

## LİPİD BAZLI BİYOAKTİF BİLEŞİKLER\*

### LIPID-BASED BIOACTIVE COMPONENTS

Mehmet BAYAZ<sup>1</sup>, Cesur MEHENKTAŞ

Ege Üniversitesi Tire Kutsan Meslek Yüksekokulu, İzmir

**ÖZET:** Yağ tüketiminin sağlığı olumsuz yönde etkilediği görüşü bütün dünyada yaygındır. Bu görüş; beslenme uzmanları, sağlık kuruluşları, basın-yayın organları ve tüketici örgütlerinin, yağ tüketimi ile çeşitli kronik hastalıklar arasında kurulan yakın ilişki nedeniyle diyetteki yağ miktarının azaltılması gerektiği yönünde yaptıkları sürekli uyarılar sonucu oluşmuştur. Birtakım araştırmacılar yağ tüketimi üzerinde yürütülen bu olumsuz kampanyayı bir yanılgı olarak değerlendirmektedir. Bu araştırmacılar, diyetle dengeli miktarlarda alınan yağın sağlık üzerinde birçok yararlı etkilere sahip olduğunu vurgulamaktadırlar. Yağların kalitesi geçmişte tat, koku ve renk gibi duyuşsal karakteristikler ile belirlenirken, günümüzde çoklu doymamış yağ asitleri, orta zincir uzunluğuna sahip trigliseritler, tokoferoller ve tokotrienoller, bitkisel steroller, fenolik bileşikler, fosfolipidler ve squalen gibi biyoaktif bileşiklerin varlığı ile ilişkilendirilmektedir. Geleneksel rafinasyon işlemi yemeklik yağların besin değerini düşürebilmektedir. Ancak yeni geliştirilen bazı rafinasyon teknikleriyle yada geleneksel yöntemlerin bazı parametreleri üzerinde yapılan modifikasyonlarla, bu bileşiklerin yağlarda daha fazla alıkonması sağlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoaktif bileşikler, lipid, rafinasyon, süperkritik sıvı fraksiyonasyonu.

**ABSTRACT:** The opinion that consumption of oils and fats negatively affects human health is common worldwide. This opinion has been formed as a result of the continual advice given by nutritionists, health organizations, media, and consumer advocacy groups towards the need for reduction of amount of oils and fats in the diet due to the close relation between oil and fat consumption and various chronic diseases. This negative campaign carried out on oil and fat consumption has been considered as a mistake by a number of researchers. These researchers emphasize that oils and fats taken in moderate amounts with the diet have many beneficial effects on health. While, in the past, the quality of oils and fats was determined by sensory characteristics such as taste, odour, and colour, it is now correlated with the presence of bioactive compounds such as polyunsaturated fatty acids, medium-chain triglycerides, tocopherols and tocotrienols, phytosterols, phenolic compounds, phospholipids, and squalene. Traditional chemical refining process may reduce the nutritive value of edible oils and fats. However, by the use of some newly developed refining techniques or by modifications on some parameters of traditional methods, these compounds are ensured to retain more in oils and fats.

**Keywords:** Bioactive components, lipid, refining, supercritical fluid fractionation.

### GİRİŞ

Yemeklik katı ve sıvı yağlar insan beslenmesinde elzem besin öğeleridir. Son yıllarda artan tüketici bilinci ve beslenme bilimindeki gelişmeler, yemeklik katı ve sıvı yağların yarar ve zararları konusundaki tartışmaları arttırmış bulunmaktadır. Son 40 yıl içerisinde ortaya çıkan sağlık sorunlarının başında gelen kalp-damar hastalıklarının oluşumunda, doymuş yağ asitleri ve *trans* yağ asitlerinin önemli rolü olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle özellikle ABD'nde tropik bitki yağlarına karşı bir kamuoyu oluşmuş, ayrıca yağ işleme yöntemlerinin çoğunlukla kimyasal tekniklere dayanmasından dolayı sağlıksız olduğu inancı oldukça yaygınlaşmış bulunmaktadır. 1994 yılında İsveç ve İngiltere'de hidrojenasyon işlemine karşı, "hidrojen bombasından biraz daha az tehlikelidir" sloganıyla protesto gösterileri düzenlenmiştir (Wesdorp 1996).

\* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

<sup>1</sup> E-posta: bayaz@bornova.ege.edu.tr

Günümüzde birçok devlet gıda mevzuatlarını kalp-damar hastalığı, şişmanlık ve şeker hastalığı gibi bazı kronik hastalıkları önleyecek şekilde revize etmekte ve halklarını da bu konuda sürekli olarak bilgilendirecek yayınlar yapmaktadır. Örneğin ABD'nde beslenme yönetmeliği 5 yılda bir, son araştırma sonuçlarına dayanarak yeniden revize edilmektedir. Bu yönetmeliğin en son versiyonunda (USDA/HHS 2000) önceki versiyonlardaki ile benzer şekilde, "diyetle alınan toplam yağ miktarının günlük enerji gereksiniminin %30'unu, doymuş yağ miktarının da %10'unu aşmayacak şekilde ayarlanması gerektiği" yinelenmekte, ancak önceki versiyonda yer alan "toplam yağ, doymuş yağ ve kolesterolü düşürünüz" ifadesi yerine, "doymuş yağ ve kolesterolü düşürünüz, toplam yağ miktarını ise orta düzeylerde tutunuz" ifadesi yer almaktadır.

Gerçekte katı ve sıvı yağların sağlık üzerindeki olumsuz etkisi onların fazla miktarlarda tüketilmeleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Yağ tüketiminin yol açtığı olumsuzlukları ortaya koyan birçok çalışmada diyetten yağların tamamen çıkarılması gerektiği savunulmaktadır. Bazı araştırmacılar da bu görüşe karşı çıkarak, bunun bir talihsizlik olduğunu; vücuttaki lipid metabolizmasının oldukça karmaşık olarak gerçekleştiğini; ortaya çıkan olumsuzlukların bilimsel yönden basit ve direkt bir açıklamasının olmadığını belirtmekte ve sağlıklı bir beslenme için dengeli yağ alımının kaçınılmaz bir gerçek olduğunu vurgulamaktadırlar.

Lipid ve lipid türevli bileşikler hastalıkların önlenmesinde ve büyümede önemli rol oynamaktadır. Yağlar, karbonhidratlar ve proteinlere göre daha fazla enerji verirler. Aynı zamanda yağların vücudun ısı yalıtımına katkıda bulunmak, iç organları dış fiziksel etkilere karşı korumak gibi yararları da vardır. Lipidler gıda ürünlerinin tekstür, lezzet ve sindirilebilirliğini de iyileştirmektedir. A, D, E, K gibi vitaminlerin de ana kaynağını oluşturan yağlar, linoleik ve linolenik asit gibi elzem yağ asitlerini içermeleri nedeniyle beslenmede yaşamsal önem taşımaktadır. Fosfolipidler, glikolipidler ve kolesterol vücutta hücre membranlarının yapısını oluşturmaktadır. Lipidler ayrıca vücuttaki biyokimyasal regülasyon sistemlerinin düzenlenmesinde; prostoglandinler, steroid hormonları ve safra asidi gibi yararlı biyolojik aktif bileşiklerin oluşumunda (öncül madde olarak) görev alırlar (Dunford 2001).

## **Biyoaktif Bileşikler**

### **Çoklu Doymamış Yağ Asitleri**

Çoklu doymamış yağ asitleri iki ve daha fazla sayıda çift bağ içeren yağ asitleridir. Birçok çoklu doymamış yağ asidi beslenme ile ilişkili hastalıkların önlenmesinde elzem yağ asitleri olarak tanımlanmaktadır. İnsan vücudu linoleik ve linolenik asitleri sentezleyemez. Bu nedenle bu yağ asitlerinin diyetle birlikte alınması zorunludur.

