

Türkiye'de Lignoselülozik Biyokütle Kaynağı Olarak Kavağın Biyoetanol Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Bahattin GÜRBOY

İ.Ü Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
34473 Bahçeköy/İSTANBUL

Mahmut BAYRAMOĞLU

Gezbe Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü 41400 KOCAELİ

Sacit KOÇER

Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü P.K. 1034 41050 İZMİT

GİRİŞ

Son yüzyılda hızlı nüfus artışı ve endüstrileşmeye paralel olarak tüm dünyada enerji tüketimi hızla artmaktadır. 2050 yılında petrol üretiminin halen üretilmekte olan 25 milyar varilden yaklaşık 5 milyar varile düşeceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle alternatif enerji kaynaklarına yoğun bir ilgi bulunmaktadır.

Fosil yakıtlardan farklı olarak şekerin fermantasyonundan üretilen biyoetanol yenilenebilir bir enerji kaynağı durumundadır. Biyoetanol Amerika'da 1980'li yıllardan beri saf halde veya hacmen yaklaşık % 15 kadar benzine katılmak suretiyle kullanılmakta, böylece benzin tüketimini ve sera etkisine neden olan gaz miktarını azaltmaktadır. Biyoetanolün fiyatı fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında halen yüksek olmakla birlikte, üretimi için potansiyel kaynak olarak atık lignoselülozik kaynaklardan yararlanılması halinde fiyat açısından cazip hale gelmesi mümkün görülmektedir.

Ülkemizin hemen her yöresinde halk tarafından yetiştirilen idare süresi diğer ağaç türlerine göre oldukça kısa olan ve hızlı gelişen kavak ağacı odunundan alternatif enerji ham maddesi olarak yararlanılması ülkemizin enerji talebine büyük katkılar sağlayacaktır.

Angiospermae sınıfına dahil olan kavaklar Salicales takımının, salicaceae familyasına ait *Populus L.* cinsinin türüdür. Genellikle ülkemizde oldukça büyük boy ve çap artımı yapmaktadır. Hızlı gelişen kavak ağacı yurdumuzda doğal yayılışını 4 tür [Karakavak (*Populus nigra L.*), Akkavak (*Populus alba L.*), Fırat kavağı (*Populus euphratica Oliv.*), Titrek kavak (*Populus tremula L.*)] ile göstermektedir. Ayrıca çok sayıda melez kavak bulunmaktadır. Ülkemizde titrek kavak ile melez kavak olan (*Populus euramericana Guinier cv.*) I-214 ile *Populus deltoides* türleri yaygın olarak yetiştirilmektedir. Uygun yetişme ortamında yoğun kültür yöntemleriyle hektar başına 10 m³ ve üzerinde yıllık üretim yapan ve idare süresi 30 yılın altında olan ağaçlar "Hızlı gelişen ağaçlar" olarak tanımlanmaktadır (FAO 1977 W. D. 28) Bu tanıma göre hızlı gelişen bir ağaç olan kavağın özellikle melez olanları iyi topraklarda yetiştirildiğinde yıllık 25-30 m³/ha verime ulaşılmaktadır (Uludağ 1997). Halen, yurdumuzda yaklaşık 4 milyon m³ üretim sağlanmaktadır (Anon. 1999).

Ormanlarımızda bazı ağaç türlerinin hektar başına yıllık artım miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

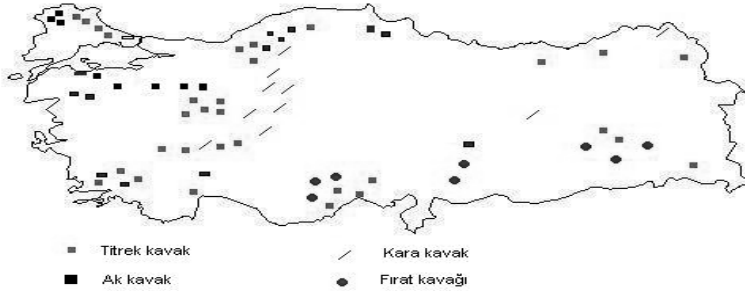
Tablo 1. Ormanlarımızda yetişen bazı ağaç türlerinin yıllık verimleri

Ağaç türü	Bozuk koru (m ³ /ha)	Normal (m ³ /ha)
Okaliptüs	0.1	3.11
Halep çamı	0.05	1.27
Karaçam	0.21	3.32
Adi gürgen	0.41	1.01
Doğu kayını	0.58	4.30
Melez kavak I 214		20.0
Kızılçam	0.20	2.49
Sarıçam	0.25	3.84
Doğu çınarı	0.07	2.56

Kaynak Orman varlığımız 2006.

Doğal kavak türlerinin Türkiye'deki yayılışları Şekil 1'de verilmiştir. Ancak, melez kavaklar için benzer bir yayılış haritası verebilmek mümkün değildir.

