarıdır (Hatunoğlu 2010). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında son yıllarda önemi daha da artan biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişebilen bitkiler, hayvan atıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak tanımlanmaktadır (Acaroğlu, 2003). Fosilleşmemiş bitkisel ve hayvansal organik maddelerden meydana gelen biyokütle enerji kaynakları içinde günümüzde en yaygın ve popüler olanları biyoetanol ve biyodizeldir (Ar, 2007).

Biyoetanol, üretim sürecinde hammadde olarak arpa, buğday, mısır, şeker pancarı, şeker kamışı, patates ve odunsular gibi kimyasal içeriğinde nişasta, şeker veya selüloz bulunan bitkilerin kullanıldığı, benzinle çalışan araçlarda tek başına, dizel araçlarda da belirli oranda bir karışım halinde kullanılabilen bir biyoyakıt çeşididir. Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşmeden dolayı dünya çapında etanol ihtiyacı sürekli artmaktadır. Ülkeler biyoetanol üretimlerinde arazi ve iklim koşullarına göre farklı hammaddeleri kullanıyor olmalarına rağmen, dünyada en çok kullanılan biyoetanol hammaddesi şeker kamışı ve mısırdır. Fakat mısır ve şeker kamışı gibi klasik mahsüller temel gıda ve besin maddesi olduklarından dolayı biyoetanol üretiminin küresel ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu yüzden biyoetanol üretimi için tarımsal atıklar gibi lignoselülozik maddeler önemli hammaddeler haline gelmiştir (Sarkar ve ark., 2012).

Lignoselülozik biyokütleden etanol yakıtı eldesi yenilenebilir ulaşım yakıtlarının üretimi için önemli bir teknoloji olarak ortaya çıkmaktadır. Hammaddenin maliyeti biyokütleden etanol üretim prosesini etkileyen önemli bir faktördür ve ucuz, dayanıklı biyokütle kaynaklarının bulunabilirliği evrensel bir sorundur. Bu bakış açısıyla lignoselülozik hammaddeler birçok avantaja sahiptir. Lignoselülozik biyokütleden etanole dönüşen şeker ulaşım yakıtı ihtiyacı için gelecek vadeden bir çözüm sayılmaktadır. Ulaşım yakıtı olarak biyoetanol benzinden daha yüksek enerji verimine sahip olduğundan dikkat çekmektedir ve daha düşük emisyon üretir. Yenilenebilir biyokütle kaynaklarının ekonomik kullanımı için biyokütleden biyoetanol üretim teknolojisi çok iyi geliştirilmelidir. Lignoselülozik biyokütlenin etanole dönüşümü kapsamlı bir proses gerektirir. Hidroliz ve fermantasyon reaksiyonları birçok basamak içerir. Hammadde varlığı, ön muamele,

sakkarifikasyon, fermentasyon ve etanol eldesi üretimi etkileyen faktörler arasındadır ve üretimin ekonomisini iyileştirmek için araştırma-geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Soccol ve ark., 2011).

Biyoeanol dünya çapında büyük ölçüde ulaşım amacıyla kullanılan bir biyoyakıttır (Balat, 2011). Biyoeanol çeşitli hammaddelerden üretilebilir. Bu hammaddeler zirai olarak basit şekerler, nişasta ve lignoselüloz olarak üç grupta sınıflandırılır:

Biyoeanol üretim maliyetini etkileyen hammaddelerin maliyeti oldukça değişkendir. Biyoeanol üretimindeki başlıca problem üretim için hammaddenin bulunabilirliğidir. Lignoselülozik biyokütle fazla miktarlarda bulunması ve düşük maliyetiyle umut vaat eden bir hammadde olmasına rağmen lignoselülozik biyokütleden yakıt biyoeanolünün büyük ölçekli ticari üretimi henüz yapılmamıştır (Balat, 2011). Ulaşılan bu üretim miktarında en büyük katkısı ABD sağlamış olup, bu ülke dünyada üretilen biyoeanolün yarısını tek başına gerçekleştirmiştir.

