

BİTKİSEL YAĞLARIN GIDA DIŞI YENİ KULLANIM ALANLARI

NEW NONFOOD USES OF VEGETABLE OILS

Aziz TEKİN

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliđi Bölümü, ANKARA

ÖZET: Dünya petrol rezervlerinin giderek azalması ve çevre bilincinin artması, üretilecek enerjinin yenilenebilir ve çevre dostu hammaddelerden sağlanması gerekliliğini ortaya koymuştur. Birçok fiziksel özellik bakımından mineral yağlara benzeyen bitkisel yağlar, bu açıdan en uygun hammaddeler olarak düşünölmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, bitkisel yağların özellikle dizel yakıt karışımlarında ve mürekkep formöasyonlarında kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır. Halen gerek karışım, gerekse saf halde bitkisel yağların kullanıldığı bazı başarılı uygulamalar mevcuttur. Ancak üretimlerinin sınırlı, fiyatlarının yüksek ve bazı fiziksel özelliklerinin bu ürünler için yeterince uygun olmaması, bitkisel yağların bu alanlarda mineral yağlarla rekabet şansını azaltmaktadır.

ABSTRACT: There is an increasing global interest in the supplement of energy from reproducible and biodegredeable sources due to the decreasing of petrol reserves and rising of environmental concern. Vegetable oils having similarity to mineral oils with respect to many physical properties are considered as the most suitable materials.

The researches have focused on the use of vegetable oils in blending of diesel fuels and ink formulations. There are currently some successful applications where vegetable oils are used as pure or mixture. However, limited supply, higher prices and some different physical characteristics reduce their compatability with mineral oils in those areas.

GİRİŐ

Bitkisel yağların büyük bir bölümü insan veya hayvan gıdası olarak kullanılmasına rağmen, ilk çağlardan beri aydınlatma, boyacılık, sabun yapımı ve yağlayıcı olarak da kullanıldıkları bilinmektedir (OHLSON, 1992). Özellikle 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizinden sonra, mineral yağların yoğun olarak kullanıldığı bazı alanlarda bitkisel yağların alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiş ve 1980'lerden sonra bu alanlarda araştırmalar hız kazanmıştır.

Dünya yağ üretiminin yaklaşık%70'i bitkisel, %30'u da hayvansal hammaddelerden (%2'si balık yağı olmak üzere) sağlanmaktadır. Yağların %80'i insan gıdaları olarak kullanılırken, %6'sı hayvansal beslenmede ve geriye kalan %14'ü de gıda dışı alanlarda kullanılmaktadır (RICHTER ve KNOUT, 1984).

Çizelge 1'de (ANONYMOUS, 1994) Dünya'da çeşitlere göre yağların yıllık tüketimleri verilmiştir. Buna göre Dünya'da en fazla tüketilen yağ soya yağıdır ve yağların gıda dışı alanlarda kullanılmaları üzerine yapılan araştırmalar, bazı fiziksel özelliklerin yanında kolay bulunabilmesi ve daha ucuz olması nedeniyle özellikle soya yağı üzerine yoğunlaşmıştır.

Bitkisel yağlar birçok fiziksel özellikleri bakımından mineral yağlara benzemektedir. Mineral yağlara oranla daha kıt olmalarına rağmen, yenilenebilir karakterde olmaları ve doğada bakteriler tarafından tamamen parçalanabilmeleri nedeniyle mineral yağların kullanıldığı alanlarda alternatif olarak denenmektedir. Son yıllarda özellikle dizel yakıtı ve mürekkep imalinde kullanılmaları üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır.

2. BİTKİSEL YAĞLARIN DİZEL YAKITI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dünya'da dizel motorlar benzinli motorlara göre daha düşük yakıt tüketimi, düşük karbonmonoksit (CO) ve düşük yanmamış hidrokarbon emisyonlarından dolayı, özellikle ağır işlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dizel motorlar için alternatif yakıt arayışları petrol rezervlerinin azalması endişesi ve egzost gazlarının

**Çizelge 1. Katı ve Sıvı Yağların
Dünya Yıllık Tüketimi**

Yağ	Tüketim (Mil. Ton)
Soya	18.19
Palm	14.40
Kanola/kolza	9.00
Ayçiçek	7.68
İç yağı	7.01
Domuz yağı	5.60
Yer fıstığı	4.16
Pamuk	3.63
Koko	2.94
Zeytin	2.10
Palm çekirdeği	1.86
Mısır	1.68
Balık	1.12

çevre için tehlike oluşturduğunun anlaşılmasından sonra hız kazanmıştır. Birçok çalışma bitkisel yağların dizel motorlar için alternatif yakıt olarak kullanılabileceğini göstermektedir (GOERING ve ark., 1982; BAGBY ve ark., 1987). Buna karşılık yüksek viskozite, düşük uçuculuk ve soğukta akış özelliklerinin zayıf olması gibi etkenler bitkisel yağların doğrudan dizel yakıtı olarak kullanılmasını sınırlamaktadır (ALİ ve ark., 1995; DUN ve ark., 1996).

