

**YAĞ İKAME MADDESİ OLARAK KULLANILAN  
OLESTRANIN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE  
İNSAN SAĞLIĞI VE ÇEVRE ÜZERİNE OLAN  
ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hakan VATANSEVEN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Ümit GEÇGEL**

**2015**

**T. C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YAĞ İKAME MADDESİ OLARAK KULLANILAN  
OLESTRANIN FİZİKOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ İLE İNSAN SAĞLIĞI VE ÇEVRE  
ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hakan VATANSEVEN**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Ümit GEÇGEL**

**TEKİRDAĞ-2015**

**Her hakkı saklıdır.**

Doç. Dr. Ümit GEÇGEL danışmanlığında, Hakan VATANSEVEN tarafından hazırlanan “Yağ İkame Maddesi Olarak Kullanılan Olestranın Fizikokimyasal Özellikleri İle İnsan Sağlığı Ve Çevre Üzerine Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof.Dr. Mustafa Kemal SEZGİNTÜRK

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. Murat TAŞAN

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YAĞ İKAME MADDESİ OLARAK KULLANILAN OLESTRANIN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE İNSAN SAĞLIĞI VE ÇEVRE ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Hakan VATANSEVEN**

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

Olestra, çoklu yağ asidi esterleri ve sükrozun birleşmesiyle meydana gelen ve kalori içermeyen sükroz polyesteridir. Düşük yağ içerikli atıştırılabilir gıdaların üretiminde kullanılabilir, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmış bir gıda katkı maddesidir. Olestra üzerinde yapılan çalışmalar hakkında pozitif görüşler olsa da negatif görüşler de bulunmaktadır. Olestra ile ilgili hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan sayısız çalışmaların sonucunda, insan vücudunda bulunan mikro ve makro bileşenlerin emilimini engellediği takdirde büyüme, çoğalma ve toksisite ile ilgili olarak olumsuz etkileri olabileceği kanısına varılmıştır. Olestranın çevreden yok edilebilmesi, aktif atık ve topraklardan izole edilmiş aerobik bakteriler ve mantarlar sayesinde olabilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** olestra, yağ ikame maddesi, sükroz polyester

**2015 , 75 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

**CONSIDERATIONS OF THE EFFECTS ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES WITH  
HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT OF OLESTRA AS A FAT SUBSTITUTE**

**Hakan VATANSEVEN**

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

Olestra is, a sucrose polyester, a non caloric fat substitute, made from sucrose and several fatty acid esters. It has been approved by the FDA as a food additive used in preparing low-fat deep-frying foods such as savory snacks. Available literature on olestra was evaluated that had both positive and negative connotations. Clinical trials in numerous species of animals including humans were conducted to determine if olestra would affect the utilization and absorption of macro- and micronutrients; the effects of olestra on growth, reproduction, or its toxicity were also examined. The roles of olestra as a fat substitute, how it could effect on humans and environmental, and the potential impacts from its use in large amounts were assessed. Olestra can be removed from the environment by aerobic bacteria and fungi which may be isolated from activated sludge and soils.

**Keywords :** olestra, fat substitute, sucrose polyester

**2015 , 75 pages**

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iii
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	v
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	vi
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	viii
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2.YAĞ İKAME MADDELERİ</b> .....	<b>4</b>
2.1 Yağın Önemi ve Sağlık Üzerine Etkisi .....	4
2.2 Gıdalarda Yağ Oranının Azaltılmasının Gereksinimi .....	5
2.3 Yağ İkame Maddelerinin Sınıflandırılması .....	7
2.3.1 Yağ Benzeri Maddeler.....	10
2.3.2 Yağ Taklidi Maddeler.....	13
2.3.2.1 Protein Kaynaklı Yağ Taklidi Maddeler .....	13
2.3.2.2 Karbonhidrat Kaynaklı Yağ Taklidi Maddeler.....	14
2.3.3 Yağ İkame Maddesi Kombinasyonları .....	16
<b>3. BİR YAĞ İKAME MADDESİ OLARAK OLESTRA</b> .....	<b>17</b>
3.1 Olestra'nın Tanımı .....	17
3.2 Olestra'nın Tarihsel Gelişimi .....	17
3.3 Olestra'nın Sentezi.....	23
3.4 Olestra'nın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	31
<b>4. OLESTRA'NIN KULLANIMI</b> .....	<b>37</b>
4.1 Olestra'nın Ticari Kullanımı.....	37
4.2 Olestranın Ticari Kullanımı İçin Klinik Deneyler.....	38
4.3 Onaylanmış bir Gıda Katkı Maddesi Olarak Olestranın Kullanım Alanları .....	40
<b>5. OLESTRA'NIN ÇEVRE ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ</b> .....	<b>42</b>
5.1 Hidrolize Olmayan Olestra .....	42
5.2 Olestra'nın İnsan Bağırsağında Ayrışması .....	44
5.3 Olestra'nın Dışkı Florasında Oksijensiz Koşullarda Ayrışması .....	45
<b>6. OLESTRA'NIN KULLANIMI SONRASI ORTAYA ÇIKAN SONUÇLAR</b> .....	<b>47</b>
6.1 İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri.....	47

6.2 Sindirilemez ve Emilemez Bir Yağ İkame Maddesi Olması.....	48
6.3 Yağda Çözünen Vitaminlerin Boşaltımı.....	51
6.4 Klinik Semptomlar.....	54
<b>7. OLESTRA İLE MİKROORGANİZMALAR ARASINDAKİ İLİŞKİ.....</b>	<b>56</b>
7.1 Olestra Mikrobiyolojisinin Gelişimi.....	56
<b>8. OLESTRA'NIN DOĞADAKİ AYRIŞIMI.....</b>	<b>58</b>
8.1 Arıtma Tesislerinin Olestra ile Kirlenmesi.....	58
8.2 Toprağın Olestra ile Kirlenmesi .....	58
8.3 Bitkilerin Olestra ile Kirlenmesi.....	60
<b>9. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>62</b>
<b>10. KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>11. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>75</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Bazı yağ yerine kullanılan maddelerin sınıflandırılması .....	9
Çizelge 3.1 : Sakkaroz polyesterin sentezlenmesi için gerekli optimum reaksiyon koşulları.	29
Çizelge 3.2 : Olestra'daki çeşitli yağ asitlerinin içerikleri.....	31
Çizelge 3.3 : Sakkaroz polyesterlerin ve rafinoz polyesterlerin su sayısı ile lesitin ve sentetik yüzey etkin maddelerinin karşılaştırıldığı hidrofilik-lipofilik denge.....	33
Çizelge 3.4 : Sakkaroz ve rafinoz polyesterlerin Ryoto Şeker Esterleri'yle kıyaslanmış çözünürlük özellikleri.....	34
Çizelge 3.5 : Sıvı sükroz ve rafinoz polyesterler ile bazı salata yağlarının bir takım özellikleri.....	36
Çizelge 4.1 : Aynı koşullar altında doğal yağ ya da olestra kullanılarak kızartılan patates ve tortilla cipsinin bir onsu(28,349 gram) için yağ ve kalori içeriği.....	37
Çizelge 6.1 : Ani ve uzun süreli insan bazlı çalışmalarda ölçülen besinsel bileşimlerin ve ilaçların emilimine olestranın etkisi.....	53



## ŞEKİL DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1 : Olestranın şematik yapısının trigliseridin şematik yapısıyla karşılaştırması.....	23
Şekil 3.2 : Procter ve Gamble’ın olestra sentezinde kullandığı işlemin şematik diyagramı...	26
Şekil 3.3 : Akoh ve Swanson işlemi ile sakkarit polyesterinin oluşumunun sentezi için şematik diyagram.....	30
Şekil 6.1 : Sindirim enzimlerinin olestra ve doğal yağ üzerindeki etkisi.....	50
Şekil 6.2 : Sakkaroz oktaoleatın (olestra) modeli.....	51

## SİMGELER DİZİNİ

$\alpha$	: Alfa
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
$\beta$	: Beta
$^{\circ}\text{C}$	: Celsius derece
DDM	: Dialkil dihegzadesilmalonat
FAME	: Yağ aside metil esteri
L	: Litre
LDL	: Low-density lipoprotein
Log	: Logaritma
Mg	: Miligram
MGPE	: Metil glukoz poliesteri
RPE	: Rafinoz polyester
SOAC	: Sükroz oktaasetat
SPE	: Sükroz poliester
TATCA	: Trialkoksitrikarbolat

## **TEŞEKKÜR**

Yağ İkame Maddesi Olarak Kullanılan Olestra'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri ile İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi konulu tez çalışmam sırasında beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Ümit GEÇGEL'e, tezimin içerik olarak düzenlenmesine katkıda bulunan Doç. Dr. Murat TAŞAN'a ve desteğini her daim yanımda hissettiğim eşim Ebru VATANSEVEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2015

Hakan VATANSEVEN

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda yapılan araştırmalar, ekonomik yönden gelişmiş toplumlarda, şişmanlık ve buna paralel olarak gut, diyabet, yüksek tansiyon, dolaşım sistemi rahatsızlıkları gibi hastalıkların arttığını göstermektedir. Bunun en büyük nedeninin de aşırı gıda tüketimi, hareketsizlik, diyetle fazla oranda doymuş yağ alımı ve kolesterol içeren gıdaların tüketilmesi olduğu belirtilmektedir. Bu sebeplerden tüketicilerin son yıllarda düşük yağlı ve yağsız gıdalara olan talebi artmıştır. Kalorisi düşük, az yağlı veya yağsız gıda rnleri Avrupa ve Amerika'da marketlerde uzun yıllardır bulunmasına ve giderek sayılarının artmasına karşın ülkemizde bu tip ürünlerin üretimi son yıllarda hız kazanmıştır.

Amerika'da sağlıkla ilgili kuruluşlar tarafından yapılan tavsiyeye göre tüketilen yağın günlük toplam kalorideki miktarı % 30'u geçmemeli ve bunun 1/3' doymuş, 1/3' doymamış ve 1/3' de çoklu doymamış yağ asitlerini içermelidir (Alexander 1994). Bundan dolayı işlenmiş ve tüketime hazır ürünlerde kullanılan bitkisel ve hayvansal yağların kısmen veya tamamen elimine edilebilmesi için çeşitli yağ yapısında olmayan ikame edici maddelerin kullanımı hızla artmaktadır. Yağ ikame maddelerinin kullanılmasıyla toplam kalori miktarındaki önemli azalma, tüketicinin talebini büyük oranda arttırmıştır.

Bir gıda maddesinin düşük kalorili sayılabilmesi için, herhangi bir gıdanın modifiye edilmemiş standart eşitinden en az 1/3 daha az kalori, diğer bir ifade ile servisinde 40 kalori veya gramında 0,4 kalori içermesi gerekir (Vetter 1991). Ayrıca düşük kalorili gıda besinsel olarak, standart eşiti ile karşılaştırıldığında düşük kalitede olmamalıdır. Bazı durumlarda modifiye edilen gıdaların içeriğindeki değişmelerden dolayı ortaya çıkacak mineral madde ve vitamin eksikliklerinin tamamlanması gerekebilir.

Gıda maddelerine görünüş, koku, aroma ve yapı kazandıran unsurlar gıdanın bileşiminde bulunan protein, karbonhidrat, yağ, vitamin ve mineral maddelerdir. Bunlardan yağ, gıda maddelerinin özellikle görünüşü, aroması, tadı, damak zevki ve yapısına önemli ölçüde katkıda bulunur (Yazıcı ve Dervişoğlu 2003).

Duyusal olarak yağın ağızda bıraktığı his birkaç parametrenin birleşmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu parametreler; kıvam (yoğunluk, dolgunluk), yağlımsılık (yumuşaklık, krema hissi), absorpsiyon ve adsorpsiyon (tat alıcı hücreler üzerindeki fiziksel etki), yapışkanlık ve ağzı kaplama hissi gibi birçok faktörü içerir. Bu parametreler tam olarak tespit edilememesine ve

tanımlanamamasına rağmen yağ içeren gıdalarda kolayca fark edilebilir (Doğan ve Küçüköner 1999).

Yağlar hem en önemli enerji kaynağı olmaları hem de yaşamsal işlevi olan esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminleri içermelerinden dolayı hayatımızın vazgeçilmez bir unsurudur. Gıda yapısında bulunan yağın birçok önemli görevi vardır. Bunlardan bazıları; tat, aroma, viskozite, yapı, tekstür, kıvam, yumuşaklık, erime özelliği, büzülmeyi önleme, hava tutmayı sağlama, emülsiyon oluşturma vb. özelliklerdir. Ürün içerisindeki yağ oranı azaltılırsa yukarıda belirtilen özelliklerin birçoğunda olumsuzluklar meydana gelmektedir. Örneğin üretilen düşük yağlı ürünlerde tat - aroma kaybı, kuruma, sertlik, yapışkanlık, olgunlaşma süresinde uzama, randıman düşüşü gibi birçok problem ortaya çıkmaktadır. Yağların gıdalarda çok çeşitli kompleks fonksiyonları bulunmasından dolayı fonksiyonlarını kaybetmeden bu gıdalardan çıkarmak, tüketicilerin gıda seçimindeki kriterlerini ve gıdanın lezzetini göz önünde bulunduracak olursak, yerine başka maddeler koymak zordur.

Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi'nin 1989'da yayınladığı rapora göre, Diyet ve Sağlık: Kronik Hastalık Riskini Azaltmaya Yönelik Çıkarımlar, beslenme ve sağlık profesyonellerinin dünya çapında ilk odaklandığı konunun "beslenme ile alınan yağ" olduğu şeklindedir.

Amerika'da yapılan araştırmalara göre 1971-1974 ve 1999-2000 yılları arasında toplam yağdan alınan kalori yüzdesi erkeklerde % 36,9'dan % 32,8'e kadınlarda % 36,1'den % 32,8'e düşmesine rağmen insanlar sağlık için gerekli olandan daha fazla yağ tüketmektedir. Aslında bu durum, yağdan alınan kalori yüzdesinin azalması ve toplam tüketilen kalorinin artışına bağlıdır. Yani yağ alımı gram olarak artmıştır (Anonim 2002)

Beslenme alışkanlıklarının değiştirilmesini uygulanabilir ve de çoğu insan için kolay olarak görmeyen araştırmacı ve bilim insanları yağın sebep olduğu kilo artışı, kalori alımı ve ayrıca kalp ve damar hastalıklardan ötürü bu gıdayı beslenmeden çıkarmak ya da azaltmak adına yağ ikame maddeleri arayışına girmişlerdir.

1980-2000 yılları arasında Amerikan Ziraat Dairesi, gıda üreticilerini en az 5000 yağı azaltılmış ürün geliştirmesi için destek vermiştir ve bu hedefe ancak 15 yıl içerisinde ulaşılmıştır. Üreticilerin yaratmış olduğu ilk ürünler, yağdan arındırılmış fakat genellikle aromayı korumak için tuz ve şeker eklenmiş olan gıdalar olmuştur fakat tüketicilerin beslenme seçimleri;

iyileştirilmiş, sağlıklı, lezzetli ve de yağı azaltılmış gıdalar üzerinde yoğunlaşmış olduğundan bu ilk ürünler başarılı olmamıştır.