Dünya biyoeanol üretimi ülke sıralamasında 30 yıldır lider olan Brezilya ise 2004 yılından bu yana ABD'nin gerisinde kalmış ve 2008 yılında ürettiği 22 milyar litre ile ikinci sıraya düşmüştür. Toplam biyoeanol üretiminin yüzde 80'e yakın bir oranını oluşturan bu iki ülke üretim piyasasının ana iki aktörü konumundayken sırasıyla Çin, AB, Hindistan ve Kanada da piyasa içerisinde yer almıştır (Cheng ve Timilsina, 2011). Dünya genelinde süpürge darısı (Su ve ark., 2010), şeker pancarı (Balat ve ark., 2008), patates (Tasıc ve ark., 2009), tatlı patates (Lee ve ark., 2012), mısır sapı (Chen ve ark., 2008), arpa (Li ve ark., 2011) ve buğday samanı (Nigam, 2001) gibi hammadde kaynaklarından biyoeanol üretimi yapılmaktadır. Tüm dünya ile birlikte ülkemizde de gittikçe artan enerji talebine karşılık, yenilenebilir enerjilerin alternatif olarak görülmesi, bu konudaki çalışmaları artırmış ve gelişmeye yönlendirmiştir. Türkiyede şeker pancarı (İçöz ve ark., 2009), mısır, buğday (Acaroğlu ve Aydoğan, 2012), patates ve pirinç (Bayrakçı ve Koçar, 2012) gibi ham maddelerden biyoeanol üretilmesi ile ilgili bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen çalışmaların sınırlı sayıda olduğu ve bu alanda yeni çalışmalara çok ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Lignoselülozik atıklar yüksek karbohidrat içeriğiyle etanol üretiminde hammadde olma potansiyeline sahiptir. Bu atıkların etanol fermentasyonunda hammadde olarak kullanımı üretim maliyetini de önemli ölçüde düşürmeye yarayacaktır. Bu çalışmada öncelikle uçucu yağı çıkarılmış defne yaprağı lignoselülozik atık olarak incelenmiştir ve bu atığın biyoeanol üretiminde kullanım potansiyeli araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, uçucu yağı alınmış defne yaprağı artığı biyoeanol hammaddesi olarak kullanılmıştır. Deneyisel çalışmalarda kullanılan defne yaprağı atığı Antakya'daki küçük işletmelerden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan kuru ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) Antakya'da bir yerel marketten alınmıştır.

Atık Numunelerinin Hazırlanması

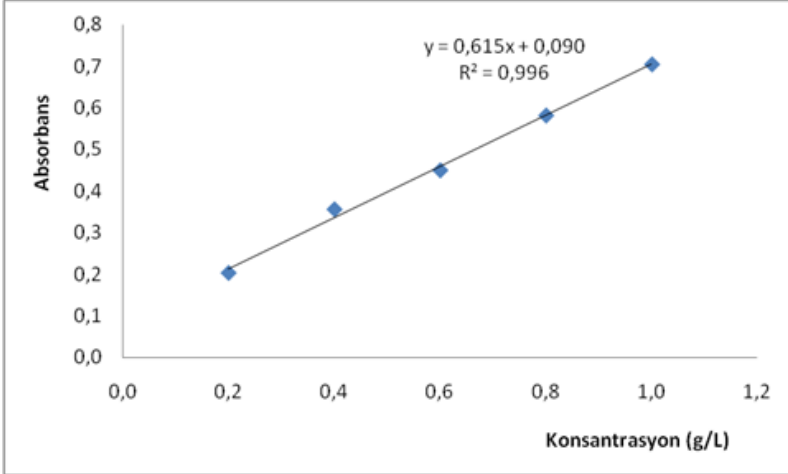
Antakya'dan toplanan atık numuneleri laboratuvarında gölgede kurumaya bırakıldıktan sonra hammadde olarak kullanılacak bu atıklar blenderden geçirilmek suretiyle öğütülerek depolanmıştır.