Yağın bileşiminde bulunan fosfatid, mum ve yüksek derecede ergiyen gliseritlerle birlikte depolama ve yanma odasında meydana gelen oksidasyon ve polimerizasyonlar, viskozite artışı ve kristallenmeye bağlı olarak piston ve enjektör tıkanıklığı, motorda karbon kalıntısının fazla olması ve atomizasyonun zayıflığı gibi problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle, dizel yakıtı olarak değerlendirilmek istenilen yağların en azından yapışkan maddelerinden arındırılmış olması arzu edilmektedir. Diğer taraftan bitkisel yağların bu özelliklerini geliştirmek için transesterifikasyon, dilüsyon, proliz ve mikroemülsifikasyon gibi teknikler kullanılabilir (BAGBY, 1987).

Trigliseridlerin metil veya etil esterlerine dönüştürülmesi olarak adlandırılan transesterifikasyon (veya alkolizis), yanma özelliklerini geliştiren bir metod olarak belirlenen ve en yaygın kullanılan yöntemdir. Metil esterler, etil esterlerine göre daha fazla tercih edilmektedir. Çünkü ester oluşturmak için gerekli metanol, etanolünkinin hemen hemen yarısı kadardır ve ayrıca etanolün fiyatı 3 kat daha fazladır.

Bitkisel yağ monoesterlerinin yakıt özellikleri, dizel yakıtına, esterifiye olmamış yağdan daha yakındır (BAGBY ve ark., 1987; WAGNER ve ark., 1984). Metil esterleri düşük viskoziteye sahiptir, çünkü molekül ağırlığı orjinal yağın 1/3'ü kadardır. Metil esterlerin viskozitesi trigliseridlerin yaklaşık 1/10'u kadardır ve dizel yakıtına çok yakındır (40°C'de dizel yakıtlarının viskozitesi 3 mpa iken, soya yağının 30 mpa ve metil esterlerinin 4 mpa dır). Trigliserid moleküllerinin molekül ağırlığı, petrol türevli yakıtlarının molekül ağırlığının 4 katıdır (Çizelge 2) (JOHNSON ve MYERS, 1995). Diğer taraftan ester ağırlıkça %10-11 oranında oksijen içermektedir ve bu durum petrol bazlı yakıtta göre daha fazla yanma sağlamaktadır. Monoesterler yüksek setan sayısına (tutuşmaya karşı direnç) sahiptir aynı zamanda sülfür ve aromatik bileşikler içermemektedir. Bu açıdan monoesterler petrol bazlı dizel yakıtlarıyla karşılaştırıldığında, egzost gazındaki CO, HC ve partikül miktarının azlığı dikkat çekmektedir.

Ancak metil veya etil esterlerin dizel yakıtı olarak kullanılmalarında teknik bazı problemler de mevcuttur. Bunlardan birisi, metil esterlerin motorda (krank mili haznesinde) birikmeye sebep olması ve motor yağının viskozitesini değiştirmesidir. Bu nedenle motor yağı sık sık değiştirilmelidir. Özellikle kış aylarında soya yağı metil ve etil esterlerinin yakıttan ayrılarak kristalize oldukları gözlenmiştir. Bu problemleri çözmenin yolları, kristal modifiye edici kullanmak, yağ asitlerini dallanmış alkollerle esterleştirmek ve vinterizasyon uygulamaktır. Ancak kristal modifiye ediciler yağın sadece dökülebilme sıcaklığını düşürürken, bulutlanma sıcaklığını etkilememektedir. Buna karşılık dallanmış zincir esterleri her iki nokta üzerine de önemli derecede etkilidir. Fakat pahalı bir yöntemdir. Soya yağı izopropil esterlerinin, metil esterlere göre 7-11°C daha düşük sıcaklıkta kristalize olduğu tespit edilmiştir (LEE ve ark., 1995).

