

## OBEZİTE ile MÜCADELEDE YENİ BİR YAKLAŞIM: DİGLİSERİT YAĞ

Şükran Kuleaşan\*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu, Atabey-Isparta

Geliş tarihi / Received: 25.05.2013

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 26.07.2013

Kabul tarihi / Accepted: 06.09.2013

### Özet

Son yıllarda digliserit yağın yemeklik yağ olarak kullanımına yönelik çalışmalar ilgi odağı haline gelmiştir. Yemeklik digliserit yağ sıvı karakterde olup, yaklaşık %80-81 oranında digliserit içermektedir. Fizikokimyasal özellikleri bakımından trigliserit yağlara oldukça benzerlik gösteren bu yağın ayrıca yeni ürün geliştirmeye yönelik kendine has kristalizasyon ve plastisite özellikleri de vardır. İnsanlarda ve hayvan besleme deneyleri ile yapılan çalışmalarda, digliserit yağın trigliserit yağdan farklı bir şekilde metabolize olduğu; bu nedenle de digliserit yağın, vücuttaki yağ kitlesinin azalmasında, hipertrigliseridemi ve beraberinde seyreden hipertansiyonun baskılanmasında, kalp damar sağlığı bakımından yüksek risk grubundaki bireylerin kan serumundaki lipit ve insülin değerlerindeki dalgalanmaların kontrol altına alınmasında etkili olduğu bildirilmiştir. Bu makalede digliserit yağ ve sağlık ilişkisi hakkında bilgi verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Digliserit yağ, obezite, sağlık.

## A NEW APPROACH to COUNTERACTING OBESITY: DIACYLGLYCEROL OIL

### Abstract

Recent years studies on the use of diacylglycerol oil in as edible oil has become focus of attention. Diacylglycerol oil has liquid character and contains about 80-81% of diglycerides. Diacylglycerol oil is very similar to triacylglycerol oil in terms of physicochemical properties. Besides, it has unique crystallization and plasticity characteristics features for the development of new products. Human studies and animal feeding experiments have shown that diacylglycerol oil is metabolized in a different pathway than that of triacylglycerol oil. Therefore, diacylglycerol oil has been reported to be effective on decreasing body fat mass, suppression of hypertriglyceridemia together with hypertension, controlling fluctuations of blood serum lipids and insulin in high risk-group individuals for cardiovascular problems. This article provides information about the relationship between diacylglycerol oil and health.

**Keywords:** Diacylglycerol oil, obesity, health.

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ sukrankuleasan@sdu.edu.tr, © (+90) 246 271 3036,

☎ (+90) 246 271 3035

## GİRİŞ

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kişilerin alım gücünün artmasına paralel olarak, kısıtlı zaman-hızlı yaşam ve birçok nedenden hazır gıdaların tüketimine olan eğilim artmaktadır. Teknolojinin hayatımıza daha fazla girmesi sonucu fiziksel aktivitenin azalması, başta aşırı kilo veya obezite olmak üzere beraberinde birçok sağlık sorununu doğurmaktadır. Gliseritler, içerdikleri yağ asitlerinin zincir uzunluğuna bağlı olarak ortalama 9.3 kcal/g enerjiye sahiptirler ve vücut ısısı için önemli bir enerji kaynağıdır. Yağların kimyasal bileşimi ve tüketim şekilleri sağlık açısından büyük bir önem taşımaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılan sınıflandırmaya göre beden kitle indeksi 25 kg/m<sup>2</sup> ve üzerinde değere sahip bireyler aşırı kilolu, 30 kg/m<sup>2</sup> ve üzerinde değere sahip bireyler ise obez olarak kabul edilmektedir (1). Aşırı kilo ve obezite şeker hastalığı, kalp-damar hastalıkları ve kanser gibi bir dizi kronik hastalıklar için önemli risk faktörleridir. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2008 yılı raporlarında, bir milyar dört yüz milyon yetişkinin aşırı kilolu ve bunların yaklaşık 500 milyonunun obez olduğu; 2011 yılında ise beş yaş altı aşırı kiloya sahip kırk milyon çocuk olduğu belirtilmektedir (1). Son yıllarda hem obezite ile mücadele hem de kalp damar sağlığını korumak amacıyla yürütülen çalışmalar sonucunda, katı ve sıvı yağların besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmeye yönelik yöntemlerde oldukça ilerleme sağlanmıştır. Bu ilerlemeler neticesinde fonksiyonel lipitler ilgi odağı haline gelmiştir. Fonksiyonel lipitler, kimyasal veya enzimatik interesterifikasyon yöntemleri kullanılarak, trigliserit molekülündeki yağ asitlerinin ve/veya gliserol molekülündeki yerleşimlerinin değiştirildiği lipitlerdir (2-5). Gliserol molekülüne bağlı yağ asitlerinin sayısı, molekül ağırlığı, doymamışlık derecesi ve yağ asitlerinin gliserol molekülündeki konumsal dağılımı, katı ve sıvı yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra vücuttaki metabolizmasını belirleyen faktörlerdir (6-13).