Sakkarifikasyon

Defne yaprağı atığının yapısındaki karbohidrat polimerlerinin basit şekerlere dönüştürülmesi amacıyla yapılan sakkarifikasyon işlemi için hammadde enzimatik hidrolize tabi tutulmuştur. Bunun için hammaddeye katı/sıvı oranı 1/20 olacak şekilde 0,05 M sodyum asetat tamponu (pH 4,8) eklenmiştir. 75 IU/g substrat β -glukozidaz (Novozyme 188) ve 16 IU/g substrat selüloz (Celluclast 1,5 L) enzimlerinin yüklemesinin yapıldığı karışım 60°C sıcaklıkta 150 rpm'de 48 saat inkübe edilmiştir (Cara ve ark., 2008). Bu süre sonunda karışım mavi bant süzgeç kağıdından süzölmüştür. Defne yaprağı atığının enzimatik hidrolizinden elde edilen hidrolizat fermantasyon işlemi için ayrılmıştır.

İndirgen Şeker Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Defne yaprağı atığının enzimatik hidrolizinden elde edilen hidrolizatın indirgen şeker konsantrasyonu DNS (3,5-dinitrosalisilik asit) metodu kullanılarak belirlenmiştir (Miller, 1959). İlk olarak her bir karışımdan 1 mL örnek alınarak 5000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant indirgen şeker analizi için kullanılmıştır. Spektrometrik ölçümlerin kalibrasyon grafiği glukoz standardı kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 1'de indirgen şeker analizinde kullanılan kalibrasyon grafiği görölmektedir.



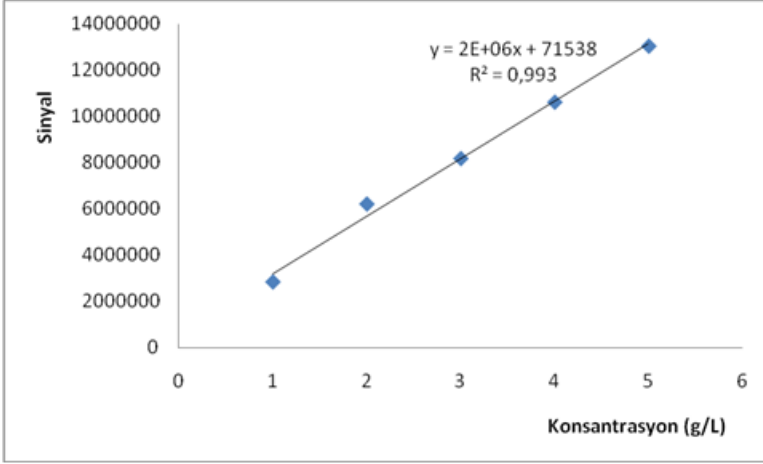
Şekil 1. İndirgen şeker analizinde kullanılan kalibrasyon grafiği

Fermantasyon

Sakkarifikasyon basamağında elde edilen şekerlerin fermantasyon işlemi *Saccharomyces cerevisiae* mayası ile anaerobik şartlarda bir inkübatörde kesikli sistemde yapılmıştır. Bu işlem sırasında ortamda besiyer olarak 2 g/L NH_4Cl ; 1 g/L KH_2PO_4 ve 0,3 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ karışımı kullanılmıştır. Defne yaprağı atığının hidrolizatının pH'ı 2 M NaOH ve 1 M HCl ile 5,49'a ayarlandıktan sonra karışıma 10,1 g/L kuru ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) eklenmiş ve 37°C'de 20 saat inkübe edilerek fermantasyon prosesi gerçekleştirilmiştir.

Etanol Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Fermantasyon işlemi gerçekleştirilen karışımdan 1 mL örnek alınarak 5000 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatantların etanol konsantrasyonunun ölçülmesi için GC-MS cihazı kullanılmıştır. Bunun için akış hızı 1 mL/dak. olan He taşıyıcı gazı ve HP-88 kolonu kullanılmıştır. 120°C olan fırın sıcaklığında her bir örnek için 8 dakikada analiz sonucu alınmıştır (Cara ve ark., 2008). Şekil 2’de görülen kalibrasyon grafiği kullanılarak her bir örnek için etanol konsantrasyonu belirlenmiştir. Her analiz 3 tekrarlı yapılmıştır.