Ayrıca bitkisel yağ esterleri düşük sıcaklıkta vinterize edilerek, kristallenme sıcaklıkları düşürülebilir. Yapılan bir çalışmada %14,6-14,8 oranında doymuş yağ asiti içeren soya yağı metil esterlerinde vinterizasyondan sonra bu oranın %5,2'e düştüğü ve yağın soğukta akıcılık özelliklerinin geliştiği belirlenmiştir (CHANG ve ark., 1996).

Yağ veya esterlerini dizel yakıtlarıyla karıştırmak viskoziteyi düşürmektedir. Bugünkü çalışmalar, metil esterlerinin dizel yakıtına %20-30 oranında karıştırılması üzerine yoğunlaşmıştır. Endüstride 20:80 oranında metil esterleri: dizel yakıtı karışım olarak kullanılmakta ve bu karışımın toplam O₂ içeriği %2,2 olmaktadır. BD-20 olarak bilinen bu karışımda BD biyodizeli, 20 ise %20 oranında metil esterleri ilave edildiğini göstermektedir.

Bitkisel yağlar oksijensiz ortamda ısıtılarak poliz edilebilmekte ve dizel yakıtı yerine kullanılmaktadır. Poliz edilmiş soya yağının setan sayısı 43'tür (ASTM* deki minimum değer 40 tır). Viskozitesi ise soya yağınınkinden düşük, ancak dizel yakıtınınkinden yüksektir.

Mikroemülsiyon işlemi, normal olarak birbirine karışmayan bileşiklerin yüzey aktif maddelerle karıştırılmasıdır. Soya yağı: metanol: 2 - oktanol: setan sayısı geliştirici (52,7 : 13,3 : 33,3 : 1,0) karışımı oldukça iyi yanma özellikleri göstermiştir.

2.1. Yağ Asiti Metil Esterlerinin Hazırlanması

Metil esterlerine dönüştürülecek yağın fosfolipidleri alınmış, serbest asitliği giderilmiş ve suyu uzaklaştırılmış olmalıdır. Çünkü serbest asitler ve su katalizörü inaktif etmekte, fosfolipidler ise nem çekmektedir. Bu nedenle ham yağ kullanımı verimi düşürmektedir (KUSY, 1982).

Metilasyon için %0,1-0,5 oranında Na-metilat, Na veya K hidroksit %99'luk metanolde çözünür. Bu karışım 80°C'ye ısıtılmış yağa ilave edilir. Reaksiyonun tamamlanması için, yağın iki katı kadar alkol kullanılır. 1-4 saat karıştırılarak interesterifikasyon reaksiyonunun tamamlanması sağlanır. 1 mol gliserit 3 mol metanolle reaksiyona girer ve 3 mol metil ester ile 1 mol gliserol oluşur. Oluşan gliserol hemen alt faza geçer. Ester fazı ise serbest alkollerini uzaklaştırmak için destile edilir. Ortamda bulunan katalizör, sabun ve gliserin su ile yıkanarak uzaklaştırılır. Bu işlemden sonra ortamda kalabilecek suyu uzaklaştırmak için 100°C'de destilasyon işlemi uygulanır veya içeriğe nem tutucu (CaSO₄, NaSO₄) ilave edilir.

Katalizörün ortamdaki uzaklaştırılması oldukça kritik bir aşamadır. Çünkü eğer ortamda katalizör kalırsa, yakıt alkali veya asidik olmakta; sonuç olarak motorda birikme ve korozyon problemleri meydana gelmektedir. Buna ilaveten, reaksiyondan sonra yağda kalabilecek sabun, depolama sırasında havanın nemini çekebilmektedir.

2.2. Pazar Durumu

Soya yağı metil esterleri enerji üretimi için uygun bir doğal kaynaktır ve bu alanda pazar oldukça iyidir. Örneğin, ABD'de üretilen bütün soya yağı dizel yakıtı olarak değerlendirilse bile, ABD dizel yakıt ihtiyacının ancak %5-6'sı karşılanabilmektedir. Fakat soya yağı metil esterlerinin fiyatı, petrol bazlı dizel yakıtı göre oldukça yüksektir. Vergiler düşülerek biyodizelin fiyatı da düşürülebilir. Bugün biyodizel Avrupa ve ABD'de taşımacılıkta ve bazı iş makinelerinde denenmektedir. Alınan sonuçlar güç ve yakıt etkinliği açısından biyodizel ve petrol bazlı dizel yakıtı arasında fark olmadığını göstermektedir.