### Düşük Kalorili Yağ İkameleri

Kaprenin, Salatrim (Benefat) ve Kaptirin esterifikasyon teknikleri ile üretilen, düşük kalori değerine sahip, Amerika Birleşik Devletlerinde çeşitli ürünlerde FDA'nın verdiği güvenli kabul edilebilir lisansı ile yağ ikamesi olarak kullanılan ve ticari olarak üretilen lipitlerdir. *Kaprenin*; 8, 10

ve 22 C'lu yağ asitlerinin gliserol ile esterleşmesi sonucu meydana gelen ve kaprokaprilobehenin olarak isimlendirilen yapılandırılmış bir lipidin genel ismidir. Hindistan cevizi, palm çekirdeği ve kolza yağlarının transesterifiye edilmesi ile üretilir. Orta zincirli yağ asitleri genellikle hindistan cevizinden, uzun zincirli olanlar ise kolza yağından elde edilirler. Kapreninin yapısında bulunan behenik asit vücutta kısmen emildiğinden dolayı bu yağ ikamesi 5 kcal/g'lık bir enerji değerine sahiptir. Procter&Gamble firması kapreninin yumuşak şekerlemelerde, draje kaplamalarında ve bazı kurabiyelerde güvenli olarak kullanımının iznini FDA'dan almıştır. Kapreninin %95'i trigliseritlerden, %2'si digliseritlerden ve %1'i ise monogliseritlerden oluşmaktadır. Kaprenin değişik yağların karışımının tadında olup, oda sıcaklığında yarı katıdır ve ısıya kısmen dayanıklıdır. Bu özellikleriyle kakao yağı yerine kullanılabilir. Bu özellikleriyle kakao yağı yerine kullanılabilir. *Benefat*; 2, 4 ve 18 C'lu yağ asitlerinin gliserol ile esterleşmesi sonucu oluşmuştur. Asetik asit, propiyonik asit veya bütirik asidin yüksek derecede hidrojene edilmiş bitkisel yağlarla interesterifikasyonu ile elde edilirler. Yağ asitleri gliserol köküne tesadüf olarak bağlanmışlardır ve bunun sonucu olarak elde edilen yağ içerisinde çok değişik yapıda trigliserit moleküllü bulunmaktadır. *Benefat*, yapısında bulunan 2, 3, 4 C'lu ve uzun zincirli yağ asitlerinin miktarına ve gliserol köküne bağlanma pozisyonuna bağlı olarak 3.5, 5, 6, 4.3 ve 9.5 kcal/g'lık enerji kapasitesine sahip olabilmektedir. *Benefat*'ın sıvı veya katı yapıda olması, içerdikleri yağ asidi kompozisyonuna, bu yağ asitlerinin sayısına ve gliserole bağlanma yerine bağlı olarak değişmektedir. Özellikle stearik asit gliserol üzerinde sn-1 ve sn-3 pozisyonlarına bağlandığında ancak %50'si sindirilebilmektedir. Asetil ve propiyonil grupları ise mide ve bağırsağın üst kısımlarındaki lipazlar tarafından kolaylıkla hidrolize olmaktadır. *Benefat*, cipslerin pişirilmesinde, çikolata aromalı kaplamalarda, süt ürünlerinde, pasta süslemelerinde ve cips soslarında FDA'nın verdiği güvenli kabul edilebilir lisansı ile yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır (3, 16-18). *Kaptirin*; gliserolün orta zincir uzunluğundaki yağ asitleri ile (C6, C8, C10, C12) interesterifiye edilmesiyle üretilmektedir. Başlıca yağ asitleri kaprilik ve kaprik asit olup enerji değeri 8.3 kcal/g'dır. Günümüzde yağ içermeyen gıda ürünlerinde aroma taşıyıcı olarak kullanıma FDA tarafından izin verilmiştir (18, 19).

Orta zincir uzunluğundaki trigliseritler uzun zincir uzunluğundaki trigliseritlere oranla çok daha hızlı bir şekilde metabolize olarak vücudun ihtiyaç duyduğu enerji gereksinimini karşılarlar. Bu yağ asitlerinin enerji kapasiteleri ise uzun zincirli yağ asitlerine göre daha azdır. Bu nedenle aşırı kilo, pankreatik yetersizlik, epilepsi ve hatta diarenin yoğun olarak görüldüğü AIDS hastalarının tedavi sürecinde diyetlerinde orta zincir uzunluğundaki yağ asitlerinin kullanıldığı belirtilmiştir (2, 4, 11, 18, 20-23, 64).

### Digliserit Yağ

Obezite ile mücadele ve kilo kontrolü ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler ışığında digliserit yağlara olan ilgi hızla artmaktadır. İnsanlar ve deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda, lipitlerin yapısında bulunan yağ asitlerinin çeşit, gliserol molekülündeki konum ve miktarlarının yağın fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra yağ metabolizmasını da belirlediği (24-26, 64), digliserit yapısındaki yağların ise vücutta farklı bir şekilde metabolize olarak vücutta yağ birikimini ve tokluk serum trigliserit miktarının yükselmesini baskıladığı saptanmıştır (27-31, 53-55, 64).