Şekil 2. Etanol konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon grafiği

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Defne yaprağı atığının sakkarifikasyon işlemi sonucunda 75 IU/g substrat Novozyme 188, 16 IU/g substrat Celluclast 1,5 L yüklemesinde ve 60°C sıcaklıkta elde edilen en yüksek indirgen şeker derişimi 11,30 g/L olarak bulunmuştur. Defne yaprağı atığının fermantasyon işlemi sonucunda ise maya miktarı 10,1 g/L; pH 5,49 ve 37°C’de sıcaklıkta elde edilen en yüksek etanol derişimi 4,88 g/L olarak bulunmuştur.

Çizelge 1’de bu çalışmadan ve literatürde yer alan farklı kaynaklardan elde edilen indirgen şeker miktarları verilmiştir.

Çizelge 1. Bu çalışmadan ve farklı kaynaklardan elde edilen indirgen şeker miktarları

Kaynak	Substrat	Enzim	İndirgen şeker verimi (g/L)
Li ve ark. (2009)	Bermuda çimeni	Selüla	9
Li ve ark. (2009)	Kamış	Selüla	8
Li ve ark. (2009)	Kolza tohumu	Selüla	6
Yücel ve Göycıncık (2014)	Demlenmiş çay atığı	Selüla ve β-glukozidaz	29
		Selüla ve β-glukozidaz	
Bu çalışma	Defne yaprağı artığı	Selüla ve β-glukozidaz	11

Çizelge 1’de görüldüğü gibi bu çalışmadan elde edilen indirgen şeker miktarları literatürde yer alan farklı kaynaklardan elde edilen sonuçlara yakındır.

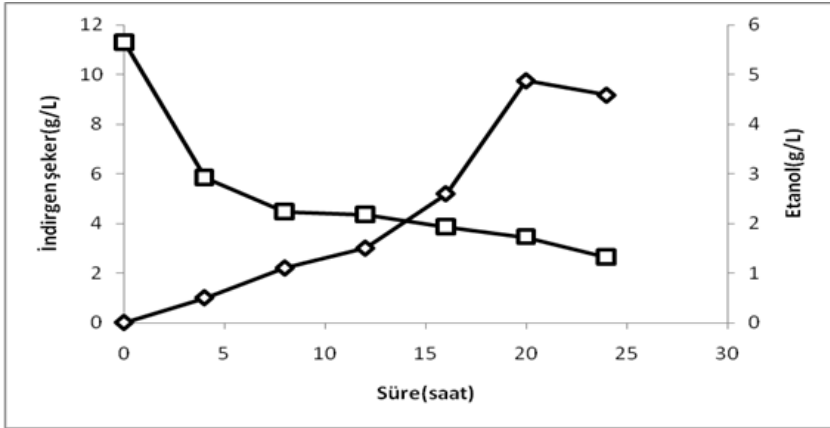
Çizelge 2’de bu çalışmadan ve literatürde yer alan farklı kaynaklardan elde edilen etanol miktarları verilmiştir.

Çizelge 2. Bu çalışmadan ve farklı kaynaklardan elde edilen etanol miktarları

Atığın Türü	Kaynak	Etanol Konsantrasyonu (g/L)
Şeker kamışı posası	Singh A. ve ark. (2013)	7,5
Şeker kamışı atığı	Sindhu ve ark. (2011)	11
Demlenmiş çay atığı	Yücel ve Göycincik (2014)	13
Tarımsal atık	Singh ve Bishnoi, (2012)	13
Defne yaprağı artığı	Bu çalışma	5

Çizelge 2’de görüldüğü gibi bu çalışmadan elde edilen etanol konsantrasyonları literatürde yer alan farklı kaynaklardan elde edilen sonuçlardan daha düşüktür. Bu sonucun hammaddenin yapısından kaynaklanabileceği gibi kullanılan yöntemin geliştirilmesiyle iyileştirilebileceği de düşünülmektedir (Li ve ark., 2009).