3. BİTKİSEL YAĞLARIN MÜREKKEP FORMULASYONLARINDA KULLANIMI

Tipo veya ofset baskı işlemlerinde kullanılan mürekkepler, pigment (siyah veya renkli), taşıyıcı ve diğer minör ingredientlerden oluşmaktadır. Taşıyıcı, pigmenti taşımakta ve resin ile mineral yağ gibi bir hidrokarbondan oluşmaktadır. Resin, pigmenti kağıda bağlamasının yanında, mürekkebe uygun bir viskozite ve kalınlık da sağlamaktadır. Çözücü ise, resinin çözünmesi ve mürekkep karışımı içerisinde dağılmasını sağlar, ayrıca mürekkebe arzulanacak akıcılık özelliğini kazandırır. Tipik bir ofset baskı mürekkebi %50-70 oranında mineral yağ (çözücü) ve %15-20 oranında pigmentten oluşmaktadır.

1970'li yıllarda petrol fiyatlarının hızlı yükselişi nedeniyle mürekkeplerin yenilenebilir kaynaklardan sağlanabilmesi üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır. Bu kaynaklar arasında ilk akla gelen, fiziksel özellikleri mineral yağlara benzeyen bitkisel sıvı yağlardır.

Bu amaçla 1980 yılından itibaren Amerikan Gazete Yayıncıları Birliği (ANPA) tarafından araştırmalar başlatılmış ve 1985 yılında soya yağı bazlı "ilk generasyon" adı verilen bir mürekkep formülasyonu üretilmiştir (MOYNIHAN, 1983; MOYNIHAN, 1985a; MOYNIHAN, 1988b). Bu formülasyonda rafine soya yağı, resin, pigment ve antioksidan bulunmaktadır. Bu teknoloji gerek siyah, gerekse renkli basımlarda 1987'ye kadar kullanılmıştır. Daha sonra, Amerikan Tarım Teşkilatı (USDA) tarafından "ikinci generasyon" adı verilen ve yine so-

* American Society of Testing and Materials.

Çizelge 2. Dizel Yakıtı ve Soya Yağı Metil Esterlerinin Özellikleri

Özellik	Soya Yağı Metil Esterleri	Dizel Yakıtı
Asit sayısı (mg KOH/kg)	0.45	0
Su ve sedimentler maksimum (%)	<0.0005	0.01
Renk	0.5	3.5
Kül, maksimum (%)	0.001	0.01
Bağıl yoğunluk (15°C)	0.883	0.840
Destilasyon sıcaklığı (°C)		
- Başlangıç noktası	313	100.9
- %50	335	270.2
- %90	345	351.1
- %95	354	370.2
- Son nokta	357	380.5
- Verim	96	96,5
- Kalıntı	1,0	1,5
Karbon kalıntısı (mak.%)	0,19	0.08
Seten sayısı	51.8	51.0
Faz değişimi (°C)		
- Parlama noktası	118	64
- Bulutlama noktası	-3	-21
Viskozite, 37°C'de (dakika)	4.70	3.25
Kükürt	<0.01	<0.21

ya yağı bazı bir formülasyon daha geliştirilmiştir (ERHAN ve BAGBY, 1991, BAGBY ve ERHAN 1993). Bu karışımda petrol bazlı resin kullanımına gerek kalmamıştır. Yöntem olarak soya yağı istenilen viskoziteye kadar sabit sıcaklıkta polimerize edilmekte veya jel noktasına kadar belirli bir sıcaklıkta polimerize edildikten sonra, istenilen viskoziteye ulaşmak için bitkisel yağ (soya yağı) ile karışım yapılmaktadır. Yapılan bir çalışmada (ERHAN ve BAGBY, 1994), değişik yağların ısı uygulamasında polimerizasyon hız sabitleri hesap edilmiş ve en hızlı polimerize olan yağın aspir yağı olduğu, bunu soya, ayçiçek, pamuk ve kanola yağlarının takip ettiği belirlenmiştir.