Monogliserit ve digliserit gibi kısmi gliseritler gıda sanayiinde emülgatör ve stabilizör olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Digliseritler, farklı orijinlerden çeşitli yağların yapısında %10'a (w/w) kadar miktarda bulunan doğal bir bileşendir (28, 32, Çizelge 1). Digliseritler, kimyasal olarak (33, 34) veya elde edilecek digliserit yağdaki yağ asitlerinin çeşit ve konumsal dağılımının hedeflenen özellikte olması için enzimatik olarak sentezlenebilmektedir (32, 34-42, 69, 70). Enzimatik reaksiyon sonucunda 1,2 veya 2,3-digliseritler ile 1,3-digliseritler meydana gelir. Oluşan 1,3-digliseritlerin 1,2 veya 2,3-digliseritlere oranı 7:3'tür (28, 32, 65). Fonksiyonel özellikteki omega yağ asitlerince zenginleştirilmiş, aynı zamanda yüksek verimlilikte ve saflıkta 1,3-digliserit eldesi sağlanmasından dolayı, enzimatik esterifikasyon yöntemlerinin digliserit yağ üretiminde avantaj sağladığı bildirilmektedir (67, 69, 70). Kao Corporation firması tarafından geliştirilen yemeklik digliserit yağ, soya ve kanola yağlarının 1,3-spesifik lipaz eşliğinde gliserinle esterifikasyonu ile üretilmiştir (67). Bu yağa ait karakteristik özellikler çizelge 2'de verilmiştir (45, 67). FDA tarafından güvenli (GRAS) kategoride listelenen digliserit yağın, sıvı karakterde olup, yaklaşık % 80-81

oranında digliserit içerdiği, yaklaşık 9 kcal/g enerji değerine sahip olduğu ve fizikokimyasal özellikleri bakımından trigliserit yağlara oldukça benzerlik gösterdiği, ayrıca bu yağın yeni ürün geliştirmeye yönelik kendine has kristalizasyon ve plastisite özelliklerinin de olduğu bildirilmektedir (33, 42-52, 65).

Çizelge 1. Çeşitli yağların ve digliserit yağın içerdiği digliserit miktarları (%w) (28).

	Digliserit Miktarı (g/100 g Yağ)
Pamuk yağı	9.5
Pirinç yağı	7.6
Palm yağı	5.8
Üzüm çekirdeği yağı	5.8
Zeytinyağı	5.5
Mısır özü yağı	4.5
Susam yağı	4.1
Kanola yağı	2.9
Mısır yağı	2.8
Aspir yağı	2.1
Soya yağı	1.0
Digliserit yağı	80<

Çizelge 2. Digliserit yağa ait bazı karakteristik özellikler (45, 67).

Genel görünüş	Açık sarı, şeffaf, likit
Lovibond renk (10R+Y)	< 20
Nem	% 0.1
Asit değeri	0.5 mg KOH/g
Peroksit değeri	0.5 mEq/kg
Ağır metaller (Pb)	10 ppm
Gliserit kompozisyonu (%)	
Monogliserit	1.2
Digliserit	81.4
Trigliserit	17.3
Yağ asidi kompozisyonu (%)	
C16:0	3.1
C18:0	1.2
C18:1	39.8
C18:2	47.1
C18:3	8.4
C20:0	0.3
C20:1	0.2
Trans yağ asidi (1 servis kaşığındaki)	< 0.5 g
Tokoferol miktarı (%)	
α-	0.31
β-	0.03
γ-	0.50
δ-	0.11
Toplam	1.96

### Digliserit Yağın Emilimi ve Sindirimi

Trigliseritler, ince bağırsakta pankreatik lipaz etkisiyle hidrolize olarak 2-monogliseritler ile serbest yağ asitlerine parçalanır ve ince bağırsak epitel hücrelerinde emilime uğrar. İnce bağırsak epitel hücrelerinde oluşan 2-monogliseritler diaçilgliserol açıltransferaz ve monoaçilgliserol

açıltransferaz enzimlerinin katalizörlüğünde 2-monoaçilgliserol yolu ile trigliserit sentezinde yer alırken; serbest yağ asitleri gliserol-3-fosfat yolu ile trigliserit sentezinde yer alır. Oluşan trigliseritler mikrozomal trigliserit transfer proteini etkisi ile kilomikronlara bağlanarak ince bağırsak lenf dokusuna salınır ve buradan kan dolaşım sistemine katılırlar (32, 53).

Digliseritler ise, ince bağırsakta pankreatik lipaz etkisiyle hidrolize uğrayarak 1(3)-monogliseritler, 2-monogliseritler ile serbest yağ asitlerine parçalanır. 1(3)-monogliseritler 2-monoaçilgliserol yolu ile trigliserit sentezinde yer alamazlar, çünkü bu gliseritler diaçilgliserol açıltransferaz ve monoaçilgliserol açıltransferaz enzimlerinin substratı değildir, ancak serbest yağ asitlerine kadar parçalandıklarında gliserol-3-fosfat yolu ile trigliserit sentezinde yer alabilirler. Gliserol-3-fosfat yolu ile trigliserit sentezi 2-monoaçilgliserol yoluna kıyasla daha yavaş ve daha az etkindir. Digliserit yağı ile beslenen deney hayvanlarının kan serumundaki trigliserit miktarının trigliserit yağ ile beslenenlere kıyasla düşük saptanması bu durum ile açıklanmaya çalışılmıştır. (32, 53, 54).