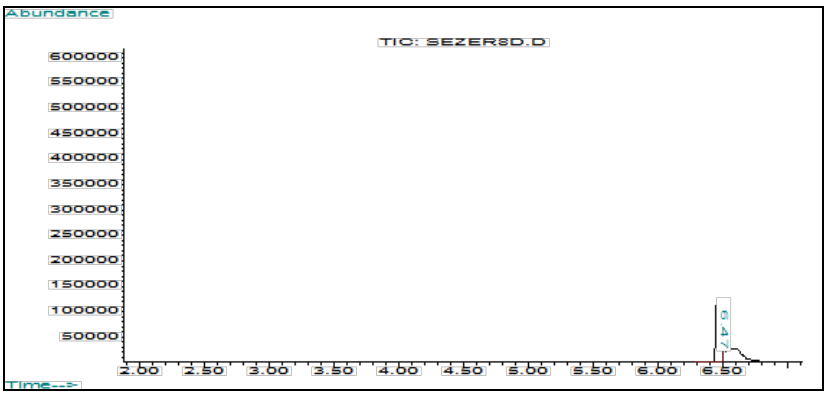
Şekil 3’de defne yaprağı artığı için zamana karşı azalan indirgen şeker ve artan etanol konsantrasyonu grafiği verilmiştir.



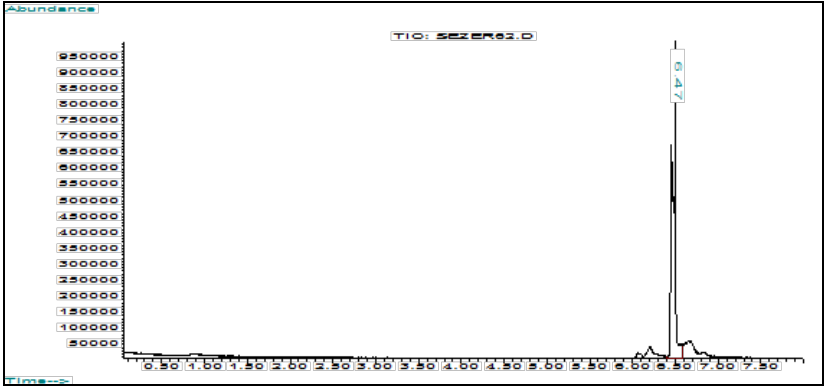
Şekil 3. Defne yaprağı atığı için zamana karşı azalan indirgen şeker ve artan etanol konsantrasyonu

Şekil 3’de de görüldüğü gibi defne yaprağı atığından maksimum etanol konsantrasyonunun elde edilmesi için gereken fermentasyon süresi 20 saattir.

Standart etanol ve defne yaprağı artığından elde edilen etanolün gaz kromatogramları Şekil 4 ve Şekil 5’de verilmiştir.