Merkezi Cincinnati, Ohio' da bulunan ve çok uluslu bir firma olan Procter & Gamble şirketinin bilim insanları ve araştırmacıları, 30 yılı aşkın bir süre, olestra olarak bilinen (ticari adı olean) bir yağ ikame maddesi üzerinde çalışmıştır. P&G, iki doğal madde olan sükroz ve bitkisel yağ (soya fasulyesi veya pamuk tohumu) kombinasyonunu birçok işlemde geçirdikten sonra olestra denilen maddeyi oluşturmuş, böylece yağsız, kalorisiz, trans yağ içermeyen ve kolesterolsüz, pişirme yağlarıyla aynı aroma, yapı ve ısı stabilitesine sahip bir ürün üretmişlerdir.

Bu çalışmada yağ ikame maddeleri ve özellikleri, bu maddelerden biri olan olestra'nın tarihsel gelişimi, fizikokimyasal yapısı, insan sağlığı ve çevre üzerine etkileri ve sonuçları değerlendirilmiştir.

## 2. YAĞ İKAME MADDELERİ

### 2.1 Yağın Önemi ve Sağlık Üzerine Etkisi

Yağların insan vücudunda çok önemli fonksiyonları vardır. Vücuttaki başlıca enerji kaynağını oluştururlar. Esansiyel yağ asidi ve yağda çözünen vitamin ihtiyacının karşılanması için dokularda oluşan “lokal enzimler” olarak isimlendirilen prostaglandin sentezi için yağ alımına ihtiyaç duyulur. Günlük harcanan enerjinin büyük bir kısmı yağlardan karşılanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’nün tavsiyesine göre sağlıklı beslenmede toplam günlük enerjinin % 25 -30’u yağlardan karşılanmalı ve bunun 1/3’ü doymuş, 1/3’ü doymamış ve 1/3’ü de çoklu doymamış yağ asitlerini içermelidir (Alexander 1994).

Son yıllarda yüksek enerji içeren yiyecek ve içeceklerle beslenme ve artan porsiyonlar enerji dengesini bozabilmekte ve aşırı kilo artısına ve obeziteye neden olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde en sık rastlanan beslenme sorunu fazla enerji alımıdır; araştırmalara göre kadınların % 39’u ve erkeklerin % 37’si fazla kiloludur (Demirci 2003). Aşırı kilo ve obezite sıklıkla diyabet, hipertansiyon ve ilerlemiş arteriosklerozis hastalıklarına yola açabilmektedir (Damjanovi ve Barton 2008). Fazla doymuş yağ tüketimi ile ilerleyen yaşlarla ortaya çıkan kalp - damar hastalıklarının ilişkisi uzun yıllardır bilinmektedir (Güven ve ark. 2005). Ayrıca fazla yağ alımının insülin dengesi, belirli kanserler (meme, kolon ve prostat gibi) ve safra kesesi hastalıkları üzerine de etki ettiği bilinmektedir. Hayvansal kökenli yağlar, sahip oldukları yararlı fonksiyonların yanı sıra belirtilen sağlık problemlerin ortaya çıkmasında da etkilidir (Reddy ve ark. 1980).

Tüm dünyada görülen bu tip sağlık sorunları nedeniyle tüketicilerin beslenme alışkanlıklarında değişme eğilimleri dikkati çekmektedir. Gelişmiş ülkelerde tüketicilerin büyük bir kısmı sağlıklı beslenme konusunda daha bilinçli hareket etmektedirler. Düşük kalorili ya da az yağlı süt ürünleri AB ve ABD pazarında mevcuttur ve pazar payını sürekli arttırmaktadır (Güven ve ark. 2005). Günlük diyetinde toplam yağ alımı azaltıldığı takdirde kalp-damar hastalıkları hipertansiyon ve diyabet gibi problemler kontrol edilebilmektedir. Doymuş yağ alımı sınırlandırıldığında, kandaki toplam ve düşük yoğunluklu lipoprotein düzeyi azaltılabilir. Özellikle hayvansal yağ içeren gıdaların tüketiminin azaltılması yönünde eğilim vardır (Ohmes ve ark. 1998).

## 2.2 Gıdalarda Yağ Oranının Azaltılmasının Gereksinimi

Dünyadaki tüm sağlık uzmanları obezitenin küresel bir sorun olduğu konusunda hemfikirdir. Yüksek tansiyon, kalp krizi, felç, tip 2 diyabet, safra kesesi hastalıkları ve güncel tüm kanserlerin obeziteyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Yüksek yağlı gıda tüketimi ise obezitenin başlıca sebebidir. Çok yağlı gıdalardan yüksek enerji alımından öte yüksek kalori alımı söz konusu olduğu için protein ve karbonhidratlara göre doyuruculuğu da azdır. Bu nedenle de insanları daha çok yemek yemeye teşvik eden bir maddedir. Ayrıca yağlar vücutta daha kolay depo edilirler. Tüketilen gıdalardaki yağı ve buna bağlı olarak da kaloriyi azaltmanın tek yolu yağın yerine başka bir madde kullanmaktır. Yağı azaltılmış gıdaların kilo kaybı, artışı ve muhafazasındaki potansiyel rolünü kavrayabilmek için 3 temel olguyu anlamak gereklidir: hacim/ağırlık- kalori tüketimi, enerji yoğunluğu ve gerekli enerjinin karşılanması.

Barbara Rolls'un araştırmaları insanların yüksek kalorili gıdalar yerine ağırlık-hacim dengesini sağlayacak gıdalar tüketme eğiliminde olduğunu göstermiştir. Yani, aynı miktarda gıda tüketip daha az kalori almak istemektedirler. Genel olarak vücut kilo kaybı yaşamadıkça kalori alımındaki farklılıkları ayırt edememekte ve bu nedenle de açlığa karşı basit bir savunma mekanizması tetiklenmektedir.

Gıdanın 1 cm<sup>3</sup>'ündeki kalori miktarı (enerji miktarı) enerji yoğunluğu olarak adlandırılır. Pratik olarak, etiket üzerinde her 1 gramdaki kaloriyi ifade eder. Bir gıda düşük enerji yoğunluğuna sahip olduğu zaman, beslenmede kalori artışına sebep olmadan rahatlıkla tüketilebilir. Gıdalarda bulunan su hiç kalori vermezken ağırlığı artırır. Yine gıdalarda bulunan yağ ise en çok kalori veren bileşendir. Karbonhidrat ve protein 4 kcal/g verirken yağ 9 kcal/g vermektedir (Anonim 1996).

Yapılan çalışmalar bireysel olarak kalorisi % 30 azaltılmış bir gıdayı tüketen insanın normal beslenmesiyle kıyaslandığında herhangi bir açlık sorunu yaşanmadığını göstermiştir. Çünkü kalorisi az olmasına rağmen ağırlık ve hacim olarak aynı miktarda olan gıdalardan tüketmiştir. Bu yüzden yüksek enerji yoğunluklu besinler yüksek kalori alımına sebep olur ve herhangi bir makro besinden daha güçlü bir etkiye sahiptir.

İnsanlarda ilerleyen yaşla birlikte en fazla ortaya çıkan dejeneratif rahatsızlıklar kalp ve damar hastalıklarıdır. Beslenmeyle tüketilen yüksek yağ oranının bu hastalıklarla ilişkili olduğu son yıllarda yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Ayrıca fazla yağ alımı insulin dengesi, belirli



kanserler (meme, kolon ve prostat gibi) ve safra kesesi hastalıkları üzerine de etki ettiği bilinmektedir. Hayvansal kökenli yağlar sahip oldukları yararlı fonksiyonların yanısıra belirtilen sağlık problemlerinin ortaya çıkmasındaki başlıca nedenlerden birisidir (Reddy ve ark.1980).

Son yıllarda, tüm dünyada görülen sağlık problemleri nedeniyle tüketicilerin beslenme alışkanlıklarında değişme eğilimleri dikkati çekmektedir. Gelişmiş ülkelerde tüketicilerin büyük bir kısmı sağlıklı beslenme konusuna daha bilinçli hareket etmektedirler. Bilinçli tüketiciler beslenmelerindeki şeker, gıda katkıları, yağ ve kolesterol içeren ürünlerin kullanımını kısıtlamışlardır. Beslenmedeki toplam yağ alımı azaltıldığı takdirde hiper tansiyon, kalp ve damar hastalıkları ve şeker hastalığı problemleri kontrol edilebilir. Özellikle doymuş yağ alımı sınırlandırıldığında, kandaki toplam ve düşük yoğunluklu lipoprotein düzeyi azaltılabilir.

Bu sorunları engellemek amacıyla çözüm yolları aranmıştır. Bu değişimlerden en önemlisi özellikle hayvansal yağ içeren gıdaların tüketimleriyle ilgili olup, bu ürünlerin tüketiminin azaltılması yönündedir. Hayvansal yağ oranının gıdalardaki miktarının azaltılması ise ürünlerin duyuşal özelliklerini özellikle görünüşünü, yapısını, kayganlığını ve kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkilemekte ve tüketici tarafından beğenilerek tüketilmemektedir. Çünkü yağ önemli bir gıda bileşeni olarak ve flavora katkıda bulunmakta, ağız hissi, tat, aroma ve kokuyu kombine bir şekilde taşımaya yardımcı olmaktadır; ancak yağı alınan gıdaların fiziksel, reolojik ve duyuşal özellikleri önemli düzeyde değişmektedir (Ohmes ve ark. 1998).

Yapılan bir araştırmada; ABD deki nüfusunun % 88' inin (erkeklerin % 87'si, kadınların % 90'ı) az yağlı, yağı azaltılmış veya yağsız gıda tükettiği belirlenmiştir. Büyük çoğunluk tarafından, toplam yağ ve enerji azaltılmasına yardımcı olduğundan dolayı bu tür gıdalar tercih edilmektedir. Ancak bu gıdaların da diyet gıda olarak düşünülerek fazla miktarda tüketilmesinin de problem olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir (Anonim 1996).

Duyuşal olarak yağın ağızda bıraktığı his ve tat, kıvam (yoğunluk, dolgunluk), yağlayıcılık (yumuşaklık, krema hissi) ağız kaplama hissi, absorpsiyon ve adsorpsiyon (tat alıcı hücreler üzerindeki fiziksel etki) ve yapışkanlık gibi birçok fiziksel parametre ile belirlenebilmektedir. Gıdadan eksiltelen bir bileşen yerine benzeri madde vücut için olumsuz özellik taşımayan ancak bahsedilen duyuşal özellikleri sağlayabilen yağ ikame maddeleri son yıllarda büyük önem kazanmıştır.

Yağ ikameleri; gıdalardaki yağın yerine geçerek yağın gıdaya kazandırdığı olumlu özellikleri sağlarken gıdanın kalori değerini azaltan katkı maddeleridir. Enerji katkıları hiç yoktur

veya azdır. Yağ ikame maddelerinin kendilerine özgü karakteristik özelliklerinin yanı sıra hacim arttırıcı, jelleştirici, su tutucu, ağız hissini iyileştirici, stabilize edici, dokuyu iyileştirici ve kalınlaştırıcı gibi çeşitli fiziksel fonksiyonları da vardır. Ayrıca sağlık açısından güvenilir ve fizyolojik olarak inert maddelerdir (Doğan ve Küçüköner 1999).

Gıdalardaki yağ miktarının neden olduğu tüketici kaygılarını giderebilmek amacıyla gıda üreticileri tam yağlı ürünlere benzer özellikte ürünler geliştirmişlerdir. Bunun için yağ ikame edici maddeler kullanmışlardır.

### **2.3 Yağ İkame Maddelerinin Sınıflandırılması**

Yağın yerine gıda ürünlerine ilave edilebilen ve yağın gıdalara verdiği birçok özelliği sağlayabilen maddelere yağ ikame maddeleri denir. Yağı kısmen veya tamamen alınmış gıdalarda kullanılan yağ ikameleri, yağ kaynaklı olan “yağ benzeri maddeler” ile karbonhidrat ve protein kaynaklı olan “yağ taklidi maddeler” olarak sınıflandırılır. Ayrıca bu maddelerin çeşitli kombinasyonları da gıdalarda kullanılır (Öztürk ve ark. 2000, Atasoy ve Yetişmeyen 2006).

Yağ ikame maddeleri yağsız ve yağı azaltılmış ürünlerde karşılaşılan bazı kalite ve duyu problemleri ortadan kaldırmak amacıyla kullanılmaktadır. Yağ ikame maddelerinin gıdalarda genel fonksiyonları, hacim arttırıcı, jelleştirici, su tutucu, ağız hissini iyileştirici, stabilize edici, dokuyu iyileştirici ve kalınlaştırıcı olmalarıdır (Koca ve Metin 2002).

Bir yağ ikame maddesinin sahip olması gerekli özellikler şunlardır:

- Az yağlı üründe, tam yağlı ürüne yakın fonksiyonel ve duyu özellikleri sağlayabilmelidir.
- Sağlık açısından güvenilir olmalıdır.
- Kalori değeri olmamalı ya da düşük olmalıdır.

Yağ taklidi maddeler, doğal ürünlerden elde edildikleri için, tüketiciler tarafından kabul görmektedir. Yağ benzeri maddelerin birçoğu ise patentlidir ve sentetik bileşenler olmaları nedeniyle kullanımlarının onaylanması için uzun bir sürece ihtiyaç duyulmaktadır. Çoğu yağ benzeri madde, FDA onayı için hala inceleme ve değerlendirme aşamasındadır.