#### **Digliserit Yağlar ve Sağlık**

Maki ve ark. (55), kadın ve erkek olmak üzere aşırı kilolu 131 denek ile yaptıkları çalışmada, denekleri tüketecekleri yağ bakımından iki gruba ayırmışlardır (digliserit yağı - trigliserit yağı; her iki yağ da benzer yağ asidi bileşimine sahiptir). Yirmi dört hafta süre ile her iki grup da eşit oranda yağ alacak şekilde bu yağları içeren gıdaları (kraker, çorba, çörek, kurabiye, krokan) tüketmişlerdir. Deneklerin bazal metabolizma hızlarına göre günlük almaları gereken enerji hesaplanmıştır. Deney sonunda digliserit yağını tüketen grubun kilo ve vücut yağ kitlesi kaybı trigliserit yağını tüketen gruptan daha fazla bulunmuştur. Nagao ve ark. (56)'nın, Yuan ve ark. (57)'nin ve Hibi ve ark. (58)'in yaptığı çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Kim ve ark. (31), onarlı üç grup halinde sıçanları, mısır özü yağı, ticar digliserit yağı (test1 yağı) ve konjuge linoleik asit ve kaprik asit içeren digliserit yağı (test2 yağı) ile altı hafta süre ile beslemişlerdir. Test1 yağı %14 trigliserit ve %86 digliserit, test2 yağı ise %39 trigliserit, %31 digliserit ve %30 monogliserit içermektedir. Test2 yağında başlıca %9.4 kaprik asit, %9.1 palmitik asit, %25.6 oleik asit, %46.6 linoleik asit ve %7 konjuge linoleik asit bulunmaktadır. Bu yağlar %5 (w/w) oranında

yeme katılmış ve sıçanların yem-su tüketimi serbest bırakılmıştır. Test2 yağı ile beslenen grubun kan serumundaki toplam kolesterol (3.13 mmol/L) ve trigliserit değerleri (1.34 mmol/L), mısır özü yağı ile beslenen grubun değerlerinden düşük (sırası ile 3.66 mmol/L; 1.69 mmol/L) ve de istatistik olarak farklı, test1 grubunun değerleri ise (sırası ile 3.19 mmol/L; 1.52 mmol/L) diğer iki grubun değerlerine benzer bulunmuştur. Gruplar arasındaki kilo artış değerlerinde ise anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Saito ve ark. (59) hipertrigliseridemi olan hastalarda, digliserit yağın tokluk serum trigliseridinin baskılanmasında etkin dozunu belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Yaşları 30-60 arasında değişen 7 kadın ve 15 erkeklerden oluşan, hafif şiddetteki (<120, <205 mg/dL) yirmi iki hipertrigliseridemi hastası ile yaptıkları çalışmada, hastalar %1.3 (kontrol), %27.3 (düşük doz), %54.6 (orta doz) veya %80.8'i (yüksek doz) digliserit yağdan oluşan 10 g test yağını içeren özel bir diyetle beslenmişlerdir. Deneklerden test yağını tükettikten 2, 3, 4 ve 6 saat sonra kan örnekleri alınmış ve kan serumunda tokluk lipid konsantrasyonlarındaki değişiklikler analiz edilmiştir. Deney sonucunda kan serumunda hipertrigliseridemini ve beraberinde hipertansiyonun baskılanmasında etkin dozu %27.3 (düşük doz) digliserit yağdan oluşan test yağı olarak belirlenmiştir. Digliserit yağ tüketiminin, hipertansiyonla birlikte seyreden tokluk hipertrigliseridemini kontrol altına alınmasında, başlangıç tedavisi olarak uygulanmasının yararlı olacağı bildirilmiştir.

Shoji ve ark. (60) yaptıkları çalışmada, yaşları 35-60 aralığında, serumdaki açlık trigliserit miktarı 1.36 (120 mg/dL)'den 2.83 mmol/L'ye değişiklik arz eden, 11 kadın 30 erkek olmak üzere toplam 41 denek üzerinde digliserit yağ tüketiminin tokluk hiperlipidemi ve hiperglisemi ile glukoz-insülinotropik polipeptid (GIP) üzerine etkilerini incelemişlerdir. Denekler protein, karbonhidrat ve katı yağ bakımından aynı formülasyonda, 10 g digliserit yağı veya 10 g trigliserit yağı içeren yemekle beslenmişlerdir. Belirlenen koşul ve sürelerde deneklerden kan örnekleri alınarak digliserit yağı içeren/trigliserit yağı içeren yemek sonrasında tokluk ve açlık serum trigliserit konsantrasyonları mukayese edilmiştir. Digliserit yağı içeren yemek sonrasında tokluk serum trigliserit konsantrasyonları trigliserit yağı içeren

yemek sonrasındaki değerlerden anlamlı derecede düşük saptanmıştır. Ayrıca açlık serum konsantrasyonları 1.36 ve 2.83 mmol/L aralığında olan yirmi altı deneğin digliserit yağı içeren yemek sonrasındaki tokluk serum trigliserit, insülin ve GIP konsantrasyon değerleri, trigliserit yağı ile beslenme sonrası değerlerinden anlamlı derecede düşük saptanmıştır. Deney sonucunda kalp damar sağlığı bakımından yüksek risk grubundaki bireylerde, digliserit yağı tüketiminin, lipit ve insülin değerlerindeki dalgalanmaların kontrol altına alınmasında yarar sağlayabileceği bildirilmiştir.