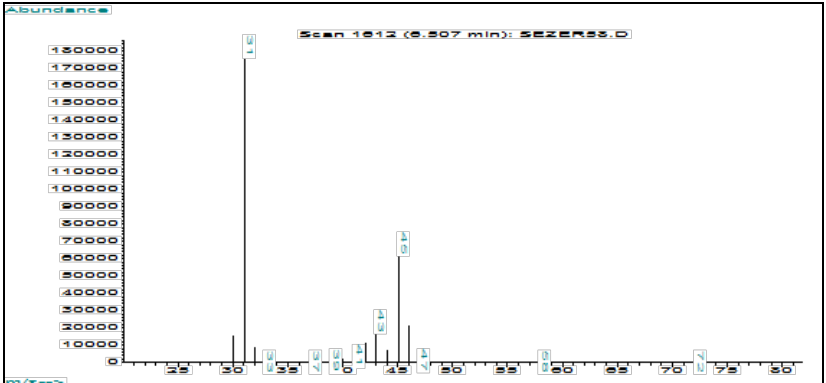


Şekil 4. Standart etanolün gaz kromatogramı

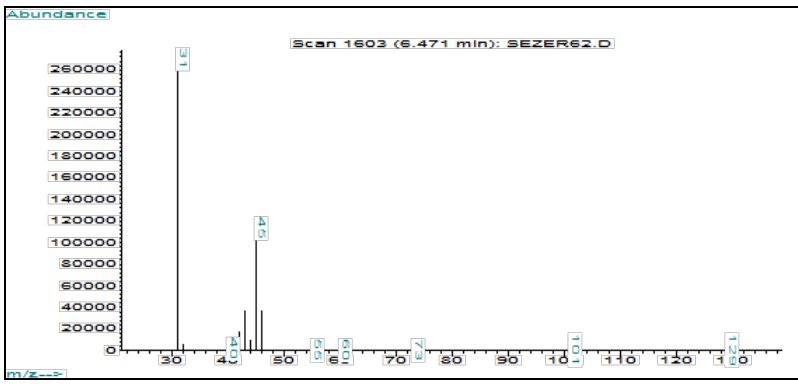


Şekil 5. Defne yaprağı atığından elde edilen etanolün gaz kromatogramı

Standart etanol ve defne yaprağı artığından elde edilen etanolün kütle spektrumları Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 6. Standart etanolün kütle spektrumu



Şekil 7. Defne yaprağı artığından elde edilen etanolün kütle spektrumu

Standart etanol ile defne yaprağı artığının gaz kromatogramları karşılaştırıldığında standart etanolün gaz kromatogramında görülen alıkonma zamanı 6,5-7 dakika civarında olan pik defne yaprağı artığının gaz kromatogramında da görüldüğünden defne yaprağı atığından biyoetanolün elde edildiği anlaşılmıştır.

Standart etanol ile defne yaprağı artığının kütle spektrumları karşılaştırıldığında standart etanolün kütle spektrumunda görülen etanole özgü m/z değeri (M-15)'e karşılık gelen (M-CH₃)⁺ yani 31 piki ve m/z değeri (M-1)'e karşılık gelen (M-H)⁺ yani 45 piki defne yaprağı atığının kütle spektrumunda da görüldüğünden defne yaprağı artığından biyoetanolün elde edildiği ispatlanmıştır. Böylelikle kütle spektrumlarının gaz kromatogramlarını desteklediği görülmüştür.