Kalori Kontrol Konsey'i tarafından yağ ikame maddeleri aşağıdaki şekilde listelenmiştir.  
(Anonim 2007a)

- **Protein kaynaklı yağ ikame maddeleri**
  - Mikropartiküle protein (Simplese®)
  - Modifiye peynir altı suyu protein konsantresi (Dairy-Lo®)
  - Diğerleri (K-Blazer®, Ultra-bake™, Ultra-freeze™, Lita®)
  
- **Karbonhidrat kaynaklı yağ ikame maddeleri**
  - Seluloz (Avicel® cellulose gel, Methocel™, Solca-Floc®)
  - Diyet lifi (Opta™, Oat Fiber, Snowite, Ultracel™, Z-Trim)
  - Dekstrinler (Amylum, N-Oil®)
  - Gamlar (Kelcogel®, Keltrol®, Slendid™)
  - İnulin (Raftiline®, Fruitafit®, Fibruline®)
  - Maltodekstrinler (CrystaLean®, Lorelite, Lycadex®, Maltrin®, PaselliRD-Lite, PaselliRExcel, Paselli®SA2, Star-dri®)
  - Oatrim (Beta-Trim™, TrimChoice)
  - Polidekstroz (Litesse®, Sta-Lite™)
  - Polioller (birçok marka mevcut)
  - Nişasta ve modifiye nişastalar (Amalean®I & II, Fairnex™VA15, & VA20, Instant Stellar™, N-lite, OptaGrade®, PerfectamyI™AC, AX-1, & AX-2, Pure-gel®, Sta-slim™)
  
- **Yağ kaynaklı yağ ikame maddeleri**
  - Emülsifiye ediciler (Dur-Lo®, EC™-25)
  - Salatrim (Benefat™)
  - Lipit analogları (Esterifiye propoksile gliserol (EPG), Sorbestrin, Olestra (Olean®))

## Çizelge 2.1 Bazı yağ yerine kullanılan maddelerin sınıflandırılması

(Akoh 1998, Costin 1999, Lucca 1994, Crehan 2000, Sandrou 2000)

Yağ yerine kullanılan madde çeşidi		Kaynağı	Enerji yoğunluğu	Uygulama alanı	Fonksiyonel özellikler				
Yağ ikameleri (yağdan türetilenler)	Olestra	6-8 yağ asitlerinin sükröz polyesteri	Kalori içermez (emilmez)	Atıştırmalık gıdalar	Tekstür, aroma sağlayıcı ve gevreklik				
	Kaprenin	Kaprokaprilobehenik triaçilgliserid	5 kcal/g	Yumuşak şeker, şekerleme kaplamaları	Kakao yağı özellikleri (emülsifiyer, tekstür sağlayıcı)				
	Salatrim	Kısa ve uzun açil trigliserid molekülleri	5 kcal/g	Çikolata aromalı kaplamalar, cipsler, karamle and şekerler, şekerleme dolguları, fıstık tozu	Kıvam ve görünüş				
				Fırın ürünler, fırın ürünleri dolguları	Emülsifiyer, yapışkanlık, aroma verici, şortening, bayatlamayı ve nişastanın retrogradasyonunu önleme				
Soslar (salata, banma)				Emülsifiyer, kayganlaştırıcı, aroma tutucu					
	Sütlü tatlılar, peynir	Provide flavor, body, mouthfeel and texture, stabilize, increase overrun							
Yağ taklitleri	Proteinden türetilenler	Simplese	Yumurta ve süt proteini	4 kcal/g	Yoğurt, peynir, ekşi krema	Tekstür sağlayıcı			
		Simplese 100	Peyniraltı suyu proteini		Fırın ürünleri	Tekstür sağlayıcı			
					Donuk tatlılar	Tekstür sağlayıcı, stabile edici			
					Dondurma	Provide mouthfeel, texturize			
					Salata sosları ve mayonez	Tekstür sağlayıcı			
		Margarin	Tekstür sağlayıcı						
Soslar ve çorbalar	Tekstür sağlayıcı								
LITA	Zein	Baked goods	Tekstür sağlayıcı						
Trailblazer	Yumurta proteini, ksantan gamlı serum proteini	1 - 4 kcal/g	Süt ürünleri	Stabile edici ve emülsifiyer					
Çorbalar ve soslar	Tekstür sağlayıcı								
Yağ taklitleri	Proteinden türetilenler	N-Flate	Yağsız süt, gamlar, emülsifiyerler ve modifiye nişasta	Salata sosları	Tekstür sağlayıcı				
				Buz kaplamalar, jöleler, tatlılar, dondurma	Tekstür sağlayıcı, stabile edici				
				Dana kıyma	Tekstür sağlayıcı, su tutucu				
	Karbonhidrattan türetilenler	GAMLAR	Guar	Baklagil tohumlarının ekstraksiyonu	Kalori içermez	Fırın ürünleri	Nem tutucu, bayatlamayı geciktirici		
			Ksantan	Ksantomonas campestris'in aerobik fermentasyonuna bağlı mikrobiyal polisakarit					
			Keçiyoynuzu	Ceratonia siliquae tohumlarının ekstraksiyonu					
			Karregen	Sulphated polysaccharides extracted from red seaweed (marine algae of the class Rhodophyta)					
			Gam arabik	Akasya ağacının kurutulması					
			Pektinler	Elma posası, turuncğil kabuğu, şeker pancarı pulpu, ayçiçeği tohumundan ekstrakte edilen hücre duvarı polisakaritleri				Salata sosları	Viskoziteyi artırıcı, tekstür sağlayıcı
				Soslar				Kıvam artırıcı, tekstür sağlayıcı	

## Çizelge 2.1 Bazı yağ yerine kullanılan maddelerin sınıflandırılması

(Akoh 1998, Costin 1999, Lucca 1994, Crehan 2000, Sandrou 2000) (devam)

Yağ taklitleri	Karbonhidrattan türetilenler			4 kcal/g	Margarinler, salata soslar, soslar, fırın ürünleri, donuklar, dolgular, et emülsiyonları	Tekstür düzenleyici, jelleştirici, kıvam artırıcı, stabile edici, su tutucu
	SELÜLOZ	Nişasta (doğal veya modifiye)	Bütün mısır, yüksek amilozlu mısır, mumlu mısır, buğday, patates, tapiyoka, pirinç, mumsu pirinç	4 kcal/g	Margarinler, salata soslar, soslar, fırın ürünleri, donuklar, dolgular, et emülsiyonları	Tekstür düzenleyici, jelleştirici, kıvam artırıcı, stabile edici, su tutucu
		Mikrokristalli selüloz	Çeşitli bitki kaynaklarının mekanik olarak öğütülmesi	Kalori içermez	Salata sosları, donuk tatlılar, soslar, süt ürünleri	Vücudu destekleyici, kıvam artırıcı emülsiyon stabile edici, controls sinerisis, viskozite artırıcı,
		Toz selüloz	Çeşitli bitki kaynaklarının kimyasal depolimerizasyonu	Kalori içermez	Kızartmalar	Hamur kaplamaları ve keklerdeki yağ miktarının azaltılması
		Metil selüloz	Çeşitli bitki kaynaklarının kimyasal türevleri	Kalori içermez	Fırın ürünleri, donuk tatlılar, kuru soslar	Fırın ürünlerinde hacim artırıcı (hava kabarcıklarını muhafaza ederek)
		Hidroksimetil propil selüloz	Çeşitli bitki kaynaklarının kimyasal türevleri		Soslar, salata sosları	Nem tutucu, krema ayırıcı
		Maltodekstrinler	Nişastanın kısmi hidrolizi	4 kcal/g	Margarin imitasyon ekşi krema, salata sosları, fırın ürünleri, kızartmalar, soslar, işlenmiş et, donuk tatlılar	Yüzey düzenleyici, sertleştirici ve viskoziteyi artırıcı, su tutucu
		Polidekstroz	Glukoz, sorbitol ve sitrik veya fosforik asitin random bağlı polimeri	1 kcal/g	Fırın ürünler, sakız, şekerleme, salata soslar, kızartmalar, donuk sütlü tatlılar and jelatinler, pudinglers, sert ve yumuşak şekerler, fıstık tozu, meyve tozları, tatlı sosları, şuruplar	Nemlendirici, yağ ayırıcı, yüksek nemli gıdalarda tekstür düzenleyici, kabartıcı
		β-glukan	Arpanın ekstraksiyonu	1 - 4 kcal/g	Fırın ürünleri ve çeşitli gıdalar	Yapı ve tekstür sağlayıcı

### 2.3.1 Yağ Benzeri Maddeler

Yağ benzeri maddeler, yapısal lipidler ya da sentetik maddelerdir (Drake ve Swanson 1995). Bu grup, lipazın katalizlediği hidroliz tepkimelerine karşı dirençli olan, ester bağlı yağ asidi kaynaklı ürünleri içerir. Bazı diğer yağsı maddeler de bu gruba girer (Huyghebaert ve ark. 1996). Yağ benzeri maddeler ya kimyasal olarak sentezlenir ya da enzimatik modifikasyonla ticari katı ve sıvı yağlardan türetilir (Akoh 1998), ya hiç kalori vermezler ya da düşük kalori verirler (Huyghebaert ve ark. 1996).

Bu grup, yağlarla aynı özellikleri gösterir ve ürüne benzer ağız hissi ve fonksiyonel özellikler kazandırır (Huyghebaert ve ark. 1996). Çünkü bu maddeler yağlar gibi apolardır ve yağların lezzet bileşenlerini taşıma özelliğine sahiptirler (Drake ve Swanson 1995). Ayrıca, birçok yağ benzeri madde pişirme ve kızartma sıcaklıklarına dayanıklıdır.

Huyghebaert ve ark. (1996), yağ benzeri maddeleri 4 başlık altında toplamıştır. Bunlar;

- Düşük enerjili yağ bileşenleri
- Modifiye ester bağlı kalorisiz yağ benzeri bileşenler
- Yağlardan farklı yapıdaki kalorisiz bileşenler
- Emülsiyeciler

Düşük enerjili yağ bileşenleri, yapısal lipitlerdir. Yapısal lipitler; kısa ve/veya orta ve uzun zincirli yağ asitlerini içeren triaçilgliserollerdir. Genellikle 5-7 kkal/g enerji verirler (Drake ve Swanson 1995). Bu bileşenler arasında yer alan, asetoglisericitler; triaçilgliserol molekülünde asetik asit içerir ve sentezle elde edilir. Orta zincirli triglisericitler ise, % 95'ten daha fazla 8-10 karbonlu yağ asidi içerirler. Doğal yağlardan hidroliz, seperasyon ve re-esterifikasyon yoluyla elde edilirler. Orta zincirli triglisericitler 8.3 kkal/g enerji verirler. Bu nedenle, enerjiyi az miktarda azaltırlar (Huyghebaert ve ark. 1996).

Düşük enerjili yağ bileşenlerine Caprenin ve Salatrim örnek verilebilir. Yapısal bir lipit olan Caprenin, İlki orta zincirli (kaprilik asit ve kaprik asit) ve bir uzun zincirli (behenik asit) yağ asidi ile gliserit içerir. Normal yağların gramı 9 kalori vermesine karşın Caprenin 5 kalori verir. Sadece uzun zincirli behenik asit kısmen vücut tarafından absorbe edilir. Kalori azaltmasının nedeni orta zincirli yağ asitlerinin absorbe edilememesidir (Huyghebaert ve ark. 1996).

Salatrim; kısa ve uzun zincirli yağ asitlerin kombinasyonu ile hazırlanan yapısal bir triglisericittir. Sindirilir, ancak kısmen absorbe edilir. Kalori değeri yağların % 55'i ya da 5/9'udur (Dreher ve ark. 1998).

Modifiye ester bağlı yağa benzer kalorisiz bileşikler, modifiye ester bağlı bir seri molekül içerir. Bu bağ, sindirim sırasında enzimatik hidrolize dayanıklıdır. Bu gruba sükroz poliesterleri önemli bir örnektir (Huyghebaert ve ark. 1996).

Sükroz poliesterleri, 6-8 yağ asiti ile sükrozun kimyasal transesterifikasyonu veya interesterifikasyonu ile oluşan sükroz karışımlarıdır (Akoh 1998). Yaygın olarak bilinen sükroz poliesteri Olestra (Olean®), uzun zincirli yağ asitleri ile sükrozun esteleştirilmesi ile elde edilen hekza-, hepta- ve oktaester karışımıdır (Huyghebaert ve ark. 1996). Bu madde absorbe veya

metabolize edilemez, kalorisizdir, çünkü büyük boyutu ve apolar yağ asidi içeriği sindirim lipazının olestrayı hidroliz etmesini engeller (Akoh 1998). Olestra mide bağırsak sistemini sindirilmeksizin ve absorbe edilmeksizin geçtiğinden ve ayrıca lipofilik olduğundan, bazı mide bağırsak problemlerine yol açar. Yağda çözünür vitaminlerin ve besinlerin absorpsiyonunu azaltır (Anonim 1996). Bununla birlikte, Olestra; karbonhidrat, protein, suda çözünür vitaminlerin ve minerallerin absorpsiyonunu etkilemez (Akoh 1998).

Olestra'nın baharatlı çerez ve krakerlerde kullanımı FDA tarafından 1996 yılında onaylanmıştır. Bu madde FDA'ye göre, toksik, kanserojenik veya teratogenik değildir. Baharatlı çerezlerde güvenilir ve zararlı olmadığı kesindir (Akoh 1998). Ancak belirtilen bazı etkileri nedeniyle, etiketin üzerine şu ibarenin yazılması gerekmektedir (Anonim 1996): "Bu ürün Olestra içerir. Olestra, bazı kişilerde karın kramplarına ve ishale neden olabilir. Bazı vitaminlerin ve besinlerin absorpsiyonunu inhibe eder ve bu nedenle A, D, E ve K vitaminleri ilave edilmiştir."

Diğer bir yağ benzeri madde, yağ asitlerinin mono-, di-, ve tri sükroz esterleridir. Bu maddeler, kolaylıkla sindirim lipazı tarafından hidroliz edilir ve absorblanırlar. Bu nedenle kalori verirler. Amerika Birleşik Devletleri'nde gıdalarda emülsiyeciler ve stabilizörler olarak; taze meyvelerde olgunlaşmayı ve bozulmayı geciktirmek için koruyucu madde olarak kullanımları onaylanmıştır (Akoh 1998).

Diğer karbonhidrat yağ asidi esterleri ve poliol yağ asidi esterleri, yağ benzeri maddeler olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak, sorbitol, trehaloz, rafinoz, stakiyoz poliesterleri verilebilir. Sorbestin; yağ asitleri ile sorbitol anhidritler ve sorbitolün tri-, tetra- ve pentaesterlerinin karışımıdır. Enerji değeri 1.5 kcal/g'dır (Akoh 1998).

Yağlardan farklı kalorisiz bileşenler grubunda; parafin ve mineral yağlar, jojoba yağı ve polisiloksanlar yer alır. Jojoba yağı jojoba bitkisinin tohumundan elde edilir. Mono-doymamış uzun zincirli yağ asitlerini ve yağ alkollerinin ester karışımıdır. Gıdalarda kullanımı inceleme altındadır. Polisiloksanlar; kalorisiz, kimyasal olarak inert, hidrolize edilemeyen silika türevleridir (Huyghebaert ve ark. 1996).

Emülsiyeciler; gerçek yağ benzeri madde olarak sayılmazlar. Ancak, yağı azaltılmış sistemlerde reolojik özellikleri iyileştirirler (Flack 1996, Drake ve ark. 1998). Bunlar "yalancı yağ ikame maddeleri" olarak işlev görürler (Drake ve ark. 1998). Emülsiyeciler; sükroz yağ asidi esterleri, mono- ve digliseritler, sodyum stearol-2-laktilat, lesitin ve poligliserol esterleri gibi, hem hidrofilik hem de lipofilik özellikler gösterirler. Yüzey aktif

molekülleri olarak görev yaparlar ve formülasyonlarda yağın % 50'sine kadar yer değiştirebilirler. Bu maddeler; kayganlık sağlarlar ve reolojiyi kontrol ederler (Anonim 1996, Akoh 1998).

### **2.3.2 Yağ Taklidi Maddeler**

Yağ taklidi maddeler, karbonhidrat ve protein kökenlidirler ve gıda maddelerindeki doğal yağların duyuusal ve fiziksel özelliklerini taklit ederler (Huyghebaert ve ark. 1996). Yağ taklidi maddelerin kalori değeri 0-4 kkal/g'dır. Yağ taklidi maddeler genellikle önemli miktarda su absorblama özelliğine sahiptir. Ancak, kızartma için uygun değildir. Bununla birlikte çoğu yağ taklidi madde fırında pişirme işlemi için uygundur. Suda çözünür lezzet bileşenlerini taşıyabilirler, ancak yağda çözünür lezzet bileşenlerini taşıyamazlar (Akoh 1998).

Yağ taklidi maddelerin su tutma, dokuyu iyileştirme, stabilize etme, ağız hissini iyileştirme gibi başlıca işlevleri bulunmaktadır (Anonim 1998a). Yağ taklidi maddeler polar maddelerdir ve suda çözünürler. Yağda çözünmedikleri için; lezzet, doku ve ağız hissi gibi apolar maddelerin fonksiyonel özelliklerinin yerine geçemezler (Drake ve Swanson 1995).