Kuleşan (68), yaptığı çalışmada %27.36 oranında mono- ve digliseritleri içeren yapılandırılmış bir yağ üretmiş ve 6 hafta süre ile sıçanları bu yağ ile beslemiştir. Sıçanlar yedişerli olarak standart yem tüketen kontrol grubu, palm çekirdeği yağı verilen 1. grup ve yapılandırılmış yağ verilen 2. grup olmak üzere üç kafese ayrılmıştır. Sıvı haldeki yağlar sıçanlara hesaplanan miktarda ölçülerek gavaj ile verilmiştir. Deney süresince her haftanın sonunda sıçanların ağırlıkları tartım yapılarak belirlenmiştir. Sıçanlar, besleme süresinin sonunda bir gece aç bırakılmış ve karın boşluğundan Ketamin/Xylazin verilerek anestezi uygulanmıştır. Sıçanların göğüs kafesi açılarak aort atardamarından kanın tamamı enjektör ile alınmış ve alınan kan örneklerinde trigliserit, toplam kolesterol, HDL-kolesterol ve LDL-kolesterol testleri yapılmıştır. Altı hafta süren besleme deneyi sonucunda her üç grupta da kilo artışı olmuştur. Başlangıç ağırlıkları ile kıyaslandığında en az kilo artışı yapılandırılmış yağ ile beslenen grupta olmuştur. Çalışmada yapılandırılmış yağ ile beslenen grubun trigliserit, toplam kolesterol ve HDL-kolesterol değerleri hem kontrol grubunun hem de 1. grubun değerlerinden düşük saptanmıştır. Yapılandırılmış yağ ile beslenen grubun LDL-kolesterol değeri ise birinci gruptan %6.82 daha düşük, kontrol grubundan %4.7 daha fazla belirlenmiştir.

Kawashima ve ark. (71), beden kitle indeksi 25 kg/m<sup>2</sup> olan, yaşları 22-73 aralığında değişen toplam 312 kadın ve erkek gönüllülerle bir yıl süre ile yaptıkları çalışmada digliserit yağın vücut ağırlığı ve açlık serum trigliseritlerine etkisini araştırmışlardır. Denekler tesadüfi olarak digliserit ve trigliserit grupları olmak üzere iki gruba ayrılmışlar ve test yağlarını istedikleri şekilde tüketmişlerdir. Gruplar arasında toplam enerji alımı ve fiziksel aktivitede farklılıklar olmamasına

rağmen, deney sonunda digliserit yağı tüketen grubun vücut ağırlığında, trigliserit yağı tüketen gruptan istatistiki olarak anlamlı derecede azalma belirlenmiştir. Obez bireylerin vücut ağırlığındaki azalmanın diğer bireylere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Hipertrigliseridemi olan bireylerin serum trigliserit değerlerinde önemli ölçüde azalma belirlenmiş ancak gruplar arasında bir farklılık saptanmamıştır. Bir yıl süren araştırma sonucunda digliserit yağın denekler tarafından iyi tolere edildiği, bireylerin serum kimyası veya hematoloji parametrelerinde gruplar arasında bir farklılık olmadığı bildirilmiştir.

Isıl işlem görmüş ve görmemiş digliserit yağların, yemeklik yağ olarak kullanımının güvenliği üzerine yapılan hayvan ve insan deneylerinde, toksik, kanserojen ve mutajenik etkilerinin olmadığı, A, D ve E vitaminlerinin emilimini etkilemediği görülmüştür. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)'nın raporunda aşırı kilolu kişilerin kilo kaybında faydalı fizyolojik etkisi olduğu bildirilen bu yağlar FDA tarafından güvenli (GRAS) kabul edilmektedir (53, 61, 62, 63, 66).

### SONUÇ

FDA tarafından güvenli (GRAS) kabul edilen bu yağların sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanı sıra yeni ürün geliştirmeye yönelik kendine has özelliklerinin olmasından dolayı bu konu ile ilgili araştırmalar yapılmasının yararlı olacağı öngörülmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Anonym. 2013. World Health Organization. Obesity and overweight. Fact sheet N°311, March 2013. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (Erişim tarihi: 20.04.2013)
2. Hamam F, Shahidi F. 2008. Incorporation of selected long-chain fatty acids into trilinolein and trilinolenin. *Food Chem*, 106, 33-39.
3. Akoh CC, Kim BH. 2008. Structured Lipids. In: *Food Lipids: Chemistry Nutrition and Biotechnology*. (Akoh, C.C., Min, D.B.,-eds.), Third Edition, CRC Press, pp. 841-872.
4. Akoh CC, Xu X. 2002. Enzymatic Production of Betapol and Other Specialty Fats. In: *Lipid Biotechnology*. (Kuo, T.M., Gardner, H.W., -eds.), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 461-478.