**Linoleik asit**, 18 karbonlu *cis-9,cis-12* konfigürasyonuna sahip iki çift bağlı bir yağ asididir. Konjuge linoleik asit (KLA), linoleik asidin geometrik ve pozisyonel izomerlerinin bir grubuna verilen isimdir. Konjuge çift bağlar 9,11 yada 10,12 pozisyonlarında ve *cis-* yada *trans-* konfigürasyonlarında olabilmektedir. Günümüzde KLA'in antikarsinojenik, antiaterojenik ve vücutta yağ birikimini önleyici etkileri olduğu bilinmektedir (Ha, Grimm ve Pariza 1989). KLA'in *cis-9,trans-11* ve *trans-10,cis-12* izomerlerinin en aktif izomerler olduğuna inanılmaktadır. Süt yağı, peynir, et ve et ürünleri ve bitkisel yağlar KLA'in diyetetik kaynaklarıdır. Hayvansal kaynaklar, bitkisel kaynaklardan KLA bakımından daha zengindir. Genellikle geniş getiren hayvanların etleri ve sütleri diğer gıdalara göre daha fazla KLA içermektedir. Örneğin siğir eti, kuzu eti ve dana eti 3-6 mg/g yağ oranında KLA içerirken; domuz eti, tavuk eti ve hindi eti 1mg/g yağ oranından daha düşük miktarda KLA içermektedir. Yağ, jel, kapsül ve toz formlarındaki ticari KLA karışımları beslenmeyi destekleyici ürünler olarak ABD'nde piyasada bulunmaktadır (Dunford 2001).

**$\gamma$ -Linolenik asit (GLA)**, son on yıldan bu yana bazı hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. GLA'in iltihaplanmayı azaltmada, diyabetik nöropati, atopik egzema ve bazı kanser türlerinin tedavisinde etkili olduğu iddia edilmektedir. GLA'in önemli kaynakları arasında eşekotu adıyla da bilinen çuha çiçeği (evening primrose) yağı ve siğirdili veya yıldızçiçeği adlarıyla da bilinen hodan (borage) yağı önde gelmektedir. Keten tohumu ya-

ği da bu kaynaklar arasına yeni eklenmiştir. Hodan yağı; yaşlanmayla ortaya çıkan hastalıklar, alkolizm, hiperaktivite, kalp-damar hastalıkları gibi hastalıklar ile mide-barsak sistemi, jinekolojik, nörolojik ve immünolojik bozuklukların tedavisinde kullanılmaktadır (Broadhurst ve Winther 2000).

**$\alpha$ -Linolenik asit (ALA)**, bir linolenik asit izomeridir. Keten tohumu yağının sağlık üzerindeki yararları, bu yağın yüksek oranda içerdiği ALA miktarına bağlanmaktadır. ALA'in eikosanoidlerin üretimini durdurduğu, birçok prostanoidlerin üretimini değiştirdiği, hipertansiyondaki yüksek kan basıncını, trigliserit ve kolesterolü düşürdüğü rapor edilmiştir (Oomah ve Mazza 1999). Diyetetik ALA tümör gelişimini yavaşlatmaktadır. Ayrıca ALA'in doğum öncesinde ve doğum sonrasında bebeklerin optimum nörolojik gelişimi için elzem bir bileşik olduğu da belirtilmiştir. Keten tohumu, kolza ve ceviz yağları ALA bakımından zengin kaynaklardır (Dunford 2001).

**$\omega$ -3 Yağ asitleri**, koroner kalp hastalığı, hipertansiyon, tip 2 diyabet, böbrek hastalığı, romatizmal arterit, kalınbağırsak iltihabı, kronik akciğer hastalığı gibi hastalıkları önleyici; beyin gelişmesi ve büyümesine yardım edici etkiler sergiler (Simopoulos 1999). Eikosapentaenoik asit (EPA; C<sub>20:5</sub>) ve dokosahegzaenoik asit (DHA; C<sub>22:6</sub>) insan sağlığı üzerindeki yararlı etkileri belirlenmiş olan iki önemli çoklu doymamış yağ asitleridir. Bununla birlikte  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 yağ asitleri dengesi, doz-hastalık ilişkisi, büyüme ve gelişmedeki etki mekanizması ve hastalık direnci hakkında bilinmeyenleri ortaya koyan çalışmalar konusunda büyük bir boşluk bulunmaktadır.  $\omega$ -3 çoklu doymamış yağ asitlerinin ana kaynağı balık ve mikroalglerdir. Günümüzde ABD'nde bu yağ asitlerini içeren birçok ürünün yasal olarak satışına izin verilmektedir (Dunford 2001).