#### **2.3.2.1 Protein Kaynaklı Yağ Taklidi Maddeler**

Birçok protein kaynaklı yağ taklidi madde; yumurta, süt, peynir suyu ve buğday gluteni gibi proteinlerden elde edilir (Akoh 1998). Proteinlerin yağ ikame maddesi olarak kullanımı, proteinlerin partiküler yapısı ile ilgilidir. Mikropartikülasyon adı verilen işlem, daha çok süt ve yumurta proteinlerine uygulanır. Bu işlemin temeli; kontrollü bir denaturasyon ve koagülasyon sağlamak için ısı ve yüksek kayma kuvveti uygulanmasına dayanmaktadır. Böylece proteinler, 0.1-3.0 µm arasında küçük küresel partiküller şeklini alır (Dziezak 1989, Huyghebaert ve ark. 1996).

Protein kaynaklı yağ taklidi maddelere en iyi iki örnek Simplese ve Dairy-Lo'dur. Simplese; 1988 yılında NutraSweet firması tarafından mikropartikülasyon işlemi ile peynir suyu, süt ve yumurtadan üretilen protein kaynaklı yağ taklidi maddedir (Dziezak 1989). 1990 yılında FDA tarafından güvenilir (GRAS) madde olarak kabul edilmiştir. Simplese; düşük kalori (1.3 kkal/g) verir ve kolesterol içermez (Küçüköner 1996). Mikropartikülasyon sırasında bir kısım protein iki kısım su ile sulandırılır ve bu nedenle 3 gram Simplese 4 kkal içerir (Doğan ve Küçüköner 1999). 1 g mikropartiküle protein ile 1 g yağ yer değiştirir. Bu kalori değerinin 9 kkal/g'dan 1.3 kkal/g'a düşmesi demektir (Huyghebaert ve ark.1996).



Dairy-Lo tatlı peynir suyundan üretilen süt proteindir. 1979 yılından beri FDA tarafından GRAS madde olarak kullanılmaktadır (Küçüköner 1996).

Diğer bir ürün “Trailblazer”dir. İzoelektrik noktaya yakın pH’larda ksantin-protein kompleksi lifi oluşturularak elde edilir. Bu lifli protein dokuyu iyileştirici ajan olarak kullanılır (Huyghebaert ve ark. 1996).

Diğer bir mikropartiküle protein; mısırdan elde edilen hidrofobik hububat proteinleridir. Kontrollü bir presipitasyon işlemi ile elde edilir. Toz olarak kurutulabilir ve iyi ısıl stabilite gösterir (Huyghebaert ve ark. 1996).

### **2.3.2.2 Karbonhidrat Kaynaklı Yağ Taklidi Maddeler**

Karbonhidratlar; uzun süredir yağların özelliklerini kısmen taklit eden ve dokuyu iyileştiren ajan olarak kullanılmaktadırlar (Huyghebaert ve ark. 1996). Karbonhidrat kaynaklı yağ ikame maddeleri oldukça fazladır.

Niştadan elde edilen yağ ikame maddeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü; bir çoğunun molekül ağırlığı ikame edilen yağın molekül ağırlığına eşittir. Ayrıca, son üründe istenilen kaliteyi sağlayabilmek için nişasta, farklı metotlarla modifiye edilebilir. Modifiye nişasta suda dağıldığında jel ve pelte oluşturur. Bu oluşum ortamdaki suyun absorplanıp, son üründe suyun tutulmasını sağlar. Böylece yağın ağızda bıraktığı hissi yaratır. Ayrıca, % 25 kurumaddeli ve gramında 1 kkal enerji içeren karbonhidrat jeli, gramında 9 kkal bulunan yağla yer değiştirir ve kalorige % 90 azalma sağlar (Alexander 1994, Doğan ve Küçüköner 1999).

Nişasta granülleri kullanım için çok büyüktür. Bu nedenle, lipid misellerinin boyutuna benzer büyüklükte küçük granül nişastaları izole edilmesi önerilmektedir. Asit ve/veya enzim hidrolizi ve mekanik sürtünme kombinasyonu nişastaların boyutunu 1.2-1.8µm ye düşürmek için kullanılabilir (Huyghebaert ve ark.1996).

Birçok nişasta kaynaklı yağ taklidi madde ticari olarak bulunmaktadır. Ticari ismi “N-Oil” olan ürün, tapioka nişastasının asit hidrolizi ile üretilen bir dekstrindir. Kalori değeri 1kkal/g’dır. Bir kısım dekstrin ve üç kısım su, dört kısım yağla yer değiştirir (Huyghebaert ve ark. 1996). Bu madde, 1984’ten itibaren ticari olarak bulunmaktadır (Dziezak 1989).

Maltodekstrinler; mısır, patates ve tapioka nişastasından asit ve enzim hidrolizi ile elde edilen tatsız yağ ikame maddeleridir. Maltrin 040 adlı ürün mısır nişastasından üretilen bir maltodekstrindir. Hemen hemen % 98 penta- ve daha yüksek miktarda oligosakkarit içerir. %

25'lik katı solüsyon olarak formüle edilen bu madde 1 kkal/g enerji verir (Huyghebaert ve ark. 1996). Maltodekstrinler, pürüzsüz ağız hissi ve kısa doku sağlarlar (Dziazek 1989). Patates nişastası kaynaklı bir maltodekstrin olan Paselli SA2, 3.8 kkal/g enerji verir. Bir kısım Paselli SA2 dört kısım yağla yer değiştirir (Dziazek 1989). N-Oil II ise tapioka maltodekstrinidir (Doğan ve Küçüköner 1999).

Modifiye mısır nişastası olan “Instant Stellar” kontrollü bir asit hidrolizasyonu ile üretilir. Bu asit işlemi nişasta granülünün amorf amilopektin yapısını hidrolizler. Suda büyük oranda çözünmez, ancak kremi yapı oluşturmak için kolayca dağılır ve su tutar (Huyghebaert ve ark. 1996). 1 kkal/g enerji verir (Doğan ve Küçüköner 1999).

Polidekstroz, esasen hacim artırıcı bir maddedir, fakat dokuyu iyileştirici ve kayganlaştırıcı özellikleri nedeniyle yağ taklidi madde olarak kullanılmaktadır. Sorbitol ve sitrik asit varlığında glikozun yüksek sıcaklıkta polimerizasyonu ile elde edilir. Ticari olarak “Litesse®” ismiyle bulunur. Bu madde sindirim enzimlerine karşı dayanıklıdır. Ancak bağırsak mikroorganizmaları tarafından metabolize edilir ve uçucu yağ asitleri ve karbondioksit oluşur. Kalori değeri 1 kkal/g'dır (Huyghebaert ve ark. 1996).

Mikrokristalize selüloz, asit hidrolizi ile hazırlanan selülozun kısmen depolimerize formudur. Suda dağılır ve ağızda yağlılık hissine katkıda bulunur. Ticari olarak birçok ürün bulunmaktadır. Bunlar arasında, “Avicel, Novagel ve Ex-cel sayılabilir (Huyghebaert ve ark. 1996). Novagel, % 90 selüloz ve % 10 guar gam karışımından oluşur Bu ürünün de ağızda verdiği his ve akışkanlık özellikleri yağa benzer ve enerji vermez (Küçüköner ve Doğan 1999).

Diğer bir yaklaşım diyet liflerinin yağ ikame maddesi olarak kullanımınıdır. Bunlara örnek “Raftiline” verilebilir (Huyghebaert 1996). Raftiline inulinin ticari şeklidir. İnülin, sıcak su ile hindiba kökünden ekstakte edilir (Anonim 1998a). Kalın bağırsağa kadar sindirilmez ve kalın bağırsakta ise bazı bakteriler tarafından fermente edilir. Suda çözünür ve 1 kkal/g enerji içerir (Huyghebaert ve ark. 1996). Ayrıca seçici olarak bazı yararlı bağırsak bakterilerinin (bifidobakteriler ve laktobasiller) gelişimini ve büyümesini artırdığından prebiyotik ve sinbiyotik özelliktedir (Anonim 1998a).

Gamlar; hidrofilik kolloidler ya da hidrokolloidler olarak gösterilen, uzun zincirli ve yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir. Suda çözünürler, gıdalarda su tutulmasını artırır, pürüzsüz bir doku oluşumunu sağlarlar ve parlak bir görünüş oluştururlar (Küçüköner 1996), viskozite ve jel oluşumu sağlarlar (Huyghebaert ve ark. 1996). Fonksiyonelliği su molekülleri ile

olan etkileşimlerine bağlıdır. Emülsiyonları ve süspansiyonları stabilize etmek ve sinerezi azaltmak gibi amaçlar için sıklıkla kullanılırlar (Huyghebaert ve ark. 1996). 1980 yılının başlarından beri yağsız ürünlerde kullanılmaktadırlar (Anonim 1996, Küçüköner 1996). Yağsız peynirlerde lastiksi dokuyu önlemek için kullanılmasına karşın, tam yağlı peynir ile aynı ağız hissini vermez (Brown 1993, Küçüköner 1996).

### **2.3.3 Yağ İkame Maddesi Kombinasyonları**

Gıdaların kompleks bir yapıda olması nedeniyle az yağlı üründe istenilen duyusal, fiziksel ve fonksiyonel özellikleri sağlamak, çoğu durumda tek bir yağ ikame maddesi ile mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, yağ ikame maddelerin kombinasyonlarının kullanımı söz konusu olmaktadır.

### **3. BİR YAĞ İKAME MADDESİ OLARAK OLESTRA**

#### **3.1 Olestra'nın Tanımı**

Ticari adı Olean olan olesta, sakkaroz ve birkaç esterleştirilmiş yağ asidinden oluşan karmaşık maddelerin kimyasal açıdan heterojen grubunu oluşturan sakkaroz polyesterlerinin bir sınıfını tanımlamak için kullanılan genel bir terimdir. Olestra ismi bu maddenin moleküler yapısından türetilmiştir. Kelimenin 'ol' kısmı oleinden, bir adet asit ile bir adet alkolün kimyasal bağını tanımlayan 'estra' kısmı da esterden gelmektedir. Özet olarak olestra terimi birkaç ester bağlı şeker molekülüyle yağ asidinin kimyasal bileşimini temsil etmektedir (Anonim 1987, Swanson ve Akoh 1994). Olestra, sakkarozun altılı yedili ve sekizli yağ asidi esterlerinin heterojen bir karışımıdır. Uzun bağlı yağ asitleri doymuş ya da doymamış olabilirler.

#### **3.2 Olestra'nın Tarihsel Gelişimi**

Halk Sağlığı otoriteleri son 20 – 30 yıl içerisinde yüksek oranda yağ içeren yiyeceklerin uzun vadeli sonuçları ile yoğun olarak ilgilenmiştir. Amerikan Kalp Birliği ve Amerikan Diyetetik Birliği gibi organizasyonlar makalelerde ve haberlerde kalp sağlığı ile ilgili hastalıklardan ve diğer rahatsızlıklardan kaçınmak için yağ tüketiminin azaltılması gerektiğini önermektedir. Pek çok insan sağlık konusunda bilinçli olmaya başlamış olmasına rağmen, hayat boyu yemek yeme alışkanlıklarını değiştirmek kolay olmamaktadır. Yüksek oranda yağ içeren yiyecek tüketimiyle sağlıklı olmanın orantılı olmadığı şeklindeki uyarılar 1999 yılında oldukça ihmal edilmiştir. Bu durum için yapılabilecek açıklamalardan biri, basitçe belirtmek gerekirse, insanların yağlı yiyeceklerin tadını, kıvamını ve ağızda bıraktığı hazzı seviyor olmasıdır.

Bununla birlikte çeşitli kuruluşlar ve neredeyse bütün medikal organizasyonlar aşırı derecede yağ tüketiminin tehlikeleri konusunda uyarıda bulunmaktadır. Diğer taraftan sağlıklı olmak için belirli miktarda yağ tüketiminin de önemli olduğunu dolayısıyla belirli miktarda yağ içeren gıdaların tüketilmesinin gerektiğinin de altı çizilmelidir. Yağlar hücre zarının önemli bir bileşeni oldukları ve suda çözünmeyen birçok vitamini kana ve vücuttaki diğer sıvılara ilettikleri için enerjinin ana kaynağıdır. Ayrıca,  $\alpha$ -linolenik asit gibi çoklu doymamış yağ asitleri hücre dengesinde önemli bir rol oynar. Esansiyel yağ asidi içeren yağların pek çoğu insan vücudunda

sentezlenemediği için bu eksiklik dışarıdan alınan gıdalarla giderilmelidir (Werner 1992). Genel olarak, bu gibi maddelerin eksikliği hücre faaliyetinde bozulmaya hatta tıbbi komplikasyonlara neden olabilir.

Obezite ciddi bir tıbbi hastalık belirtisidir ve genellikle yüksek yağ tüketiminden kaynaklanmaktadır. Çünkü yağların kilo aldırıcı enerji içeriği diğer tüm yiyeceklere oranla daha fazladır. Örneğin, her 1 gram yağ mevcut enerjinin yaklaşık olarak 9 kilo kalorisini içerir. Bunun karşılığında aynı gramda karbonhidrat ve protein için bu değer mevcut enerjinin yaklaşık olarak 4 kilo kalorisine kadar olmaktadır (Anonim 1990). Normal bir yiyecekteki fazla miktarda yağ, insan vücudunda yağ olarak depolanan aşırı miktarda enerjiye neden olur. Obezitenin sonuçlarında ise koroner kalp hastalığı, felç, yüksek tansiyon, göğüs kanseri, kolon kanseri, şeker hastalığı gibi hastalık riskleri mevcuttur (Anonim 1998a). Bu kaygılara cevap olarak, ABD Tarım Bakanlığı ve ABD Sağlık ve İnsani Hizmetler Bakanlığı 1985 yılında tipik bir beslenme alışkanlığındaki yağdan elde edilen enerjinin mevcut oran % 36'dan % 30 ve aşağısına düşürülmesi gerektiğiyle ilgili öneride bulunmuştur (Morrison ve Putnam 1991, Anonim 1990, David 1997). Ayrıca, ABD Sağlık ve İnsani Hizmetler Bakanlığı'nın 1991 yılında yaptığı çalışmalar tipik bir Amerikalı'nın beslenme alışkanlığındaki yüksek yağ oranının doymuş yağ asidi içeren yağlardan kaynaklandığını ortaya koymuştur (Anonim 1991). Tipik bir Amerikalı'nın beslenme alışkanlığı % 16 değerinde doymuş yağ asidi kaynaklı enerji içermektedir ki bu değer % 7 ile % 10 arasında olmalıdır.

ABD Sağlık ve İnsani Hizmetler Bakanlığı ve Ulusal Kolesterol Eğitimi Programı gibi kurumlar dengeli bir beslenmenin her gün 200 ile 300 miligram arası kolesterol içermesi gerektiğini önermektedir. Bilim insanları ve tıp otoriteleri tarafından kolesterolün yağsız yağ asidi olduğu kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalar düşük yoğunluklu lipoprotein'in (LDL) zarar verici etkileri ile yüksek kolesterolü yiyecekler ve doymuş yağ asitli yağlar arasında önemli bir bağlantı olduğunu gösterdiği için mideye giren kolesterol miktarının düşürülmesi gerektiği öngörülmektedir (Anonim 1999).

Yukarıda belirtilmiş olan unsurların yıllardır biliniyor olmasına rağmen son veriler Amerikan beslenme alışkanlığının daha az yağ tüketiminin lehinde değişmediğini göstermektedir. Amerikan Kalp Birliği 1998 yılında Amerikan nüfusunun % 55'inin fazla kilolu olduğunu hesaplamıştır. Bu oran 1990'da % 26 olan orana göre iki kat fazladır. Hatta günümüzde de bu

eğilim daha fazla LDL, diyet kolesterol ve doymuş yağ asiti tüketimine bağlı olarak artmaktadır (Anonim 1998c).