5. Marangoni AG. 2002. Lipases: Structure, Function, and Properties. In: *Lipid Biotechnology*. (Kuo, T.M., Gardner, H.W., -eds.), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 357 - 386.
6. Wong WC, Basri M, Razak CAN, Salleh AB. 2000. Synthesis of medium-chain glycerides using lipase from *Candida rugosa*. *J Am Oil Chem Soc*, 77, 85-88.
7. Yang TH, Jang Y, Han JJ, Rhee JS. 2001. Enzymatic synthesis of low-calorie structured lipids in a solvent-free system. *J Am Oil Chem Soc*, 78, 291-296.
8. Willis WM, Marangoni AG. 2002. Enzymatic Interesterification. In: *Food Lipids: Chemistry Nutrition and Biotechnology*. (Akoh, C.C., Min, D.B.,-eds.), Marcel Dekker Inc., New York., pp. 837-875.
9. Xue C, Liu Y, Wang J, Zhang R, Zhang Y, Zhang J, Zheng Z, Yu X, Jing H, Nosaka N, Arai C, Kasai M, Aoyama T, Wu J. 2009. Consumption of medium- and long-chain triacylglycerols decreases body fat and blood triglyceride in chinese hypertriglyceridemic subjects. *Eur J Clin Nutr*, 63(7), 879-886.
10. Uribe AR, Hernandez E. 2004. Solvent-free enzymatic synthesis of structured lipids containing CLA from coconut oil and tricaprylin. *J Am Oil Chem Soc*, 81, 685-689.
11. Zhang Y, Liu Y, Wang J, Zhang R, Jing H, Yu X, Zhang Y, Xu Q, Zhang J, Zheng Z, Nosaka N, Arai C, Kasai M, Aoyama T, Wu J, Xue C. 2010. Medium- and long-chain triacylglycerols reduce body fat and blood triacylglycerols in hypertriacylglycerolemic, overweight but not obese, Chinese individuals. *Lipids*, 45(6), 501-510.
12. Watkins BA, Li Y, Hennig B, Toborek M. 2005. Dietary Lipids and Health. In: *Bailey's Industrial Oil And Fat Products*, Sixth Edition, Volume 1, Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects. (Edited by Fereidoon Shahidi), A John Wiley & Sons Inc., New Jersey, pp. 1:213-267.
13. O'Brien RD. 2009. Fats and Oils Processing. In: *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*, Third Edition, CRC Press, pp. 73-191.
14. Chandalia SH, Modi SV. 1999. Fat replacers and fat blockers. *Int J Diabetes Dev Ctries*, 19, 139-143.
15. Gurr MI. 2009. Lipids in nutrition and health: A reappraisal. The Oily Press, Bridgwater, pp. 169-171.
16. Sorensen LB, Cueto HT, Andersen MT, Bitz C, Holst JJ, Rehfeld JF, Astrup, A. 2008. The effect of salatrim, a low-calorie modified triacylglycerol, on appetite and energy intake. *Am J Clin Nutr*, 87:1163-1169.
17. Sandrou DK, Arvanitoyannis IS. 2000. Low-Fat/ Calorie Foods: Current state and perspectives. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 40(5), 427-447.
18. Auerbach MH, Klemann LP, Heydinger JA. 2001. Reduced-Energy Lipids. In: *Structured and Modified Lipids*. (Edited by Frank D. Gunstone), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 485-510.
19. Senanayake SPJN, Shahidi F. 2005. Dietary Fat Substitutes. In: *Bailey's Industrial Oil And Fat Products*, Sixth Edition, Volume 3, Edible Oil and Fat Products: Specialty Oils and Oil Products. (Edited by Fereidoon Shahidi), A John Wiley & Sons Inc., New Jersey, pp. 3, 503-534.
20. Stein J. 1999. Chemically defined structured lipids: current status and future directions in gastrointestinal diseases. *Int J Colorectal Dis*, 14, 79-85.
21. Mu H, Porsgaard T. 2005. The metabolism of structured triacylglycerols. *Prog Lipid Res*, 44, 430-448.
22. Vamecq J, Vallée L, Lesage F, Gressens P, Stables JP. 2005. Antiepileptic popular ketogenic diet: Emerging twists in an ancient story. *Prog Neurobiol*, 75, 1-28.
23. Marten B, Pfeuffer M, Schrezenmeir J. 2006. Medium-chain triglycerides. *Int Dairy J*, 16, 1374-1382.
24. Mu H, H y CE. 2000. Effects of different medium-chain fatty acids on intestinal absorption of structured triacylglycerols. *Lipids*, 35, 83-89.
25. Tsuji H, Takeuchi H, Nakamura M, Okazaki M, Kondo K. 2001. Dietary medium-chain triacylglycerols suppress accumulation of body fat in a double-blind, controlled trial in healthy men and women. *J Nutr*, 131(11), 2853-2859.
26. Reena MB, Lokesh BR. 2007. Hypolipidemic effect of oils with balanced amounts of fatty acids obtained by blending and interesterification of coconut oil with rice bran oil or sesame oil. *J Agric Food Chem*, 55, 10461-10469.
27. Taguchi H, Watanabe H, Onizawa K, Nagao T, Gotoh N, Yasukawa T, Tsushima R, Shimasaki H, Itakura H. 2000. Double-blind controlled study on the effects of dietary diacylglycerol on postprandial serum and chylomicron triacylglycerol responses in healthy humans. *J Am Coll Nutr*, 19(6), 789-796.
28. Yasukawa T, Katsuragi Y. 2008. Diacylglycerols. In: *Diacylglycerol Oil*. (Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B., Tokimitsu, I. and Matlock, M., -eds.), Second Edition, AOCS Press, Champaign IL., pp. 1-16.