#### **Tokoferoller ve Tokotrienoller**

Bunlar birbiriyle yakın ilişkili yağda çözünen bileşiklerdir ve "E vitamini" olarak bilinmektedir. Tokoferol ve tokotrienoller kimyasal yapı bakımından birbirine benzerler. Tokoferoller, yan zincirindeki metil grubunun yeri ve sayısına bağlı olarak  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - ve  $\delta$ - tokoferol olarak 4 farklı formda bulunurlar. Tüm tokoferol formları antioksidan özellik gösterir.  $\alpha$ -Tokoferol vitamin aktivitesi en yüksek olan tokoferol türüdür (Azzi ve Stocker 2000). Son yıllarda tokoferollerin kalp hastalığı ve bazı kanser türleri gibi kronik hastalıkların tedavisinde önemli role sahip olduğu yönünde güçlü kanıtlar elde edilmiştir. Yağlı tohumlar ve bitki yaprakları doğal tokoferol kaynaklarıdır.

Tokoferol ve tokotrienoller yan zincirlerinin doymuşluk durumuna göre birbirinden ayrılırlar. Tokoferollerde yan zincir doymuş bir yapıya sahipken, tokotrienollerin yan zinciri üçlü doymamış yapıya sahiptir. Son bulgularda tokotrienollerin tokoferollerden daha güçlü antioksidanlar olduğu, hipokolesterolemik, antitrombotik ve antitümör özellikleri nedeniyle hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde etkili bir diyetetik ajan olarak etki gösterdikleri belirtilmektedir (Theriault, Chao, Wang, Gapor ve Adeli 1999). Tokoferollerin tersine tokotrienoller bitkilerin yeşil kısımlarında değil, tohum ve hububatların ruşeym ve kepek kısımlarında bulunmaktadır.

Günlük olarak alınması önerilen E vitamini miktarı yaklaşık 30 mg'dır. Bu miktar, iki yemek kaşığı soya veya palm yağındaki tokoferol miktarına eşittir.

#### **Fitosteroller**

Bitkisel yağlarda yağın sabunlaşmayan kısmının önemli bir bölümünü oluştururlar. Fitosteroller, kolesterolün yan zincirlerinde yer alan metil yada etil grubu ile farklılaşırlar. Yağlarda serbest yada esterleşmiş olarak bulunmaktadır. Glikozidler, ferulik asit yada yağ asitleri ile esterleşebilirler. Orizanol olarak bilinen ferulik asitle esterleşmiş olan sterolün antioksidatif, hipolipidemik, büyümeyi ve hipotalamus aktivitesini artırıcı etkileri olduğu saptanmıştır (Jones ve Ntanos 1998). Pirinç yağı fitosteroller, tokoferoller ve tokotrienoller gibi besleyici yararlı bileşikler bakımından mükemmel bir kaynaktır. Pirinç yağının sağlığa yararları, içerdiği yüksek düzeydeki orizanole bağlanmaktadır.

#### **Squalen**

Squalen ve hidrojene formu, balık karaciğeri yağında doğal olarak bulunan terpenoid hidrokarbonlardandır. Squalen vücutta kolesterolün biyosentezinde görev alır. Ayrıca antitümör, antibakteriyel ve antikarsino-

jenik özellikleri de saptanmıştır. Hastalıkların tedavisinde squalen mekanizması tam olarak aydınlatılmamıştır (Nakamura, Tonogai, Tsumara, Shibata ve Uchiyama 1997).

Squalen Japonya'da "shinkaizame-ekisu" (derin denizlerde yaşayan bir köpekbalığı türünün karaciğeri-nden elde edilen yağ) adı verilen sağlığa yararlı bir gıda ve Güneydoğu Asya'da kronik deri ve karaciğer hastalıklarının tedavisinde doğal bir ilaç olarak kullanılmaktadır (Nakamura vd 1997). Doğal squalenin ana kaynağı deniz ürünleri olmasına rağmen, deniz hayvanlarının korunması ile ilgili uluslararası anlaşmalar gereği, arazi bitkisel kaynaklara yönelmiştir. Zeytinyağı, horozibiği çiçeği yağı squalence zengin bitkisel kaynaklardır.

### **Fosfolipidler**

Trigliseritlerden farklı olarak genellikle molekülünde sadece iki yağ asidi bulunur. Gliserolün üçüncü hidroksil grubu, fosforik asit ve azot kalıntısı içeren alifatik bir zincirle esterleşmiştir. Fosfolipidler; gıda, yem, farmasötikler ve birçok endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılan önemli doğal emülgatörlerdir. Canlı hücrelerin önemli yapı taşlarından biri olan fosfolipidler en çok yumurta sarısı (%8-10), tereyağı (%0.5-1.2) ve bitkisel yağlarda (%0.5-3.7) bulunur. Başlıca ticari kaynak soya lesitindir. Bu ürün fosfolipid ve trigliseritlerin bir karışımıdır. Fosfatidil kolin (lesitin) çeşitli metabolik hastalıkları tedavi edici, kolesterol düzeyini düşürücü, hayvanlarda ve insanlarda öğrenme ve hafızayı güçlendirici özellikler göstermektedir (Dunford 2001).