Beslenme alışkanlığındaki yüksek yağ oranıyla ilgili endişeler ve optimum vücut ağırlığına ulaşılmasına duyulan ilgi gıda üreticilerinin düşük yağlı ve lezzetli yiyeceklerinin üretilmesi için yeni yollar aramasına yol açmıştır. Bu yollardan biri, gıda ürününe katkı maddesi ekleyerek hem barındırdığı yüksek yağ miktarını düşürmek, hem de tadının değişmesini engellemektir. Diğer bir yol ise yağ türevli yiyecekler geliştirmek ya da yeni bileşimler kullanarak yiyeceklerdeki yağın tadına ve içeriğine benzeyen yağ ikame maddeleri geliştirmektir; fakat bu ikame maddeleri kullanıldıkları yiyeceğin toplam kalori veriminin düşmesi nedeniyle bağırsak yolunda emilememektedir (Swanson ve Akoh 1994). Bir başka deyişle, Amerikan beslenme alışkanlığında yağ oranının azaltılması için bir strateji, yağ içermeyen maddeler kullanmak iken bir diğer strateji de vücutta emilmeyen yağ ve yağ benzeri maddeleri kullanmaktır (Hamm 1984). Ne yazık ki, şimdiye kadar bu iki yaklaşım da kalitesiz ve pahalı ürünler elde edilmesine yol açmıştır. Yiyeceklerdeki yağdan kurtulma çalışmalarında kullanılan yağ ikame maddeleri iki kategoriye ayrılmıştır (Mattson ve ark. 1971). Bunlardan biri olan yağ taklitleri, yağın tadını ve içeriğini değiştirmekteyken; bir diğeri yağ ikame maddeleri ise, doğal yağlara fiziksel ve kimyasal açıdan benzemekte fakat enerji içeriklerinin vücuda verilmesini önlemektedirler. Genel olarak yağ taklitleri aynı gramajda yağ ikamesi olarak kullanılamazlar ve ısıtıldıklarında değişime uğrarlar. Yağ ikame maddeleri ise pişirme ve kızartma sıcaklıklarında değişime uğramazlar ve aynı gramajda doğal yağları ikame edebilirler (Anonim 1991, Swanson ve Akoh 1994).

Genel olarak sindirimi zor ya da sindirilemez ve emilemez yağlar geliştirmek için geçerli olan strateji kimyasal değişim ya da doğal bir yağ sentezlemektir (örneğin bir gliserol parçasının ester bağı ile üç yağ asidine bağlanarak trigliserid sentezlenmesi), ki bu yolla yağın bağırsakta sindirilmesi ve hidrolize yatkınlığı değiştirilebilir. Aynı zamanda, geliştirilen ürün doğal yağ kullanılarak yapılmışçasına tadını, içeriğini ve ağızda bıraktığı hazzı korumalıdır. Yağ ikamesi için önerilen yapı stratejileri aşağıdakileri içermektedir:

1. Trigliseridin içindeki gliserolu alternatif şekerlerle ya da polyollarla değiştirmek,
2. Yağ asitlerini alternatif asitlerle değiştirmek (gliserolun ester bağı dallı karboksili asit bağlarının yapısının korunması),

3. Ester bağlarını ters çevirme, örneğin gliserolu polikarboksili asit, amino asit ya da diğer çok işlevli asit ile değiştirmek ve uygun bir uzun bağlı alkol ile estere dönüştürmek,
4. Gliserolun ester bağı azaltarak eter bağı arttırmak (Hamm 1984, Singhal ve ark. 1991, Swanson ve Akoh 1994),

Procter ve Gamble'ın sahibi olduğu ticari adı olean olan olestra isimli ürünün kimyasal yapısı bahsedilen doğal lipitlerin fonksiyonel özelliklerini taşımaktadır. Bu ürünün pek çok yiyecekte kullanımı şimdiye kadar düşük kalori değerine ulaşılmasını ve ürünün pazarda kabulünü sağlamıştır. Olestra, uzun bağlı yağ asitlerinden yapıldığı için fiziksel özelliği doğal yağlar gibidir ve kimyasal yapısı değişime uğramadan ısıtılabilir. Ayrıca olestra yağın yiyeceklere verdiği aynı tadı ve aromayı verebilmektedir. Olestranın en beğenilen özelliği; bu büyük hacimli lipitin bağırsak tarafından hidroliz edilmiyor oluşu ve bağırsakta karışık misel faza girmiyor oluşudur. Yapılan bütün ilk çalışmalar olestranın bağırsak yolunda emilmediğini ve yiyeceğe kalori katmadığını göstermektedir (Bergholz 1992b).

Olestranın kalorisiz yağ ikame maddesi olduğu iddia edilmektedir ve yiyeceklerin yağsız olması konusunda yeni bir çağ açmıştır. Procter ve Gamble, Fred H.Mattson ve Robert A.Volpenhein ile birlikte iki bilim insanı olestrayı 1968'de yağın sindirimiyle ilgili çalışmalar yaparken şans eseri keşfetmiştir. Prematüre bebeklerin beslenmesinde kullanılan sütün içinde doğal olarak bulunan yağ asitlerinin haricindeki diğer yağ asitlerinin kaynağını bulmaya çalışırken kazara birkaç yağlı esterle esterleştirilmiş sakkarozun yer aldığı bir molekül sentezlemişlerdir. Şu anda, Procter ve Gamble olestrayı ticari amaçlı üretmektedir ve öncelikli olarak atıştırmalık yiyeceklerde kullanarak satmaktadır.

Diğer bilim insanları esterleştirilmiş yağ asidi-sakkaroz molekülünün özelliklerini incelerken (Hass 1977, Swanson ve Akoh 1994) kimyagerler de sakkarozla esterleştirilmiş yağ asitlerinin tanımını ilk olarak olestranın geliştirilmesinden bir asır önce yapmışlardır (Wei 1984, Swanson ve Akoh 1994). Yine de diğer bilim insanları bu bileşimlerin ticari amaçlar için uygun, verimli bir biçimde sentezlenmesinin diğer yollarını bulmuşlardır (Rizzi ve Taylor 1978).

1952 yılında çözücü özellikteki dimetilformamitteki sakkaroz gibi bileşimlerin polihidroksili gruplarının yağ asidi transesterifiyesiyle ilgili çalışma için bir patent yayımlanmıştır (Hass 1977). Bu yeni şeker türevlerinin sentezlenmesinin mümkün olduğunu göstermiştir. Tek ester ve çift esterden oluşan sakkaroz yağ asidi esterleri ilk olarak Şeker Araştırma Federasyonu'na danışılarak Foster D.Snell tarafından geliştirilmiştir (Wei 1984).

Lipofilik yağ asitlerinin hidrofilik şekerle esterleştirilmesi hidrofilik ve lipofilik aktif yüzey fonksiyonlu bir moleküle ulaşılması ile sonuçlanmıştır (Swanson ve Akoh 1994). Bir reaksiyon karışımındaki sakkarozdaki birden sekize kadar sayıda yağ asidi ikamesi moleküllerin lipofilik ya da hidrofilik karakterde olduğunu belirlemiştir. Esterleşme derecesi yağ asitlerinin karboksili gruplarıyla esterleştirilmiş şekerin hidroksili grup sayısı ile tanımlanmıştır. Esterleşmenin derecesini bir, iki ve üç estere kadar kontrol ederek sakkaroz yağ asidi polysteri fonksiyonel özellikleri gıda emülgatörleri için belirlenmiş hidrofilik-lipofilik denge değerine göre tahmin edilebilir (Akoh 1994, Wei 1984, Swanson ve Akoh 1994a).

Procter ve Gamble'da, araştırma geliştirme bölümündeki bilim insanları 1960'larda pankreatik lipaz ile sindirime karşı koyan eşsiz bir sakkaroz polysteri, yağ sindiriminde ve ester bağlarının hidrolizinde önemli görevi olan bir bağırsak enzimi keşfettiler. Procter ve Gamble 1970 yılında bu enzim için patent alarak bütün sakkaroz polysterlerinin kullanımı için fırsat elde etmiş oldu (Mattson 1971). 1975 yılında yapılan insan vücudundaki başarılı ön çalışmalardan sonra Procter ve Gamble, ABD Gıda ve İlaç Dairesi'nden olestranın yağ ikamesi olmasına ilaveten kolesterol düşürücü ilaç olarak kullanılması için talepte bulundular. 1987 yılında ise Procter ve Gamble katı yağ ve yemeklik yağın kalorisiz ikamesi olarak olestranın kullanılması için talepte bulundu (Giese 1996, Shikles 1992). Bu talebe göre Procter ve Gamble olestranın yemeklik yağın ve evde kullanılan katı yağın % 35 ine kadar ve atıştırmalık yiyeceklerin kızartıldığı ticari amaçlı fritözlerde kullanılan yağın % 75 ine kadarlık kısmında ikame edilmesini talep ettiler. Fakat, Procter ve Gamble iddialarını destekleme adına belirtmeleri gereken özel kullanımı tanımlamakta başarısız olduğu için bu talebe olumlu yanıt alamadılar. Bu talebin reddedilmesinin önemli bir sebebi inceleme esnasında ABD Gıda ve İlaç Dairesi'nun yönelttiği sorulara tatmin edici cevaplar verememeleri oldu. Olestranın yiyeceklerdeki kalori seviyesini düşürme konusunda yeterli olmadığı kararlaştırıldıktan sonra Procter ve Gamble 1975 ve 1987 yıllarında yaptıkları talebi geri çekti (Giese 1996, Shikles 1992).

1987'den itibaren Procter ve Gamble, olestranın doğal yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini birebir yansıtması için kimyasal yapısını değiştirmek durumunda kaldılar. 1990 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi'nun isteklerini gerçekleştirebilmek adına, Procter ve Gamble taleplerinde olestranın sadece patates cipsi, kraker, puf böreği gibi atıştırmalıkların hazırlanmasında kullanılan doğal yağların ikamesi için kullanılması değişikliğine gittiler (Giese 1996, Shikles 1992). Olestranın evde kullanılan ve ticari amaçlı kullanılan yağların ikamesi



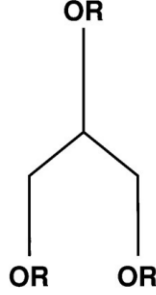
olması için talepte bulunmaktan vazgeçtiler. 1996 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi, Procter ve Gamble'ın revize ettiği talebini kabul etti (Klis 1996, Giese 1996).

Bununla birlikte, olestranın güvenli olup olmadığı konusunda yoğun bir endişe oluştu. Yapılan birtakım çalışmalar olestranın bazı insanlarda yoğun bağırsak hareketine sebep olduğu, dolayısıyla yağda çözünen vitaminlerin ve diğer yapı maddelerinin vücutta emilmesine engel oluşturduğunu gösterdi. Bu problemin önüne geçmek için olestra ile hazırlanan yiyeceklere yağda çözünen vitaminler de katılmaya başlandı. ABD Gıda ve İlaç Dairesi olestranın onayını verirken olestra ile hazırlanan atıştırma ürünlerinin paketinde yan etkileri olabileceğini gösteren ikazlar bulunması şartını koydu.

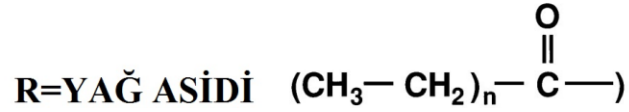
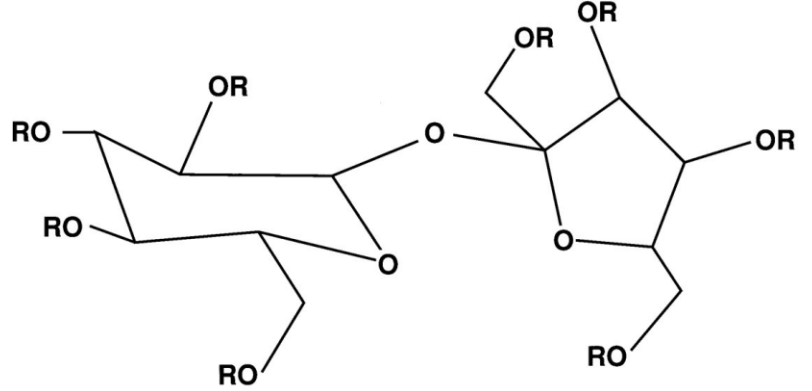
30 yıl içerisinde Procter ve Gamble şirketi olestranın geliştirilmesi ve üstün kaliteli sakkaroz polyesterleri bulunması için 500 milyon doların üzerinde yatırımda bulundu. Doğal yağların alternatifi olarak kullanılacak sindirilemeyen yağ ikame maddeleri üretmenin yollarını araştırdılar (Glueck ve ark. 1982, Jandace 1991). 1976 yılında Procter ve Gamble şirketinin olestranın kalori düşürücü olarak kullanılmasıyla ilgili talebi daha sonra geçici olarak geri çekilmiş olsa dahi 24 Ocak 1996 tarihinde ABD Gıda ve İlaç Dairesi yetkilisi David Kessler tarafından kabul edildi. Fakat bu onay olestranın bu amaçla sadece patates cipsi, tortilla cipsi, puf böreği, kraker ve diğer tuzlu atıştırma ürünleri gibi belli atıştırma ürünlerinde kullanılmasını şart koştu (Anonim 1996, Klis 1996, Giese 1996). Procter ve Gamble şirketi ya da diğer üreticiler tarafından üretilen olestra barındıran tüm yiyeceklerde 'Bu ürün olestra içermektedir. Olestra mide kramplarına ve ishale sebebiyet verebilir.' şeklinde bir uyarı bulundurulması zorunlu tutuldu. Buna rağmen Procter ve Gamble olestra içeren ürünleri girişken bir şekilde piyasaya sürdü. Olestra piyasada yaklaşık 20 yıldır yer almaktadır ve halk sağlığı açısından doğabilecek yeni endişeler devam etmektedir. Bu endişeler olestranın tüketiminin uzun vadeli etkileri ve olestra içerikli gıda bileşiminin insan vücudundan boşaltıldıktan sonra doğada nasıl ayrıştığıdır. Ticari amaçlı kullanılmakta olan olestra bir sakkaroz molekülünden ve her biri 12'den fazla karbon atomlarından oluşan yağ asidi moleküllerinin bir birleşiminden meydana gelmektedir (Bergholz 1992a, Miller ve Allgood 1993). Olestranın yapısı doğal trigliseridlerle kimyasal benzerlik taşıdığı için (Şekil 3.1) her molekül karşılaştırılabilir fiziksel ve duyu özelliklere sahiptir (Glueck ve ark. 1982). Kimyasal benzerliklere rağmen olestra diğer yağlardan daha iri bir molekül olduğu için yağ azaltıcı enzimler için uygun bir substrat değildir. Olestra insan sindirim

sisteminden bağırsak duvarının hücreleri tarafından hidroliz edilmeden ve emilmeden geçebilmektedir (Freston ve ark. 1997).

## TRIGLİSERİD



## OLESTRA



Şekil 3.1 Olestranın şematik yapısının trigliseridin şematik yapısıyla karşılaştırması

### 3.3 Olestra'nın Sentezi

Karbonhidrat yağ asidi esterleri olestra gibi orta ile yüksek ikame derecesine sahiptir (İkame Derecesi: Bileşimdeki ester gruplarıyla yer değiştiren hidroksili gruplarının sayısı). Bu bileşimler fiziksel ve kimyasal özellikleri doğal yağlara benzer olarak lipofilik, sindirilemez ve emilemezlerdir. Düşük kalorili yiyecekler üzerinde yapılan araştırmalar olestra gibi karbonhidrat polyesterlerinin kullanım alanının genişletilmesi olasılığına odaklanmıştır. Masrafı az, yüksek getirili ve yüksek hacimli sentez işlemi için yapılan araştırma yoğun ve oldukça rekabetçidir.