Şekil 1 Doğal kavak türlerinin yayılışı



Gerek orman içindeki uygun boşluk alanlarda gerekse orman dışı alanlarda kavak ağaçlandırmaları ile, 12-15 yıl gibi kısa sürelerde büyük miktarlarda odun materyali üretilebilir (Saribaş 1989). Ayrıca, biyokütle amaçlı üretimlerde kavak için fidan dikim aralıkları bir-iki metreye kadar düşürülerek idare süresi ve hektar başına üretilen kavak odunu miktarı çok daha fazla artırılabilir. Diğer taraftan, biyokütle üretimine yönelik olarak kurulan plantasyonlardan kısa idare süreleri ile kavak odunu elde edilmesi, ülkemizde arazi sahiplerinin kavak kültürü için daha çok arazi tahsis etmelerini teşvik edecektir (Tunçtaner-Tulukçu 1993).

Sıvı yakıt olarak etanolün yıllık üretim miktarı 1975 yılında 1 milyar tona altında iken 2006 yılında 39 milyar tona yükselmiştir. 2015 yılı itibariyle tahmin edilen miktarın 100 milyar tona ulaşacağı yönündedir. Etanol üretiminin yaklaşık % 96'sı biyolojik kaynaklardan fermantasyon yoluyla gerçekleşmektedir. Bu çerçevede, etanol üretimi için kullanılan iki temel kaynak şekerli ve nişastalı materyallerdir (Licht 2006). Odunun kimyasal bileşimi temel bileşenleri bakımından incelendiğinde (huş, titrek kavak, akçaağaç, okaliptüs, kavak türleri; meşe gibi) yapraklı ağaç odunlarının % 39-54 selüloz, % 14-37 hemiselüloz ve %17-30

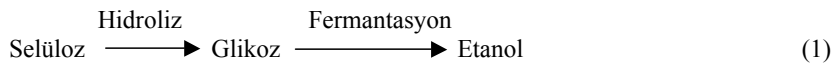
lignin, çam türleri, göknar vb iğne yapraklı ağaç odunlarının % 41-50 selüloz, % 11-27 hemiselüloz ve % 20-30 ligninden oluştuğu görülmektedir.

İ.Ü Orman Fakültesi'nde yapılan değişik araştırmalardan elde edilen bulgulardan yararlanılarak hazırlanan Tablo 2'de yurdumuzda doğal olarak yetişen ağaç türlerimizden bazılarının kimyasal bileşimleri verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye'de yetişen bazı ağaç türlerinin kimyasal bileşimi ve yoğunluk değerleri

Ağaç türü	Holoselüloz (%)	α -Selüloz (%)	Pentozan (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Araştırmacı
Okaliptüs	73.00	41.08	18.84	0.503	Huş ve ark.
Okaliptüs	77.78	50.94	19.57	0.504	Abdel Kareem
Halep çamı	72.76	56.14	12.75	0.574	Abdel Kareem
Karaçam	84.55	61.43	8.35		Yılıgör
Adi gürgen	80.57	38.44	23.89	0.610	Tank
Doğu kayını	78.87	41.54	24.84	0.659	Tank
Melez kavakl 214	77.38	49.33	20.51	0.333	Abdel Kareem
Kızılçam	74.81	48.22	11.60	0.469	Gürboy
Sarıçam	69.77	56.03	10.93	0.419	Akkayan
Doğu çınarı	77.34	38.59	22.11	0.494	Tank

Lignoselülozik materyalden alkol üretiminde öncelikle bu maddeler içerisindeki karbonhidrat polimerleri kimyasal veya enzimatik hidroliz ile basit şekere dönüştürülür ve basit şekere fermentasyon işlemi ile biyoetanol üretilir (Fengel and Wegener 1989, Taherzadeh and Karimi 2007). 6 karbonlu (heksozlar) ve 5 karbonlu (pentozlar) bileşikler fermentasyon ile biyoetanole dönüşebilmektedir.



İğne yapraklı ağaç odunlarında hemiselülozlar başlıca mannozlardan oluşurken yapraklı ağaç odunları ile tarım artıklarında genellikle ksilozlardan oluşmaktadır.

Derişik asit prosesleri seyreltik asit prosesleri ile kıyaslandığında genellikle daha yüksek glikoz verimi sağlanmaktadır (Taherzadeh and Karimi. 2007). Bununla birlikte, seyreltik asit prosesleri üzerinde ümit verici çalışmalar yürütülmektedir.

Bu çalışmada kavak ağacı odunları ile yine ülkemizde yetişen bazı yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunları, kimyasal bileşimlerinden yola çıkılarak bunlardan sağlanabilecek etanol miktarı teorik olarak hesaplanmış ve elde edilen değerler literatür değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 2 temel alınarak değişik ağaç türlerinden teorik biyoetanol verimleri Litre etanol/kg kuru odun olarak hesaplanmış ve Tablo 3’de verilmiştir. Ökalyptus, melez kavak ve karaçamın biyoetanol verimleri diğerlerine göre yüksek ve benzer seviyelerdedir.