29. Maki KC, Matsuo N, Dicklin MR. 2008. Clinical studies evaluating the benefits of diacylglycerol for managing excess adiposity. In: *Diacylglycerol Oil*. (Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B., Tokimitsu, I. and Matlock, M., -eds.), Second Edition, AOCS Press, Champaign IL., pp. 109-123.
30. Kristensen JB, Jørgensen H, Mu H. 2006. Diacylglycerol oil does not affect portal vein transport of nonesterified fatty acids but decreases the postprandial plasma lipid response in catheterized pigs. *J Nutr*, 136(7), 1800-1805.
31. Kim HJ, Lee KT, Lee MK, Jeon SM, Choi MS. 2006. Diacylglycerol-enriched structured lipids containing CLA and capric acid alter body fat mass and lipid metabolism in rats. *Ann Nutr Metab*, 50(3), 219-228.
32. Yanai H, Tomono Y, Ito K, Furutani N, Yoshida H, Tada N. 2007. Diacylglycerol oil for the metabolic syndrome. *Nutrition Journal*, 6, 43.
33. Yang T, Zhang H, Mu H, Sinclair AJ, Xu X. 2004. Diacylglycerols from butterfat: Production by glycerolysis and short-path distillation and analysis of physical properties. *J Am Oil Chem Soc*, 81, 979-987.
34. Craven RJ, Lencki RW. 2010. Preparation of diacid 1,3-diacylglycerols. *J Am Oil Chem Soc*, 87, 1281-1291.
35. Kahveci D, Guo Z, Özçelik B, Xu X, 2009. Lipase-catalyzed glycerolysis in ionic liquids directed towards diglyceride synthesis. *Process Biochem*, 44, 1358-1365.
36. Wang Y, Zhao M, Ou S, Song K. 2009. Partial hydrolysis of soybean oil by phospholipase A1 to produce diacylglycerol-enriched oil. *J Food Lipids*, 16, 113-132.
37. Wang L, Wang Y, Hu C, Cao Q, Yang X, Zhao M. 2011. Preparation of diacylglycerol-enriched oil from free fatty acids using lecithase ultra-catalyzed esterification. *J Am Oil Chem Soc*, 88, 1557-1565.
38. Wang W, Li T, Ning Z, Wang Y, Yang B, Yang X. 2011. Production of extremely pure diacylglycerol from soybean oil by lipase-catalyzed glycerolysis. *Enzyme Microb Technol*, 49, 192-196.
39. Zhao Y, Liu J, Deng L, Wang F, Tan T. 2011. Optimization of Candida sp. 99-125 lipase catalyzed esterification for synthesis of monoglyceride and diglyceride in solvent-free system. *J Mol Catal B Enzym*, 72, 157-162.
40. Duan ZQ, Du W, Liu DH. 2012. Rational synthesis of 1,3-diolein by enzymatic esterification. *J Biotechnol*, 159, 44-49.
41. Liu N, Wang Y, Zhao Q, Cui C, Fu M, Zhao M. 2012. Immobilisation of lecithase ultra for production of diacylglycerols by glycerolysis of soybean oil. *Food Chem*, 134, 301-307.
42. Feltes MMC, Villeneuve P, Bareća B, Barouh N, Oliveira JV, Oliveira D, Ninow JL. 2012. Enzymatic production of monoacylglycerols (MAG) and diacylglycerols (DAG) from fish oil in a solvent-free system. *J Am Oil Chem Soc*, 89, 1057-1065.
43. Feltes MMC, Oliveira D, Block JM, Ninow JL. 2013. The production, benefits, and applications of monoacylglycerols and diacylglycerols of nutritional interest. *Food Bioprocess Technol*, 6, 17-35.
44. Nakajima Y, Fukasawa J, Shimada A. 2008. Physicochemical Properties of Diacylglycerol. In: *Diacylglycerol Oil*. (Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B., Tokimitsu, I. and Matlock, M., -eds.), Second Edition, AOCS Press, Champaign IL., pp. 204-218.
45. Nishide T, Shimizu M, Tiffany TR, Ogawa H. 2008. Cooking Oil: Cooking Properties and Sensory Evaluation. In: *Diacylglycerol Oil*. (Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B., Tokimitsu, I. and Matlock, M., -eds.), Second Edition, AOCS Press, Champaign IL., pp. 219-229.
46. Craven RJ, Lencki RW. 2011. Binary phase behavior of diacid 1,3-diacylglycerols. *J Am Oil Chem Soc*, 88, 1125-1134.
47. Craven RJ, Lencki RW. 2011. Crystallization and polymorphism of 1,3-acyl-palmitoyl-rac-glycerols. *J Am Oil Chem Soc*, 88, 1113-1123.
48. Hatzakis E, Agiomyrgianaki A, Kostidis S, Dais P. 2011. High-resolution NMR spectroscopy: An alternative fast tool for qualitative and quantitative analysis of diacylglycerol (DAG) oil. *J Am Oil Chem Soc*, 88, 1695-1708.
49. Saberi AH, Lai OM, Toro-Vázquez JF. 2011. Crystallization kinetics of palm oil in blends with palm-based diacylglycerol. *Food Res Int*, 44(1), 425-435.
50. Saberi AH, Chin-Ping T, Oi-Ming L. 2011. Phase behavior of palm oil in blends with palm-based diacylglycerol. *J Am Oil Chem Soc*, 88, 1857-1865.
51. Saitou K, Mitsui Y, Shimizu M, Kudo N, Katsuragi Y, Sato K. 2012. Crystallization behavior of diacylglycerol rich oils produced from rapeseed oil. *J Am Oil Chem Soc*, 89, 1231-1239.
52. Miklos R, Zhang H, Lametsch R, Xu X. 2013. Physicochemical properties of lard-based diacylglycerols in blends with lard. *Food Chem*, 138, 608-614.