Karbonhidrat yağ asidi polyesterlerinin ilk sentezi sakkaroz polyesterlerine odaklanmıştır fakat artık çalışmaların birçoğu monosakkarit polyesterler, disakkarit polyesterler (sakkarozdan farklı olarak), rafinoz polyesteri, nişasta polyesteri ve alkil glikozid polyesteri ve trisakkarit polyesterler gibi karbonhidrat bazlı polyesterlerin sentezine yönelmiştir.

Karbonhidrat polyesterlerinin sentezi ilk olarak Matson ve ark. (1971), Rizzi ve Taylor (1978), Feuge ve ark. (1970), Rizzi ve Taylor (1976), Jandacek ve Webb (1978)'i gibi bazı bilim insanları tarafından araştırılmıştır. Bu araştırma için esas ilgi yağ asitlerinin kaynağı olarak pamuk yağı, soya fasulyesi yağı, palm yağı, hindistan cevizi yağı ve mısır yağı gibi çeşitli bitkisel yağları kullanma merkezli olmuştur. İkame derecesi 4'den büyük olan karbonhidrat yağ asidi polyesterleri Feuge ve ark. (1970) tarafından tanımlanan interesterifikasyonun (basit ester-ester değişim reaksiyonu) çözücüsüz yöntemiyle hazırlanabilir. Bu işlem erimiş sakkarozla uzun bağlı yağ asidi metil esterlerini 170 ile 187 °C arasındaki sıcaklıkta lityum sabunu, sodyum ya da potasyum katalizörlüğünde karıştırmaya bağlıdır. Bu reaksiyondaki sınırlayıcı etmen sakkarozun 185 °C sıcaklıkta karamelleşmesidir. Sonra işletici, reaksiyonun oranı maksimum derecesine ulaştığında tepkiyenlerden birinin ayrıştığı reaksiyon dizisiyle karşılaşır. Bu endüstriyel ölçekli işlemler için önemli bir sınırlamadır. İnteresterifikasyon ile ilgili bir diğer önemli problem de dimetilasetamid, dimetilformamid ya da dimetilsülfinon gibi zehirli çözücülerin üründen yüksek getiri elde etmek için homojen bir yapı oluşturmaları gereğidir (Mattson ve ark. 1971, Feuge ve ark. 1970, Bobalek 1977, Weiss ve ark. 1971, 1972). Şimdiye kadar bu problemlerin başa çıkılmaz olduğu kabul edilmiştir ve bu interesterifikasyon reaksiyonunun gıda endüstrisinde çok nadir kullanımına yol açmıştır.

4'ten 8'e kadar yağ asidi ile bağlanan sakkarozun karbonhidrat polyesterleri asit klorür, anhidrid ya da aril esterleri gibi oldukça reaktif asillenmiş etkin maddeler ile hazırlanabilir (Rizzi ve Taylor 1978). Bu ürünlerde ikame derecesi 3'ün üstüne çıktığında bağırsak lipazlarıyla lipoliz oranı azalır. Akoh ve Swanson (1987, 1991) ve Mattson ve Nolen (1972)'in yer aldığı iki araştırma grubu ikame derecesinin artmasıyla ikame edilen yağ asitlerinden kaynaklanan yapısal engelin arttığını ve lipolitik enzimlerin aktivitesinin bariz bir şekilde azaldığını göstermişlerdir.

Mattson ve ark. (1971) bir parça sorbitol ile dimetilasetamiddeki etil oleatın beş parçasının sodyum metoksid katalizörlüğünde ısıtarak sorbitol hekzaoleatı sentezlemişlerdir. 180 °C sıcaklıkta yaklaşık olarak beş saatlik reaksiyon süresi en verimli sonucu vermiştir.

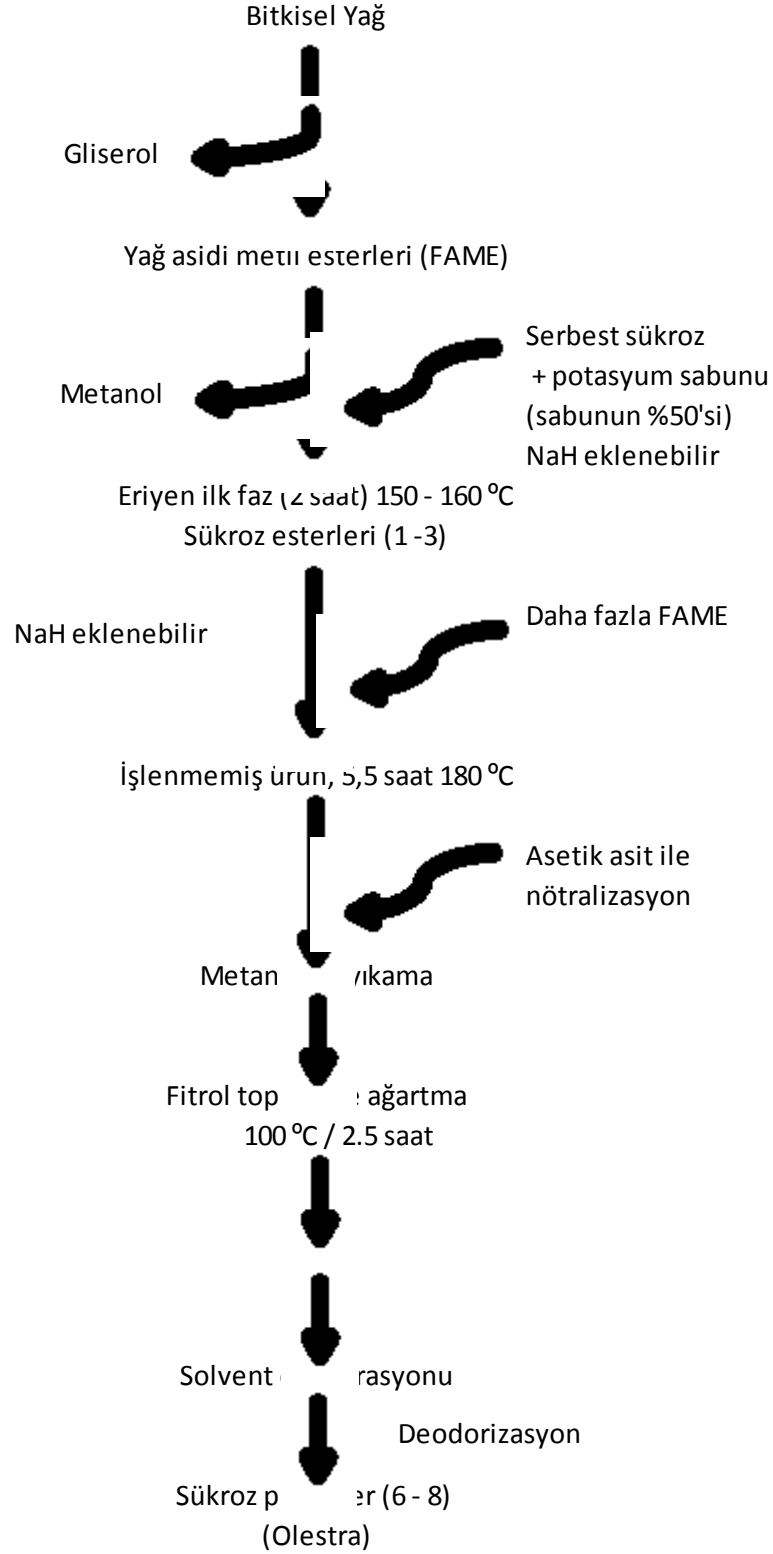
Öte yandan, sorbitol polyesterlerin enzimatik sentezi üzerindeki araştırmalar başarılı sonuç vermemiştir. Seino ve ark. (1984) ikame derecesi 4'ten düşük olan sorbitol yağ asidi esterlerinin sentezinde başarılı olmuşlar fakat bu bileşimler sindirilebilir olduklarından sıfır kalorili yağ ikame maddesi olarak kullanımda yararlı olmamıştır (Seino ve ark. 1984, Akoh 1994, 1995). İkame derecesi 4'ten küçük olan sorbitol esterler gıda endüstrisinde emülgatör olarak

kullanılmaktadırlar. Akoh (1995) ikame derecesi 4'ten fazla olan karbonhidrat polyesterlerinin enzimatik sentezinin yapısal engelden dolayı çok zor olduğunu belirtmiştir ve bu nedenle bunlar ticari amaçlı kullanılmamıştır.

Rizzi ve Taylor (1976, 1978) zehirli çözücülere izin vermeyen karbonhidrat polyesterlerinin sentezi için çözücüsüz iki aşamalı bir reaksiyon dizisi tanımlamıştır. İlk aşamada, homojen bir eriyik oluşturma adına yağ asidi metil esterinin serbest sakkarozla 3:1 mol oranında reaksiyonuna yarım saat sürede 2:3 oranda potasyum sabunu eşliğinde izin verilmiştir. Bu aşamada, ürün ikame derecesi 1 ile 3 arasındaki esterlerin küçük bir miktarı eşliğindeki sakkaroz esterlerini içermiştir. İkinci aşamada, aşırı miktarda yağ asidi metil esterleri ve daha çok potasyum hidrat eklenmiş ve % 90 ürün verimli, ikame derecesi 7 ile 8 arasında sakkaroz polyesterlerinin üretilmesi için ilave 6 saat boyunca 130 ile 150 °C arası sıcaklıkta tepkimesine izin verilmiştir. Her iki aşamada da, alkali metal hidratları ile suktrat iyonu meydana gelmiş (Rizzi ve Taylor 1978) ya da sodyum-potasyum alaşımının sakkaroz esterleri meydana getiren reaksiyonu katalize etmesine yardım edeceğine inanılmıştır (Şekil 3.2). Bu işlemin iki dezavantajı mevcuttur:

1. İki aşamalı reaksiyonun 8-9 saat kadar uzun süreli reaksiyon zamanına gereksinim duyması
2. Yağ asidi metil esterlerinin sakkarozla 16:1 mol oranına gereksinim duyması ki bu ekonomik değildir.

Rizzi ve Taylor yöntemiyle sentezlenen olestra % 99,7 oranında okta ve hepta esterlerden ve % 0,3 oranında hekza ve daha düşük sayılı esterlerden oluşur. Ester gruplarını oluşturan yağ asitlerinin oransal bileşimi % 19'u palmitik, % 4'ü stearik, % 33'ü oleik, % 34'ü linoleik, % 9'u behenik ve % 1'i diğer maddeler olacak şekildedir. Rizzi ve Taylor'un yöntemi (1978) Hamm (1984) tarafından değiştirilmiştir. Hamm reaksiyonun başında metil oleat ve sodyum hidrat eklemiştir ve daha sonra küçük arttırmalarla sakkaroz eklemiştir. Hamm (1984) bu yöntem ile % 100 teorik verimde sakkaroz yağ asidi polyesterleri elde etmiştir fakat ürünün ikame derecesi 4 ile 8 arasında olmuştur.



Şekil 3.2 Procter ve Gamble'in olestra sentezinde kullandığı işlemin şematik diyagramı.

(Akoh 1994, 1995)

Sakkaroz oktaasetatı ile metil palmitatın % 2 oranında potasyum ya da sodyum katalizörlüğünde, 110-130 °C sıcaklıkta, 3 ile 6 saat reaksiyon süresinde 15-25 milimetre cıva basınçta tepkimesiyle % 80-90 verimde sakkaroz polyesterinin oluşturulduğunu belirtmişlerdir. Bu işlemde, sakkaroz oktaasetatın saf eriyiği ve palmitik metil ester katalizör eklenmeden oluşmuştur. Verim sakkaroz oktaasetatın başlangıç adetine göre hesaplanmıştır. Saf sakkaroz oktapalmitatın verimi, yağ asidi metil esterlerinin sakkaroz oktaasetata olan mol oranının 10:1'e yükseltilmesiyle önemsenecek düzeyde artmamıştır (Akoh 1994a).

Volpenhein (1985), katalizör olarak potasyum karbonat ya da baryum karbonatın kullanıldığı bir karbonhidrat, yağ asidi metil esterleri, 2-metoksi etil ya da benzil ester, alkali metal yağ asidi sabunu karışımını ısıtarak homojen bir eriyik oluşturmak için özgün çözücüsüz bir işlem geliştirmiştir. Daha sonra, karbonhidrat yağ asidi polyesterlerinin 110-180 °C sıcaklıkta ve 0,1-760 milimetre cıva basınçta verimini arttırmak için fazla miktarda asil bağışçısı eklenmiştir. Bu işlem için en uygun katalizör potasyum karbonat olmuştur ve işlemin ikinci adımı 2 ila 8 saat arasında sürmüştür. Yağ asidi metil esterlerinin serbest sakkarozla mol oranı 12:1 olmuştur. Elde edilen ürün % 36'dan % 85'e verimde oktaester ile ikame derecesi yüksek polyesterlerin karışımıdır.

Yamamoto ve Kinami (1986) homojen bir eriyik elde etmek için 120-180 °C sıcaklıkta, 10 milimetre cıvadan düşük basınçta ikame derecesi 1,5 olan sakkaroz oleatının karışımı, eriyik sakkaroz, metil oleat ve katalizör olarak sodyum ya da potasyum karbonat kullanmıştır. Tepkimenin tamamlanması için gereken süre tepkime koşullarına değişiklik göstermekle birlikte genel olarak 1 ile 3 saat arasında olmuştur. Hem Volpenhein (1985)'in, hem de Yamamoto ve Kinami (1986)'nin yöntemleri tepkime vermeyen yağ asidi metil esterlerinin ayırmak için 60 ile 150 °C arasında moleküler damıtmaya gereksinim duymuştur.

Son zamanlarda, Akoh ve Swanson (1990) sakkaroz oktaasetatının başlangıç ağırlığına dayalı saflaştırılmış sakkaroz polyesterinden % 99,6 ile % 99,8 arasında verim elde edilen sakkaroz polyesterlerinin optimize edilmiş bir sentezini bildirmişlerdir. Bu, sakkaroz oktaasetatının karışımını, katalizör olarak % 1-% 2 oranda sodyum metalini ve bitkisel yağın yağ asidi metil esterlerini içeren tek aşamalı çözücüsüz bir işlemdir. Isıtma işlemi uygun bir verim elde etmek adına reaksiyon karışımı oluştuktan sonra yapılmıştır. İlk etapta eriyiğin eldesi ısıtma işlemi uygulandıktan 20 ile 30 dakika sonra gerçekleşmiştir fakat yüksek verimler 105 ile 110 °C sıcaklığa ulaşıldığında elde edilmiştir. İdeal sentez için 0 ile 5 milimetre cıva basınçta yaklaşık

olarak iki saate gerek duyulmuştur. İnteresterifikasyonun sonucunda elde edilen uçucu metil asetatı yararlı üründen  $-196^{\circ}\text{C}$ 'deki sıvı nitrojen ile ayrılmıştır.