### **Orta Zincir Uzunluğuna Sahip Trigliseritler**

Bunlar zincirinde 8-10 arasında karbon atomu bulunduran yağ asitlerinden oluşan trigliseritlerdir. Bu trigliseritler yemeklik yağların kötü absorpsiyonu sonucu ortaya çıkan hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca, anne karnındaki bebeğin önemli bir besin kaynağını oluşturmaktadır (Willis ve Marangoni 1999). Hindistan cevizi ve palm çekirdeği yağları doğal kaynaklardır.

## **Teknolojik İşlemler**

### **Rafinasyon**

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı katı ve sıvı yağların rafinasyonu ham yağlarda bulunan istenmeyen bileşiklerin yağdan uzaklaştırılması işlemidir. Geleneksel kimyasal rafinasyonun ilk aşaması olan degumming (reçin maddelerin giderilmesi) aşamasında fosfolipidler önemli oranda yağdan uzaklaştırılmaktadır. Bu bileşikler yağdan uzaklaştırılmadıkları takdirde depolama aşamasında yağda çökerek kötü bir görüntü oluşturduklarından yağda bulunmaları istenmez. Nötralizasyon işlemi ile serbest yağ asitleri uygun bir alkali çözeltisi ile sabunlaştırılarak yağdan uzaklaştırılmaktadır. Yağların diğer bir bileşeni olan renkli pigmentler, renk açma işleminde aktifleştirilmiş ağartma toprağı kullanılarak yağdan ayrıldıktan sonra, rafinasyonun son aşaması olan deodorizasyon aşamasında da istenmeyen tat ve kokular yağdan buharlaştırılarak uzaklaştırılırlar (Dunford 2001).

Bu işlemler sırasında istenmeyen bileşikler ile birlikte yararlı bileşikler de yağdan uzaklaştırıldığından veya kimyasal değişikliğe uğradığından yağların besleyici değeri düşmektedir. Gutfinger ve Letan (1974), ham soya yağında bulunan fitosterollerin önemli bir kısmının nötralizasyon işlemi ile yağdan uzaklaştırıldığını belirtmektedirler. Rafine soya yağı, ham yağa göre %25-32 oranında daha az fitosterol içermektedir. Ham pirinç yağı yaklaşık %1.5 gibi yüksek oranda orizanol içermesine karşın, ticari rafine pirinç yağında orizanol tespit edilmemiştir (Dunford ve King 2000). Rafinasyon işlemi sırasında yağdan uzaklaştırılan fitosteroller, nötralizasyon işleminin yan ürünü olan sabun çözeltisi ve deodorizasyon destilatında birirmektedir.

Fitosteroller deodorizasyon destilatından saflaştırılma yoluyla elde edilmektedir. Geleneksel fitosterol saflaştırma yöntemleri işlem maliyeti yüksek sıvı-sıvı ekstraksiyonu, transesterifikasyon, interesterifikasyon, moleküler destilasyon ve kristalizasyon gibi temel işlemlerden oluşmaktadır. Deodorizasyon destilatından elde edilen fitosteroller serbest fitosterollerdir. Serbest fitosterollerin gıdalar içindeki çözünürlüğü oldukça düşük olduğundan bunlar esterleştirildikten sonra zenginleştirme amacıyla kullanılır.

### **Süperkritik Sıvı Fraksiyonasyonu**

Dunford ve King (2000) süperkritik sıvı fraksiyonasyonu teknolojisini yağların fitosterollerce zenginleştirilmesi amacıyla kullanmışlardır. Bu yöntem işlemler sırasında yağda daha fazla fitosterol kalmasını sağlayarak dolaylı bir zenginleştirme sağlamaktadır. Araştırmacılar, yüksek basınçlı paket tip fraksiyonasyon kolonu kullanarak pirinç yağının fitosterol bileşimine benzer bileşimde margarin üretmişlerdir. Fitosterollerce zenginleştirilmiş birçok ticari margarin başlıca fitosterollerin yağ asidi esterlerini içerirken, süperkritik sıvı fraksiyonasyonu yöntemi kullanılarak üretilen margarinlerde ise hem fitosteroller, hem de orizanolün yağ asidi esterleri birlikte bulunmaktadır.