Bir yağın mürekkep formülasyonlarında kullanılabilmesi için (CUNNINGHAM, 1992);

a) Serbest yağ asiti ve diğer hidrofilik bileşik miktarlarının minimum olması gerekmektedir. Kimyasal olarak rafine edilmiş bir yağ bu gereksinimleri karşılamaktadır.

b) Resini çözebilmesi ve kağıt tarafından absorbe edildiğinde bırakılmamasıdır. Resinin mürekkepte bazı fonksiyonları vardır. Bunlar; yağ içerisinde süspansiyon olan pigment miktarını artırmak, baskıdan sonra kağıt üzerindeki pigmentin etrafını sararak bulaşma etkisini engellemek ve mürekkebin reolojik özelliklerini geliştirmektir.

c) Yağ istenilen viskozitede olmalıdır. Eğer çok ince ise, hemen yüzeyden penetre olmakta ve diğer taraftan görünmektedir. Ayrıca hızlı penetrasyon resinin de yüzeyden penetre olmasına neden olmaktadır.

d) Yağ baskı makinelerini yağlayıcı özellikte olmalı, evapore olmamalı ve kurumamalıdır. Buna karşılık yüzeyde meydana gelen oksidasyon yağın bulaşma etkisini azaltmaktadır. Ancak yağ çok hızlı okside olmamalıdır.

e) Yağ mümkün olduğu kadar renksiz olmalıdır. Çünkü renkli yağlar renkli mürekkep üretimine uygun değildir.

Baskı işleminden sonra ortaya çıkacak atıkların uzaklaştırılması oldukça önemli bir işlemdir. Çevreye zararlı olmaları nedeniyle özellikle mineral yağlardan üretilen mürekkeplerin kullanımdan sonra atılmaları pahalı bir işlemdir. Buna karşılık soya yağından üretilen mürekkeplerin doğada parçalanma oranları oldukça yüksektir.

Soya yağı doğada 25 gün içerisinde hemen hemen tamamen parçalanmaktadır. %100 soya yağından üretilmiş bir taşıyıcı doğada %82-92 oranında, ANPA'nın ürettiği taşıyıcı %58-68 oranında ve petrol bazlı taşıyıcı ise sadece %20 oranında parçalanabilmektedir.

Günümüzde dijital printer mürekkebi olarak kullanılan karışımlar da petrol bazlı maddelerden elde edilmektedir. Bu taşıyıcılarda düşük viskozite ve özellikle yüksek elektriki rezistans önemlidir. Çünkü dijital baskıda, mürekkep elektrikle yüklenerek yüzeye uygulanmaktadır. Eğer taşıyıcının rezistansı düşükse; elektrik yükünden dolayı + ve - iyonlar birbirini çekmekte veya itmekte, böylece düzensiz bir basım gerçekleşmektedir.

Bitkisel yağların bu alanda da kullanılabileceği belirtildikten sonra yapılan çalışmalarda, soya yağı ve metil esterlerinin rezistansını, özellikle polar bileşiklerin etkilediği tespit edilmiştir (TEKİN ve HAMMOND, 1998a; TEKİN ve HAMMOND 1998b). Bu nedenle bu bileşikler gerek soya yağı, gerekse metil esterlerinden alumina absorpsiyonu ile uzaklaştırılmış ve rezistansta büyük değişimler gözlenmiştir. Metil esterlerin viskozite ve rezistansı, soya yağınınkinden daha düşüktür. Bu konuda çalışmalar halen devam etmekte olup, bitkisel yağların bazı dijital baskı formülasyonlarında kullanılabileceği belirtilmiştir.

3.1. Pazar Durumu

ABD'de yılda 130.000 ton tipo ve ofset basım mürekkebi üretilmektedir. Bu yılda 144.000 ton soya yağının bu alanda kullanılabileceğini göstermektedir. 1992 yılında 12.500 ton soya yağı bu alanda kullanılırken, 1997 yılında bu rakamın 40.000 ton olacağı tahmin edilmektedir.

Soya yağı petrolden daha pahalıdır. Siyah soya mürekkebinin fiyatı \$ 0.10 - 1.50 / lb arasında değişmektedir ve bu fiyat petrol fiyatından %25-100 oranında daha pahalıdır. Renkli mürekkepler (soya veya petrolden üretilmiş) pigmentten dolayı oldukça pahalıdır ve fiyatı \$ 3/lb civarındadır (ANONYMOUS, 1991). Gelecekte bütün baskı işlemlerinde soya bazlı mürekkepler kullanılabilir, ancak soya yağının daha hızlı kurummasını sağlayacak teknolojiler (genetik modifikasyonlar, polimerizasyonda katalizör kullanımı veya kimyasal ekstraksiyon) geliştirilmelidir. Yapılan bir araştırmada, polimerizasyonda katalizör kullanımının ısıtma süresini %25-30 oranında, uygulanan sıcaklığı da 25-30°C azalttığı tespit edilmiştir (ERHAN ve BAGBY, 1994).