Bu işlemin öncelikli amacı Akoh (1994)'un belirttiği üzere sakkarozu ısı kaybından ve karamelizasyondan koruyan asetat gruplarının sakkaroz oktaasetatından kolayca ayrılmasıdır. Bu yüksek verimli ürünlerin eldesini, daha kolay yalıtımı ve kullanılan ürünün geri kazanımını sağlar. Yağ asidi metil esterlerinin sakkaroz oktaasetatına tercih edilen mol oranı 8:1 dir. Çünkü bu stokiometrik reaksiyona yardımcı olur. Sakkaroz polyesterinin (olestra) ideal sentez reaksiyonu durumu Çizelge 3.1'de daha iyi gösterilmiştir.

Akoh ve Swanson (1990)'un bildirdiği veriler daha önceki araştırmacıların (Hamm 1984, Rizzi ve Taylor 1978, Feuge ve ark. 1970) bildirdiği verimlere göre yüksek olmuştur. Metanol ve hekzan ile yapılan yıkama işlemi (Şekil 3.3) tepkime vermeyen yağ asidi metil esterlerini ve ikame derecesi 1-3 arasında olan sakkaroz polyesterlerini ayırmıştır (Akoh ve Swanson 1987 ve 1990, Yamamoto ve Kinami 1986). Yağ asidi metil esterlerinin sakkaroz oktaasetatına molar oranını 12:1'e yükseltmek olestranın verimini % 90,4'ün üzerine çıkarmamıştır. Mol oranı 6:1'e düşürüldüğünde ise olestranın verimi % 87,6'ya düşmüştür. Bu, ideal mol oranının 6:1 ile 12:1 arasında olması gerektiğini göstermektedir. Mol oranı 8:1'e getirilince olestranın veriminin % 99,8'e yükseldiği gözlemlenmiştir (Akoh 1994a, 1995).

Akoh ve Swanson'un bu tek aşamalı, çözücüsüz interesterifikasyon işleminde, Akoh ve Swanson bir diğer yeni sakkarit polyesterlerinden (monosakkarit polyesterler, disakkarit polyesterler, trisakkarit polyesterler) bahsetmişlerdir ki bu işlem olestra ile karşılaştırıldığında % 97,5 trehaloz oktaoleat verimi ya da % 96 sorbitol hekzaoleat verimi sağlamıştır.

Özet olarak, sakkaroz okteasetatı kullanılarak yapılan olestra sentezi en ideal biçimde  $105^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta, iki saat reaksiyon süresinde, tek aşamalı ve çözücüsüz bir işlemdir (Akoh ve Swanson 1987). Şekil 3.2 ve 3.3'te görüldüğü gibi olestranın hazırlanmasında Akoh ve Swanson'un uyguladığı işlem Procter ve Gamble'in uyguladığında göre zaman ve maliyet açısından daha avantajlıdır (Akoh 1994).

**Çizelge 3.1** Sakkaroz polyesterin sentezlenmesi için gerekli optimum reaksiyon koşulları  
(Akoh ve Swanson 1990, Akoh 1994a)

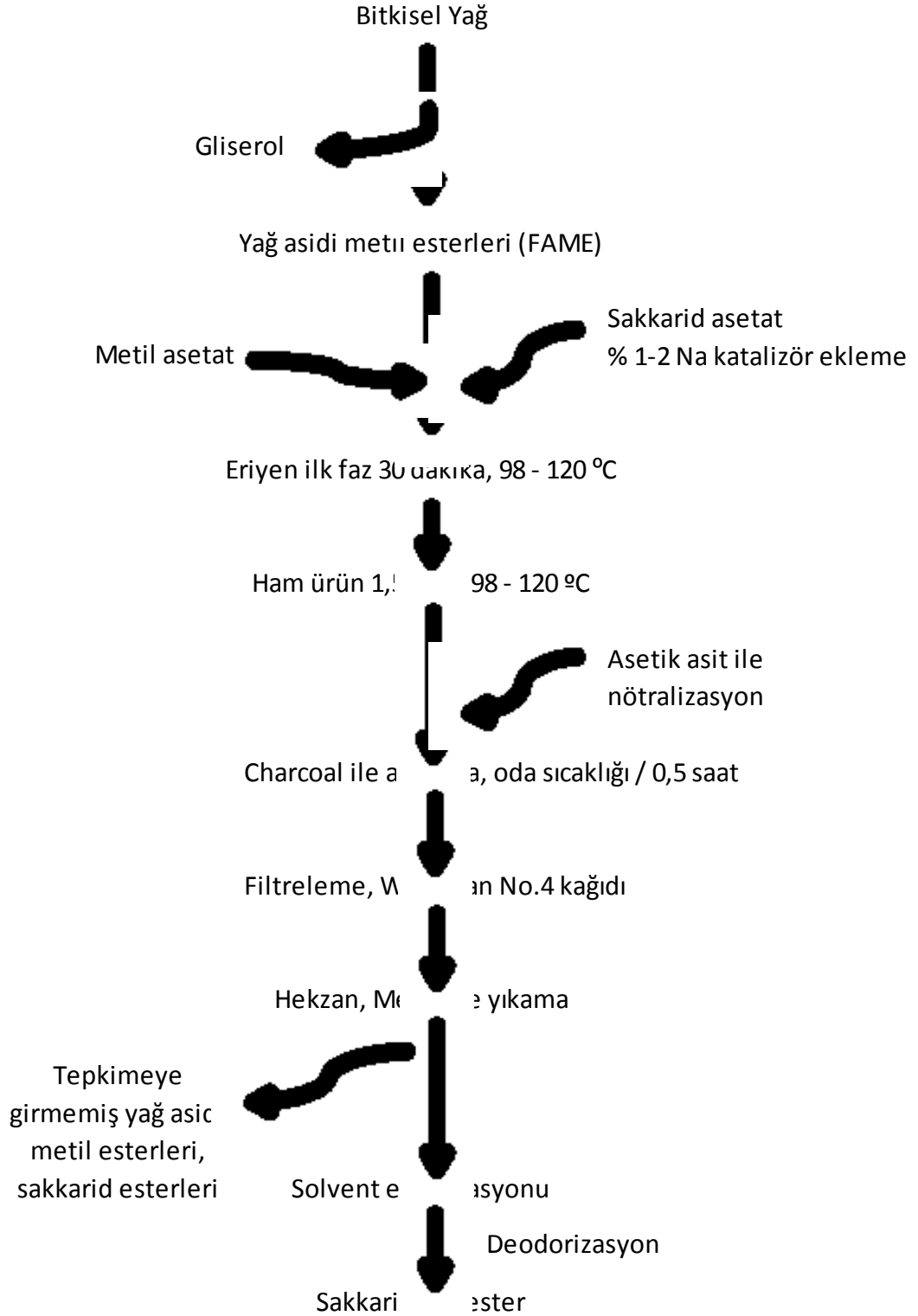
Yağ	Molar oran FAME : SOAC*	Reaksiyon zamanı (Saat)	Sıcaklık (°C)	Katalizör (%) ***	Verim (%)
Soya SPE**	10:1	2	120	1	52
FAME ve metil stearat	8:1	2	110	2	99,6
Sükroz polyoleate	8:1	2	110	2	99,8
Sükroz polyoleate	12:1	3	105	2,5	90,4
Sükroz polyoleate	6:1	2,5	112	3	87,6
Sükroz polyoleate	10:1	2	110	2	94,5

\* FAME : SOAC - Yağ asidi metil esterleri : sükroz oktaasetat

\*\* İki aşamalı proses ile ilk aşamada Na ve SOAC ile eritilmesi ile oluşan ve ikinci aşamada FAME eklenerek sentezlenmiş SPE.

\*\*\* Katalizör yüzdesi, Sükroz poliesteri (olestra) sentez prosesine sodyum metalleri eklenmesi





**Şekil 3.3** Akoh ve Swanson işlemi ile sakkarit polyeşterinin oluşumunun sentezi için şematik diyagram (Akoh 1994a, 1995)

### 3.4 Olestra'nın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çeşitli uzunluktaki (C12'den C24'e kadar) yağ asidi yan zincirleri ile yapılan olestranın fiziksel özellikleri hakkında birtakım çalışmalar yapılmıştır ve olestrada bulunan yağ asidi konsantrasyonunun yüzdesi Çizelge 3.2'te gösterilmiştir. Akoh ve Swanson'un 1990 yılında yaptığı bir çalışmaya göre olestranın salata yağı ile aynı görünüme ve kıvama sahip olduğu görülmüştür. Jandacek ve Webb (1978) saf sakkaroz oktaesterlerinin (olestra) doğal yağlarla neredeyse birebir fiziksel özellikler gösterdiğini keşfetmiştir. Olestrayı da içeren sentetik yağların fiziksel özelliklerinin tartışmasında, Hamm (1984) pek çok yiyecekte kullanılan bu tip yağların en uygun fiziksel özelliklerini bulma adına doymamışlık derecesinin ve yağ asitlerinin zincir uzunluklarının değiştirilmesi konseptini tanımladı.

**Çizelge 3.2** Olestradaki çeşitli yağ asitlerinin içeriği (Allgood ve ark. 1997)

<b>Bileşen</b>	<b>Yağ asidi konsantrasyonu (%)</b>
<b>Ana bileşenler</b>	
Total okta-, hepta-, hekzaester	≥ % 97
Oktaester	≤ % 70
Doymamış yağ asidi	% 25 - 83
Doymuş yağ asidi	≤ % 75
C16 + C18 yağ asitleri	≥ % 78
C20 ve daha uzun yağ asitleri	≤ % 20
<b>İkincil bileşenler</b>	
Hekzaester	≤ % 1
Penta- ve daha az esterler	≤ % 0,5
C12 + C14 yağ asitleri	≤ % 1
Serbest yağ asitleri	≤ % 0,5

Genel özellikler: Olestra kokusuzdur, yumuşak bir tada sahiptir, uçucu değildir ve altın sarısı ile ayva sarısı arasında renge sahiptir. Olestranın tabiatı doymamış yağ asitlerinden etkilenmiştir. Az miktarda çoklu doymamış yağ asitleri parlak renkte ve sıvı halde iken, çok miktarda doymuş yağ asitleri donuk ve katı haldedir (Akoh ve Swanson 1990). Sıvı form yalnızca safran ve mısır yağı gibi doğal yağlara güçlü bir benzerlik taşımaktadır. Ticari olestranın ortalama moleküler ağırlığı 2400 daltondur ve yoğunluğu saf suyun 0,88'i ile 0,91'i arasında değişmektedir ve su ile yüzeylerarası gerilimi yalnızca safran yağına benzerlik göstermektedir. Olestra düşük sıcaklıklarda katı halde iken oda sıcaklığında yarı katı ya da sıvı haldedir. Bu özellik yağ asitlerinin ikame derecesine ve doymamışlık derecesine bağlıdır (Swanson ve Akoh 1994). Genel olarak, olestra lipofiliktir ve bu nedenle yağda çözünen vitaminler ve diğer besinler gibi lipofilik bileşenlerin emilimini engelleme imkanı vardır (Jandacek 1982).

Doğal yağlar katı ya da sıvı olsun bağırsak yolundaki enzimler ile hidroliz edilirler ve ayrıca bağırsak duvarının hücreleri ile emilirler. Buradan da dolaşım sistemi ile vücut hücrelerine taşınırlar. Doğal yağlar ayrıca bağırsak lümenindeki bakteriler ile hidroliz edilebilirler ve açığa çıkan yağ asitleri ya bakteri tarafından kullanılır ya da bağırsak duvarının hücrelerince tutulur. Açığa çıkan yağ asitleri fazla miktarda enerjinin açığa çıkması ile vücut hücreleri tarafından oksitlenirler. Doğal yağlar bağırsak lipazları ya da bakteriyel lipazlar aracılığıyla bozulurken buna karşın olestra doğal yağlarla karşılaştırıldığında daha iri ve daha kompleks bir moleküldür ve insan vücudundaki lipazlar ve diğer enzimler için ve bağırsak bakterileri için uygun değildir. Yapısal engelin olestra ile hidroliz enzim-substrat ikilisinin oluşmasını önlediği kabul edilmektedir. Olestra iri bir molekül olduğu için hücre yüzeyinden geçememektedir ve bağırsak tarafından emilmemektedir (Lawson ve ark. 1997).

Daha önce bahsedildiği gibi olestra geleneksel trigliseridlerden farklıdır. Çünkü olestra memelilerin gastrointestinal yolunda ya da insan bağırsağında bulunan bağırsaklarca emilmemekte ve hidroliz edilmemektedir (Mattson ve Volpenhein 1972a, Mattson ve Nolen 1972, Jandacek 1991, Nuck ve ark.1994). Olestranın insan sindirim yolundan etkisiz bir madde olarak geçtiği ve kalori vermediği görülmektedir (Allgood ve ark.1997, Lawson ve ark. 1997).

Hidrofilik-lipofilik denge: Hidrofilik-lipofilik değerler sudaki yüzey etkin maddelerin çözünürlüğü ya da çözünmezliğini belirlemek için kullanılır. Olestra 2 ile 6 arasında hidrofilik-lipofilik değere sahiptir. Yani yağ içinde su emülsiyonu oluşturmak için kullanılabilirler. Hidrofilik-lipofilik değerler zincir uzunluğu, zincir tipi ve sakkaroz parçasına bağlanan yağ asidi

molekölü sayısı ile değişmektedir (Akoh 1995). Bu özellik margarin, karamel, şeker, katı yağ, çikolata ve tereyağı gibi gıda ürünlerinde emülgatör üretimi için yararlıdır (Gupta ve ark. 1983) (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3** Sakkaroz polyesterlerin ve rafinoz polyesterlerin su sayısı ile lesitin ve sentetik yüzey etkin maddelerinin karşılaştırıldığı hidrofilitik-lipofilitik denge (Akoh 1994a)

<b>Örnek</b>	<b>Su sayısı ile hidrofilitik - lipofilitik denge</b>
Soya yağı SPE	3.0
Soya yağı RPE	4.5
Olestra	3.5
Rafinoz polyoleate	6.0
RPE (80:20) aspir FAME ve metil stearat	2.0
SPE (90:10) aspir FAME ve metil stearat	3.5
Lesitin	4.2
Sorbitan monostearat	4.6
Sorbitan monostearat	13.0

SPE, sükkroz poliester  
RPE, rafinoz poliester  
FAME, yağ asidi metil esteri

Çözünürlük: Olestra polar olmayan lipofilitik bir moleküldür. Olestra 5 ile 42 mg/L suda çözünmez ve pek çok organik çözücüde ve oktanollu yağlarda çok çözünürdür. Akoh ve Swanson (1990) olestranın su, etanol, soya fasülyesi yağı, yalancı safran yağı, hekzan, kloroform ve gliserin gibi çeşitli çözücülerdeki çözünürlüğünü bildirdiler (Çizelge 3.4). Bu araştırmanın önemli bir kısmı Çizelge 3.4’da yer almaktadır.

Oksidatif denge: Hem olestra, hem de doğal yağlar için yüksek sıcaklıkta meydana gelen üstün kimyasal değişiklikler yağ asidi bileşenleri kapsayan oksidatif tepkimelerdir. Kızartma gibi yüksek sıcaklık bozunmalarının yan ürün prensibi kökçe grupları olarak açığa çıkan ve sonra doymamış bağ kümelerine bağlanarak katılan dimer ve trimerlerin oluşumu üzerinedir. Hem olestra, hem de benzer yağ asidi bileşimi olan geleneksel yağlar aynı koşullarda benzer polimerizasyon tepkimelerine maruz kalırlar (Gardner ve Sanders 1990, Henry ve ark. 1992).