Gutfinger ve Letan (1974) yağlarda doğal olarak bulunan tokoferoller üzerine geleneksel rafinasyon aşamalarının etkisini araştırmışlar ve deodorizasyon işlemi sırasında yağın tokoferol içeriğinin %32 gibi önemli oranda bir düşme gösterdiğini saptamışlardır. Deodorizasyon destilatı tokoferollerce zengin olduğundan, E vitamini eldesinde önemli bir kaynaktır. Avrupa ülkelerinde tokoferollerin yağda daha fazla kalmasını sağlayan fiziksel rafinasyon yöntemi tercih edilirken, ABD'nde daha çok kimyasal rafinasyon yöntemi kullanılmaktadır. Çift sıcaklık etkili deodorizatör (dual temp deodorizer) ile kısa yollu destilasyon (short path distillation) yağlarda daha fazla tokoferol kalmasını sağlamak üzere dizayn edilmiş daha yeni tekniklerdir (Cmolik ve Pokorny 2000).

### **Biyoteknoloji**

Günümüzde biyoteknoloji, diğer birçok alanda olduğu gibi lipid üretim yöntemlerinde de yeni bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Yağlı tohum ve hammaddelerin yağ asidi ve lipid bileşimi ile agronomik özelliklerinin iyileştirilmesinde genetik mühendisliğinden yararlanma; lipid ve lipid olmayan karbon kaynaklarından katı ve sıvı yağların üretimi için mikroorganizmaların kullanımı; ve saf enzim yada mikrobiyal hücreler yardımıyla katı ve sıvı yağların yağ bazlı katma değerli ürünlere biyotransformasyonu gibi teknikler lipid biyoteknolojisinin günümüzde hızla genişleyen üç araştırma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Konjuge linoleik asit (KLA) üretimi, gıda katkı maddesi üreten firmaların bu alandaki çalışmalarına mükemmel bir örnek oluşturmaktadır. KLA tamamen organik sentezle üretilebildiği gibi; fermentasyon, enzimatik izomerizasyon ve genetik mühendisliği/biyomühendislik olanaklarından yararlanılarak da üretilebilmektedir. Geleneksel organik sentez, maliyeti yüksek bir yöntemdir ve aynı zamanda elde edilen ürün bir KLA izomerleri karışımıdır. Biyomühendislik, yağ asidi bileşiminin önemli bir kısmını KLA izomerlerinin oluşturduğu yağların üretilebilmesini olanaklı kılmaktadır. Bu yöntemle üretim ucuz olmasına karşın, istenen genetik özelliklerin keşfedilmesinin uzun zaman gerektirmesi ve genetik modifikasyonlara karşı olan tüketicilerin ürünleri reddetme riski gibi olumsuzluklar, yöntemin dezavantajlarını oluşturmaktadır (Willis ve Marangoni 1999).

Pariza ve Yang (1999), linoleik asit izomeraz içeren mikroorganizmaların linoleik asidi KLA'e çevirebildiklerini belirtmektedir. Bu nedenle fermentasyon ve linoleat izomeraz içeren mikroorganizmaların kullanımı yoluyla KLA üretimi organik senteze bir alternatif olarak görünmektedir. Ayrıca izomeraz ve konjugaz aktivitesi gösteren saf enzimler de KLA üretiminde kullanılabilir. Yüksek seçiciliğe sahip olmaları nedeniyle mikroorganizmalar ve saf enzimlerin kullanımı büyük bir avantaj oluşturmaktadır (Dunford 2001).

Lipid bazlı fonksiyonel gıdalar ve nutrasetiklerin üretimi için diğer bir biyoteknoloji uygulaması, orta zincir uzunluğuna sahip trigliseritlerin üretimidir. Orta zincir uzunluğuna sahip yağ asitlerince zengin doğal kaynaklar, elzem yağ asitleri ve çoklu doymamış yağ asitlerini düşük oranlarda içerirler. Orta zincir uzunluğuna sahip yağ asitleri, çoklu doymamış yağ asitleri ve diğer elzem yağ asitlerince zenginleştirilmiş modifiye lipidler, doğal yağların kimyasal hidrolizi ve tesadüfi esterifikasyonu yada interesterifikasyonu yoluyla ticari olarak üretilmektedir. Alkali metaller veya alkali metal alkilatlarının katalizörlüğünde gerçekleşen kimyasal interesterifikasyon, yüksek sıcaklık ve uzun işlem süresi gerektirmekte, çoğunlukla da tesadüfi esterifikasyona ve bazı istenmeyen yan reaksiyonlara neden olmaktadır.