53. Watanabe H, Tokimitsu I. 2008. Digestion and Absorption of Diacylglycerol. In: *Diacylglycerol Oil*. (Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B., Tokimitsu, I. and Matlock, M., -eds.), Second Edition, AOCS Press, Champaign IL., pp. 31-47.
54. Flickinger BD, Matsuo N. 2003. Nutritional characteristics of DAG oil. *Lipids*, 38, 129-132.
55. Maki KC, Davidson MH, Tsushima R, Matsuo N, Tokimitsu I, Umporowicz DM, Dicklin MR, Foster GS, Ingram KA, Anderson BD, Frost SD, Bell M. 2002. Consumption of diacylglycerol oil as part of a reduced-energy diet enhances loss of body weight and fat in comparison with consumption of a triacylglycerol control oil<sup>1-3</sup>. *Am J Clin Nutr*, 76(6), 1230-1236.
56. Nagao T, Watanabe H, Goto N, Onizawa K, Taguchi H, Matsuo N, Yasukawa T, Tsushima R, Shimasaki H, Itakura H. 2000. Dietary diacylglycerol suppresses accumulation of body fat compared to triacylglycerol in men in a double-blind controlled trial. *J Nutr*, 130(4), 792-797.
57. Yuan Q, Ramprasath VR, Harding SV, Rideout TC, Chan YM, Jones PJH. 2010. Diacylglycerol oil reduces body fat but does not alter energy or lipid metabolism in overweight, hypertriglyceridemic women. *J Nutr*, 140, 1122-1126.
58. Hibi M, Sugiura Y, Yokoyama R, Takase H, Shiiba D, Meguro S, Katashima M, Shimizu A, Tokimitsu I. 2011. The short-term effect of diacylglycerol oil consumption on total and dietary fat utilization in overweight women. *Obesity*, 19(3), 536-540.
59. Saito S, Yamaguchi T, Shoji K, Hibi M, Sugita T, Takase H. 2010. Effect of low concentration of diacylglycerol on mildly postprandial hypertriglyceridemia. *Atherosclerosis*, 213, 539-544.
60. Shoji K, Mizuno T, Shiiba D, Kawagoe T, Mitsui Y. 2012. Effects of a meal rich in 1,3-diacylglycerol on postprandial cardiovascular risk factors and the glucose-dependent insulinotropic polypeptide in subjects with high fasting triacylglycerol concentrations. *J Agric Food Chem*, 60, 2490-2496.
61. Anonym. 2011. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to diacylglycerol (DAG) oil and reduction of body weight pursuant to Article 13(5) of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). *EFSA Journal*, 9(12): 2469.
62. Watanabe H, Onizawa K, Naito S, Taguchi H, Goto N, Nagao T, Matsuo N, Tokimitsu I, Yasukawa T, Tsushima R, Shimasaki H, Itakura H. 2001. Fat-soluble vitamin status is not affected by diacylglycerol consumption. *Ann Nutr Metab*, 45, 259-264.
63. Morita O, Soni MG. 2009. Safety assessment of diacylglycerol oil as an edible oil: A review of the published literature. *Food Chem Toxicol*, 47, 9-21.
64. Lee YY, Tang TK, Lai OM. 2012. Health benefits, enzymatic production, and application of medium- and long-chain triacylglycerol (MLCT) in food industries: A review. *J Food Sci*, 77(8), 137-144.
65. Lo SK, Tan CP, Long K, Yusoff MSA, Lai OM. 2008. Diacylglycerol oil-Properties, processes and products: A review. *Food Bioprocess Technol*, 1, 223-233.
66. Borzelleca JF, Glinsmann W, Kennepohl E. 2008. Safety aspects of diacylglycerol oil. In: *Diacylglycerol Oil*. (Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B., Tokimitsu, I. and Matlock, M., -eds.), Second Edition, AOCS Press, Champaign IL., pp. 182-203.
67. Watanabe T, Yamaguchi H, Yamada N, Lee I. 2008. Manufacturing process of diacylglycerol oil. In: *Diacylglycerol Oil*. (Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B., Tokimitsu, I. and Matlock, M., -eds.), Second Edition, AOCS Press, Champaign IL., pp. 275-284.
68. Kuleaşan Ş. 2011. Orta zincir uzunluğundaki yağ asitlerini yüksek miktarda içeren yapılandırılmış yağların enzimatik interesterifikasyon yöntemi ile üretimi ve sağlık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Isparta, Türkiye, 90s.
69. Hernandez-Martin E, Hill Jr CG, Otero C. 2009. Selective synthesis of diacylglycerols of conjugated linoleic acid. *J Am Oil Chem Soc*, 86, 427-435.
70. Zhong N, Gui Z, Xu L, Huang J, Hu K, Gao Y, Zhang X, Xu Z, Su J, Li B. 2013. Solvent-free enzymatic synthesis of 1, 3-Diacylglycerols by direct esterification of glycerol with saturated fatty acids. *Lipids in Health and Disease*, 12:65.
71. Kawashima H, Takase H, Yasunaga K, Wakaki Y, Katsuragi, Y, Mori K, Yamaguchi T, Hase T, Matsuo N, Yasukawa T, Tokimitsu I, Koyama W. 2008. One-year ad libitum consumption of diacylglycerol oil as part of a regular diet results in modest weight loss in comparison with consumption of a triacylglycerol control oil in overweight Japanese subjects. *J Am Diet Assoc*, 108, 57-66.