Tablo 3. Ormanlarımızda yetişen bazı ağaç türlerinin teorik etanol verimleri

Ağaç türü	Etanol verimi (litre/kg kuru odun)
Okalyptüs	0.40
Okalyptüs	0.46
Doğu çınarı	0.41
Adi gürgen	0.41
Doğu kayını	0.44
Melez kavak I-214	0.45
Kızılçam	0.39
Sarıçam	0.44
Karaçam	0.46
Halep çamı	0.45

Pratik verimler teorik değerlerin 60-90% mertebelerinde gerçekleşmektedir. Pratik verimi etkileyen önemli bir parametre ağaç odunun lif yapısıdır. Bu açıdan, kavak odunu liflerinin poröz olması nedeniyle hidroliz sırasında kolaylıkla reaksiyona girmesi gibi üstünlükleri bulunmaktadır. Diğer yandan, biyoetanol üretiminde kullanılacak uygun ağaç türlerinin seçiminde yıllık hektar başına üretim miktarı ve zaman döngüsü de önemli parametreler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede, kavak ağacı oldukça yüksek performansa sahiptir.

Sonuç olarak, gerek teorik biyoetanol verimi gerekse üretim göstergeleri dikkate alındığında kavak ağacının biyoetanol üretimi için uygun bir materyal olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yararlanılan Kaynaklar

1. ABDEL KAREEM M., 1982: Halep Çamı, Okalyptüs ve Kavak Taksonlarının Lif Hamuru Üretimi Bakımından Özellikleri ve Kağıt Üretiminde Kullanılabilme Olanakları. İÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 32, Sayı 1.
2. AKKAYAN S. C., 1983: Sarıçam (*P. silvestris* L.), Kızılçam (*P. brutia* Ten.) ile Doğu Kayını (*F. orientalis* Lipsky), Kavak (*P. euramericana* c.v. I-214) Odunlarından Elde edilen Selüloz Karışımları, Özellikleri ve Kağıt Üretiminde Kullanılabilme Olanakları Üzerine Araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 33, Sayı 1. İSTANBUL
3. ANON., 1999: Report of National Poplar Commission of Turkey. (Period:1996-1999). Ministry of Forestry ANKARA
4. ANON. 2006: Orman Varlığımız. T.C Tarım ve Orman <bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. ANKARA
5. FENGEL D and WEGENER C., 1989: Wood-Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Walter de Gruyter, Berlin.
6. FAO 1977: Industrial Forestry Plantation, Final Report: Plantation Silviculture. FO DO/TUR/71/521. W.D. 28
7. GÜRBOY B., 2007: Kuzey Kıbrıs'ta Doğal Olarak Yetişen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'in Lif Morfolojisi. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Sayı 2. İSPARTA

8. HUŞ S, TANK T, GÖKSEL E., 1975: Türkiye (Tarsus-Karabucak)'da Yetişen Okalıptüs (E. camaldulensis Dehnh.) Türü Odunun Morfolojik Yönden Etüdü ve Yarıkimyasal Selülozunun Kağıt Sanayinde Değerlendirme İmkanları. TBTAk No. 275
9. LICHT F.O., 2006: World ethanol markets. The Outlook to 2015 Tunbridge Wells, Agra Europe Special Report. UK.:
10. SARIBAŞ M., 1989: Türkiye'nin Euro-siberian (Euxine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı
11. TAHERZADEH M. J and KARIMI K., 2007: Bioethanol Review. BioResorces 2(3),
12. TANK T., 1978: Türkiye'de Kayın ve Gürgen Türlerinin Nöytral Sülfite Yarı Kimyasal (NSSC) Metodu ile Değerlendirme İmkanları. İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları Yayın No. 2326/231, Matbaa Teknisyenleri Basımevi. İSTANBUL.
13. TANK T., 1980: Selüloz Üretimi Bakımından Doğu Çınarı (*Platanus orientalis* L.) Odununun Bazı Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İ.Ü Orman Fakültesi Yayın No.290. İSTANBUL.
14. TUNÇTANER K, TULUKÇU M., 1993: Biokitle Üretimine Uygun Kavak klonlarının Seçimi Üzerine Araştırmalar. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten No.158 İZMİT
15. ULUDAĞ S., 1977: Türkiye Kavakçılığında Yapılmış Silvikültürel Araştırmaların Sonuçları. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Çeşitli Yayınlar Serisi 9. Müdürlük Yayın No.212. İZMİT
16. Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yıllık Bülteni No. 148. İZMİT
17. YILGÖR N., 1999:Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* L) Varyetelerinin Kimyasal Açından Karakterizasyonu. Doktora Tezi. Basılmamış İSTANBUL.