Sonuç

Defne Türkiye'de bütün kıyı şeridinde doğal olarak bulunmaktadır ve Hatay'dan başlayarak Kuzeydoğu Karadeniz'e kadar yayılış göstermektedir (Atalay, 2002). Elde edilen deneysel sonuçlara göre defne yaprağı artığının düşük veriminden dolayı biyoetanol üretiminde hammadde olarak kullanım potansiyelinin düşük olduğu buna ek olarak ileriki çalışmalarla bu verimin artırılabilceği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak defne yaprağı atığından biyoetanol üretimi konusunda gerek Türkiye gerekse dünyada yapılan ilk ve tek çalışma olması; bu araştırmanın özellikle hem özgünlük hem de literatüre katkı bakımından önemini göstermektedir. Ayrıca bu araştırma sonuçlarının her geçen gün daha da ilgi çeken özellikle yenilenebilir enerji alanındaki çalışmalara önemli bir fayda sağlayacağı ve hem bu çalışmada kullanılan hem de benzer lignoselülozik atıkların biyoetanol üretiminde kullanımına yönelik çalışmaların geliştirilerek sürdürülmesi konusunda yararlı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Atalay. İ. 2002. Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. Orman Bakanlığı Yayın No: 163, İzmir, 9 s.
- Acaroğlu M. 2003. Alternatif Enerji Kaynakları, Atlas Yayın Dağıtım, ISBN 975 6574 25 9, İstanbul, 359 s.
- Acaroğlu M. ve Aydoğan, H., 2012. Biofuels energy sources and future of biofuels energy in Turkey. Biomass and Bioenergy, 36, 69-76.
- Ar F.F. 2007. İkinci Kuşak Biyoyakıtlar-Biyorafineriler. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu, TMMOB Yayınları, Ankara, s.195-202.
- Balat M., Balat, H. ve Öz, C. 2008. Progress in bioethanol processing. Progress in Energy and Combustion Science, 34: 551-573.
- Balat M. 2011. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway. Energy Conversion and Management, 52(2): 858-875.
- Bayrakcı A.G. ve Koçar, G., 2012. Utilization of renewable energies in Turkey's agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16: 618-633.
- Cara C., Ruiz E., Ballesteros M., Manzanares P., Negro J. M. ve Castro E., 2008. Production of fuel ethanol from steam explosion pretreated olive tree pruning. Fuel, (87): 692-700.
- Cheng J ve Timilsina, G. 2011. Status and barriers of advanced biofuel Technologies. Renewable Energy, 36(12): 3541-3549.
- Chen M, Zhao J ve Xia L. 2008. Enzymatic hydrolysis of maize straw polysaccharides for the production of reducing sugars. Carbohydrate Polymers, 71: 411-415.
- Hatunoğlu E.E. 2010. Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), Yayın No: 2814, Ankara, 189 s.
- İçöz E, Tuğrul K.M. ve Saral A. 2009. Research on ethanol production and use from sugar beet in Turkey. Biomass and Bioenergy 33: 1-7.
- Lee W.S., Chena I.C., Changa C.H. ve Yanga, S.S. 2012. Bioethanol production from sweet potato by co-immobilization of saccharolytic molds and *Saccharomyces cerevisiae*. Renewable Energy 39: 216-222.
- Li H., Kim N., Jiang M., Kang J. ve Chang H., 2009. Simultaneous saccharification and fermentation of lignocellulosic residues pretreated with phosphoric acid-acetone for bioethanol production. Bioresource Technology, 100(13): 3245-3251.
- Li Z., Liu, Y., Liao, W., Chen, S. ve Zemetra, R.S. 2011. Bioethanol production using genetically modified and mutant wheat and barley straws. Biomass and Bioenergy, 35: 542-548.
- Miller G. L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination reducing sugar. Analytical Chemistry. 31: 426-428.
- Nigam J.N. 2001. Ethanol production from wheat straw hemicellulose hydrolysate by *Pichia stipitis*. Journal of Biotechnology, 87: 17-27.
- Sarkar N., Ghosh S., Bannerjee S. ve Aikat K. 2012. Bioethanol production from agricultural wastes: An overview. Renewable Energy, 37(1): 19-27.
- Sindhu R., Kuttiraja M., Binod P., Janu K.U., Sukumaran R.K. ve Pandey A. 2011. Dilute acid pretreatment and enzymatic saccharification of sugarcane tops for bioethanol production. Bioresource Technology, 102: 10915-10921.
- Singh A. ve Bishnoi N. R., 2012. Optimization of ethanol production from microwave alkali pretreated rice straw using statistical experimental designs by *Saccharomyces cerevisiae*. Industrial Crops and Products, (37): 334- 341.

- Singh A., Sharma P., Saran A.K., Singh N. ve Bishnoi N.R. 2013. Comparative study on ethanol production from pretreated sugarcane bagasse using immobilized *Saccharomyces cerevisiae* on various matrices. *Renewable Energy*, 50: 488-493.
- Soccol C., Faraco V., Karp S., Vandenberghe L., Soccol V., Woiciechowski A. ve Pandey A. 2011. Lignocellulosic Bioethanol: Current Status and Future Perspectives. *Biofuels*, 101-122.
- Su M., Tzeng W. ve Shyu Y. 2010. An analysis of feasibility of bioethanol production from Taiwan sorghum liquor waste. *Bioresource Technology*, 101(17): 6669-6675.
- Tasic M.B., Konstantinovi, B.V., Lazic, M.L. ve Veljkovic, V.B. 2009. The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. *Biochemical Engineering Journal*, 43: 208–211.
- Yücel Y. ve Göycüncük S. (2014) Optimization of ethanol production from spent tea waste. *Biomass Conversion and Biorefinery*, doi:10.1007/s13399-014-0138-2.