KAYNAKLAR

- ALİ, Y., HANNA, M.A., CUPPETT, S.L., 1995. Fuel properties of Tallow and Soybean Oil Esters, J. Amer. Oil Chem. Soc., 72: 1557-1564.
- ANONYMOUS, 1991. Market Forecast, Industrial Bioprocessing. p.4-5.
- ANONYMOUS, 1994. Oil Esters as Diesel Fuel, J. Amer. Oil. World Annual, ISTA Mielke GmbH, Hamburg.
- BAGBY, M.D., 1987. Vegetable Oils for Diesel Fuels: Opportunities for Development, ASAE paper 87-1588, American Society of Automotive Engineers, 56. St. Joseph.
- BAGBY, M.O., FREEDMAN, B. SCHAVAB, A.J. 1987. Seed Oils for Diesel Fuels: Sources and Properties, ASAE Technical paper No. 87-1583, ASAE, Chicago, pp.1-16.
- BAGBY, M.O. ERHAN, S.Z. 1993 U.S. patent, 5122188.
- CHANG, D.Y.Z., GERPEN, J.H.V., LEE, I., JOHNSON, L.A., HAMMOND, E.G. MARLEY, S.J., 1996. Fuel Properties and Emissions of Soybean Oil Chem. Soc. 73: 1549-1555.
- CUNNINGHAM, H.W. 1992. Soy printing ink. Annual Agricultural Outlook Conference, United States Dept. Of Agric., Washington D.C., 354-357.
- DUNN, R.O., SHOCKLEY, M.W., BAGBY, M.O. 1996. Improving the Low-Temperature Properties of Alternative Diesel Fuels: Vegetable Oil-Derived Methyl Esters, J. Amer. Oil Chem. Soc. 73: 1719-1728.
- ERHAN, S.Z., BAGBY, M.O. 1991. Lithographic and Letterpress Ink Vehicles from Vegetable oils, J. Amer. Oil Chem. Soc., 68: 635-638.
- ERHAN, S.Z., BAGBY, M.O. 1994 Polymerization of Vegetable Oils and Their Uses in Printing inks. J. Amer. Oil Chem. Soc., 71:1223-1226.
- GOERING, C.E., SCHWAB, A.W., DAUGHERTY, M.J., PRYDE, E.H., HEAKIN, A. J. 1982. Fuel Properties of Eleven Vegetable Oils, Trans. Of the ASAE, 25; 1472-1483.
- JOHNSON, L.A. MYERS, D.J. 1995. Industrial Uses for Soybeans, Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization, Ed. D.R. Erickson, AOCS Press Illinois, 380-427.
- KUSY, P.F. 1982. Transesterification of Vegetable Oils for Fuels, Vegetable Oil Fuels, Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels, Amer. Soc. Agric. Eng. Michigan. 127-137.
- LEE, I., JOHNSON, L.A. HAMMOND, E.G. 1995. Use of Branched Chain Esters to Reduce the Crystallization Temperature of Biodiesel, J. Amer. Oil Chem. Soc. 72:1155-1160.
- MOYNIHAN, J.T., American Newspaper Publishers Association, 1983, U.S. Patent, 4419132.
- MOYNIHAN, J.T., American Newspaper Publishers Association, 1985a, U.S. Patent, 4519841.
- MOYNIHAN, J.T., American Newspaper Publishers Association, 1985b, U.S. Patent, 4554019.
- OHLSON, R. 1992. Nodfood Products Utilizing Vegetable Oils, Proceeding of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization. Ed. Applewhite, T.H., AOCS press, 221-223.
- RICHTER, H.J., KNOU, J. 1984. Challenges to a mature Industry; Marketing and Economics of Oleochemicals in Western Europe, J. Amer. Oil Chem Soc. 61: 160-175.
- TEKİN A., HAMMOND, E.G. 1998a. Factors Affecting Electrical Resistivity of Soybean oil. J. Amer. oil Chem. Soc., (In print).
- TEKİN, A., HAMMOND, E.G., 1998b. Factors Affecting Electrical Resistivity of Soybean Oil Methyl Esters, J. Amer. Oil Chem. Soc., (In Print).
- WAGNER, L.E., CLARK, S.J., SCHROCK, M.D. 1984. Effects of Soybean Oil Esters on the Performance, Lubricating Oil, and Wear of Diesel Engines, Paper No. 84-1385. American Society of Automotive Engineer, Warnendile, 57-72.