Bir yağın orta zincir uzunluğuna sahip yağ asitlerince zenginleştirilmesi, orta zincir uzunluğuna sahip trigliseritlerin uzun zincirli trigliseritlerle harmanlanması yoluyla da yapılabilmektedir. Ancak, sindirim sırasında uzun zincirli trigliseritlerin doğal absorpsiyon hızları değişmediğinden, bu yöntemle hazırlanan ürünün sindirimle ilgili karakteristiklerinde bir iyileşme olmamaktadır. Bu nedenle, gliserolün belirli bir pozisyonuna istenen bir yağ asidinin bağlanması sağlandığı özel trigliseritlerin üretiminde enzim biyoteknolojisinin kullanımı, üzerinde yoğun olarak çalışılan konulardan biridir. Lipazların katalizörlüğünde nisbeten daha ılımlı koşullarda yürütülen esterifikasyon ve transesterifikasyon işlemlerinde, istenmeyen yan ürünlerin oluşumu çok düşük düzeylerde gerçekleşmektedir. Bu nedenle enzimatik yolla üretilen bu ürünlerin, tüketicilerin tıbbi ve beslenme amaçlı doğal lipid gereksinimini daha fazla karşıladığı söylenebilir (Akoh 1995).

## KAYNAKLAR

- Akoh C. 1995. Structured lipids-enzymatic approach. Inform, 6: 1055-1061.
- Azzi A and Stocker A. 2000. Vitamin E: Non-antioxidant roles. Progress Lipid Res., 39: 231-255.
- Broadhurst CL and Winther M. 2000. Evening primrose oil: Pharmacological and clinical applications. In *Herbs, Botanicals and Teas as Functional Foods and Nutraceuticals*, G Mazza and BD Oomah (eds), pp. 265-291, Technomic Pub. Co. Inc., Lancaster PA.
- Cmolik J and Pokorny J. 2000. Physical refining of edible oils. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102: 472-486.
- Dunford NT. 2001. Health benefits and processing of lipid-based nutritional. Food Technology, 55 (11): 38-44.
- Dunford NT and King JW. 2000. Phytosterol enrichment of rice bran oil by a supercritical carbon dioxide fractionation technique. J. Food Sci., 65: 1395-1399.
- Gutfinger T and Letan A. 1974. Quantitative changes in some unsaponifiable components of soya bean oil due to refining. J. Sci. Food Agric., 25: 1143-1147.
- Ha YL, Grimm NK and Pariza WM. 1989. Newly recognized anticarcinogenic fatty acids: Identification and quantification in natural and processed cheese. J. Agric. Food Chem., 37: 75-81.
- Jones JH and Ntanos E. 1998. Comparable efficacy of hydrogenated versus nonhydrogenated plant sterol esters on circulating cholesterol levels in humans. Nutr. Rev., 56: 245-252.
- Nakamura Y, Tonogai Y, Tsumara Y, Shibata T and Uchiyama M. 1997. Effect of dietary squalene on the fecal steroid excretions and the lipid levels of serum and the liver in the rat. Nutr. Res., 17: 243-257.
- Oomah BD and Mazza G. 1999. Health benefits of phytochemicals from selected Canadian crops. Trends Food Sci. Technol., 10: 193-198.
- Simopoulos, AP. 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. Am. J. Clin. Nutr., 70: 560S-569S.
- Theriault A, Chao J, Wang Q, Gapor A and Adeli K. 1999. Tocotrienol: A review of its therapeutic potential. Clin. Biochem., 32(5): 309-319.
- USDA/HHS. 2000. Dietary guidelines for Americans. www.usda.gov/cnpp (20.02.2004).
- Wesdorp LH. 1996. Current trends in oil processing. Lipid Technol., 11: 129-135.
- Willis WM and Marangoni AG. 1999. Biotechnological strategies for the modification of lipids. Biotech. Gen. Eng. Rev., 16: 141-175.