Olestra kızgın yağda pişirmede gerçekleşen sıcaklıklara ısıtıldığında, olestranın viskozitesi polimerlerin oluşmasıyla kısmen artmaktadır (Allgood ve ark. 1997). Bu oksidatif tepkimeler antioksidanların eklenmesiyle azalabilir. Örneğin, yapılan bir çalışmada olestranın dengesi üçüncül büttilhidrokinon gibi yaygın bir ticari antioksidanın bileşiminin % 0,02 ağırlığında eklenmesiyle artmıştır (Akoh 1994b).

**Çizelge 3.4** Sakkaroz ve rafinoz polyesterlerin Ryoto Şeker Esterleri'yle kıyaslanmış çözünürlük özellikleri (Akoh 1994a)

Yağ	Solvent ve sıcaklık (°C)													
	Su		Etanol		Soya yağı		Aspir yağı		Gliserin		Kloroform		Hekzan	
	25	75	25	75	25	75	25	75	25	75	25	75	25	75
Olestra, soya yağı	I	I	I	PS	S	S	S	S	PS	S	S	S	S	S
Olestra, soya yağı	I	I	I	PS	S	S	S	S	PS	S	S	S	S	S
Olestra	I	I	I	PS	S	S	S	S	PS	S	S	S	S	S
Rafinoz polyoleate	I	I	I	PS	S	S	S	S	PS	S	S	S	S	S
RPE (80:20) aspir FAME ve metil stearat	I	I	I	PS	S	S	S	S	PS	S	S	S	S	S
SPE (90:10) aspir FAME ve metil stearat	I	I	I	PS	S	S	S	S	PS	S	S	S	S	S
Ryoto şeker esteri 0-1570	S	S	S	S	I	I	I	I	PS	S	S	S	S	S

I: Çözünmez

PS: Kısmen çözünür, dağılır

S: Çözünür

Erime noktası: Sıvı olestranın diferansiyel taramalı kalorimetre ile belirlenen üç farklı aralıkta erime noktası vardır (Akoh ve Swanson 1990). Olestranın bu farklı erime noktaları tamamen yağ asidi bileşimine (Çizelge 2.3) ve bu asitlerin doymamışlık derecesine bağlıdır. Büyük bir çoğunlukla doymuş yağ asitlerinden yapılan olestranın büyük bir çoğunlukla doymamış yağ asitlerinden yapılan olestraya göre daha yüksek erime noktası vardır. Buna ek olarak, yağ asidi bileşiminin zincir uzunluğu erime noktası sıcaklıklarını etkileyebilmektedir. Genel olarak, erime noktası yağ asidi zincir uzunluğunun artmasıyla artmaktadır.

Polimorfizm ve erime ısı: Olestranın davranışı kendisinin  $\alpha$ -tipi ya da  $\beta$ -tipi fazının polimorfik formuna bağlıdır. Saf olestranın katı fazı kızıl ötesi spektrumlar, X-ray kırınımı ve kırınım taramalı kalorimetre teknikleriyle belirlenir.  $\alpha$ -tipi faz benzer yağ asidi zincir uzunluğundaki doğal yağların özelliklerine benzerlik gösteren steroid kristallerini oluştururlar.  $\beta$ -tipi faz, yavaşça buharlaşan organik çözeltilerle oluşan saf olestranın (sakkaroz oktaesterleri)

yüksek erime fazıdır ve doğal yağlardaki gibi tipik bir  $\beta$ -faz kristal formu oluşturur. Erime ve soğuma sonrası saf olestra kristal formlarının tipik türleri, katılma oranı, moleküler bileşim ve sıcaklık gibi etmenlere bağlıdır.

Erime ısı ve erime entropisi  $\beta$ -tipi fazda  $\alpha$ -tipi faza göre yüksektir ve bu farklılıklar  $\beta$ -tipi fazın yüksek kristallenme derecesi ile kendi kırınım motifinde belirtildiği gibi tutarlıdır. 0,377 nanometre ve 0,42 nanometre değerindeki aralıklar  $\beta$ -tipi fazın  $\alpha$ -tipi faza göre daha düzenli olduğunu göstermektedir. Diferansiyel taramalı kalorimetre ölçüleri  $\beta$ -tipi faz ve  $\alpha$ -tipi fazın safsızlığını gösteremese de daha önce bahsedilen  $\alpha$ -tipi fazın erime noktası saf  $\beta$ -tipi fazın doğrulamasını önlemiştir. Bu nedenle  $\beta$ -tipi fazdaki erime ısı her iki fazın karışımının erime ısı kadar olabilir ve saf  $\beta$ -tipi fazın erime ısısından az bir değere karşılık gelebilir (Jandacek ve Webb 1978).

Refraktif indeks, viskozite ve özgül ağırlık: Refraktif indeks, viskozite ve özgül ağırlık değerleri Akoh ve Swanson (1990) tarafından sağlanan çeşitli sakkaroz polyesterlerinin saflığını ve kimliğini belirlemek için kullanılmıştır (Çizelge 3.5).

Refraktif indeks doymamışlık derecesiyle direkt olarak artmıştır. Buna ek olarak, olestranın özgül ağırlığı, yoğunluğu ve refraktif indeksi yalancı safran yağı ve mısır yağı gibi ticari salata yağlarının özgül ağırlık, yoğunluk ve refraktif indeks değerlerine göre kısmen fazladır (Jandacek ve Webb 1978).

Olestranın viskozitesi her sakkaroz molekülündeki yağ asitlerinin ikame derecesini artırarak arttırılabilir (Akoh ve Swanson 1990). Buna ek olarak, viskozite yağ asidi zincir uzunluğunun ve doymamışlık derecesinin artmasıyla artabilir (Akoh ve Swanson 1990, Jandacek ve Webb 1978). Sonuç olarak olestranın bazı formları bazı doğal yağlardan daha fazla viskoziteye sahiptir. Soya fasülyesi yağ asidi ile yapılan olestranın viskozitesi doğal yağlarınkinin yaklaşık olarak iki katıdır. İkame derecesi 4 ile 8 arasında olan olestranın viskozitesi çeşitli bitkisel yağların viskozitesine benzerdir (Hamm 1984).

**Çizelge 3.5** Sıvı sükroz ve rafinoz polyesterler ile bazı salata yağlarının bir takım özellikleri  
(Akoh 1994a)

Test yağı	Kırılma indisi (40°C)	Özgül ağırlık (20°/20°C)	Yoğunluk (20°/20°C)	Viskozite 20°C	Renk	Teorik mol. wt
Soya SPE	1.4688	0.9338	0.9321	241	Ayva sarısı	2310.1*
Soya RPE	1.4772	0.9367	0.9351	340	Altın sarısı	3210.1*
Sükroz polyoleat	1.4669	0.9152	0.9136	235	Altın sarısı	2458.0
Rafinoz polyoleat RPE (80:20)	1.4669	0.9048	0.9032	320	Altın sarısı	3413.2
Aspir FAME ve metil stearat	1.4567	0.8931	0.8915	116	Ayva sarısı	3431.2*
SPE (90:10) aspir FAME ve metil stearat	1.4668	0.9046	0.9010	133	Ayva sarısı	2541.2*
Mısır yağı	1.4671	0.9184	0.9167	Belirsiz	Altın sarısı	
Aspir yağı	1.4674	0.9228	0.9212	142	Ayva sarısı	

\* Gaz likid kromatografisine istinaden yağ asidi kompozisyonuna bağlı olarak ortalama molekül ağırlığı.

## 4. OLESTRA’NIN KULLANIMI

### 4.1 Olestra’nın Ticari Kullanımı

Yağ, tüm insanların tükettiği önemli bir yapıtaşıdır. Yağ, yiyeceğe lezzet ve tat katan yağ içerisinde çözünen maddeler taşımaktadır ve tüm yiyeceklerin kıvamına ve esnekliğine katkıda bulunur. Ayrıca etteki, unlu mamullerdeki ve günlük ürünlerdeki nemin kalıcılığına yardım eder. Tercihe bağlı olarak etin görünümünü etkiler, neredeyse bütün yiyeceklere lezzet katar ve yiyeceklerin çiğnenmesi ve yutulmasına yardımcı olur. Yiyecekler hazırlanırken yağ homojen bir biçimde ve hızlı bir şekilde ısınır, su gibi anında buharlaşmaya yatkın değildir ve bu nedenle bazı yiyeceklerin dehidrasyonu ve gevrekleşmesi için yeterli yüksek sıcaklığı sağlar (Anonim 1991, Swanson ve Akoh 1994). Yüksek kalorili olmasından dolayı, yağ obeziteye ve obezitenin getirdiği bozukluklara zemin hazırlar. Obezite genellikle yüksek tansiyon, koroner kalp hastalığı, safra kesesi hastalığı ve kanser gibi sağlık problemlerinin kaynağıdır (Merten 1970, Bracco ve ark. 1987).

Olestra, doğal yağlarda olan pek çok özelliği barındırdığı için bazı yiyeceklerin hazırlanmasında doğal yağların alternatifi olarak kullanılabilir (Glueck ve ark. 1982, Jandacek 1991). Olestra ile yapılan pek çok yiyecek hayvansal ve bitkisel yağlarla yapılanlar gibi aynı kıvama ve aromaya sahiptir. İlave olarak, olestra insan bağırsak yolu dokuları tarafından ayrıştırılmamak ve emilmemek üzere tasarlandığı için olestra ile yapılan yiyecekler doğal yağlarla yapılan yiyeceklere göre çok daha az kalori vermektedir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1** Aynı koşullar altında doğal yağ ya da olestra kullanılarak kızartılan patates ve tortilla cipsinin bir onsu(28,349 gram) için yağ ve kalori içeriği (Giese 1996)

Ürün	Yağ (g)	Kalori
Normal patates cipsi	10	150
Olestra ile yapılmış patates cipsi	0	70
Normal tortilla cipsi	8	150
Olestra ile yapılmış tortilla cipsi	1	90



## 4.2 Olestranın Ticari Kullanımı İçin Klinik Deneyler

Yüksek sıcaklıktan olumsuz olarak etkilenen protein bazlı ve karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleriyle karşılaştırıldığında olestranın yüksek sıcaklıklarda yiyecek hazırlama esnasında kullanılabilirdiği görülmektedir. Ticari kızgın yağda pişirme sıcaklıklarında (177-185 °C) ısıtılan ve insanlar tarafından tüketilebilecek miktardan daha az miktarda olestra ile beslenen fareler kayda değer olumsuz etkiler göstermemiştir (William ve ark. 1996). Bir diğer çalışmada <sup>14</sup>C sakkarozuyla işaretlenmiş olestra ile beslenen farelerin idrarında radyoaktivite gözlemlenmemiş ve ne olestra, ne de sakkaroz bağırsak yolu tarafından emilmemiştir. Aynı sonuç kızartma sıcaklıklarına ısıtılan <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş olestrada da kaydedilmiştir (Miller ve ark. 1995). 365 °C sıcaklığa ısıtılmış, bitkisel yağ karışımlarıyla farklı oranlarda 84 saat süreyle karıştırılan olestra ile beslenen fazla sayıda farenin idrar ve dışkı testlerinde hastalık belirtisine ve bozulmuş ürünlere rastlanmamıştır (Miller ve Long 1990).

Ayrıca, olestranın plazma lipoproteinlerinde, obez hastaların kolesterol metabolizmasında ve şeker hastalığındaki etkilerini araştırmak için de çalışmalar yürütülmüştür. Doğal yağların yerine olestra ile beslenen insanlarda toplam plazma kolesterolü ve düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolünde sırasıyla % 20 ile % 26'lık bir düşüş gözlemlenmiştir. Ayrıca bu insanların dışkı kaynaklı nötral steroidlerinin çıkışında da artış gözlemlenmiştir (Grundy ve ark. 1986).

Olestra insan bağırsak yolunda emilmiyor ve hidroliz olmuyor olsa bile diğer besinsel bileşenlerin emilimini etkilemektedir. Olestra ile beslenen farelerde kolesterol seviyesinde bir düşüş gözlemlenmiştir. Deney hayvanlarının dışkılarında neredeyse onlara verilenle aynı miktarda olestra ve kolesterol gözlemlenmiştir (Mattson ve ark. 1976). Yüksek kolesterol hastası insanlar, fareler ve köpekler kullanılarak olestranın plazma kolesterolünü düşüren potansiyel besinsel etkin madde olmasıyla ilgili kısa süreli bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar yetersizdi ve olestranın tüketiminin test deneklerinde düşük yoğunluklu kolesterolün düşüşünde etkili olduğunu göstermede başarısız olmuştur (Fallat ve ark. 1976a). Öte yandan, olestranın aynı anda tüketildiklerinde yağda çözünen vitaminlerin emilimini etkilediği saptanmıştır. Deney hayvanlarına doğal yağ ile birlikte verilmektense olestra ile birlikte bir miktar A vitamini (Retinol, β-karoten), D vitamini (Ergokalsiferol), E vitamini (α-tokoferol) ve K vitamini (Filokinon) verildiğinde bu vitaminlerin emiliminin bir miktar engellendiği görülmüştür.

Birçok araştırma olestranın makrobeseinlerin ve suda çözünen mikrobeseinlerin emilimini ve kullanımını etkilemediğini göstermiştir (Peters ve ark. 1997). Deney hayvanlarına verilen olestranın bu hayvanların büyüme ve sağlık koşullarını etkilemediği görülmüştür. Sütten yeni kesilmiş domuz yavrularında olestranın sindirimi, K vitamini gibi suda çözünen mikrobeseinlerin özümlemesini ve yavruların büyümesini ve sağlığını etkilemediği görülmüştür (Cooper ve ark. 1997a). Bu verilerden olestranın K vitamininin emilimini ya da karbonhidratlar, proteinler ve ya da diğer suda çözünen maddelerin kullanımını engellemediği açıkça görülmektedir.

Diğer araştırmalarda, olestranın deney hayvanlarının kan pıhtılaşmasını ya da protrombin süresini etkilemediği görülmüştür (Cooper ve ark. 1997b). 90 yaşındaki insanlarla yapılan çift-kör plasebo kontrollü çalışmayla olestranın bu kişilerin genel sağlığında yan etkisi olmadığı açığa çıkmıştır (Koonsvitsky ve ark. 1997). Daha fazla yapılan çalışmalar olestranın protrombin konsantrasyonunu, protrombin süresini, B-12 vitamininin emilimini, D vitamininin kan konsantrasyonunu, folik asiti ve çinkoyu etkilemediğini göstermiştir (Schlagheck ve ark. 1997a).

İnsanları ve çeşitli hayvanları kullanarak yapılan mevcut klinik deneyler, olestranın yağ ikame maddesi olarak kullanıldığında zehirsiz ve hastalık oluşturmeyen bir yapısı olduğunu güçlü bir şekilde belirtmektedir. Fareler, gibi pek çok laboratuvar hayvanları ile yapılan çalışmalar olestranın zehirli, kanserojen ve teratojenik olmadığını göstermiştir (Miller ve ark. 1992 ve 1995, Miller ve Long 1990).

Olestranın kronik zehirlilik ve kanser üretkenliği ihtimali uzun dönemli bir besleme çalışmasıyla fareler kullanılarak yapılmıştır. Fareler % 10'luk kısmı olestra ile değiştirilmiş yiyeceklerle iki yıllık süreyle beslenmiştir. Sağkalım süresi, tümer oluşum süresi, tümer oluşma oranı, klinik kimyası, gözbilimi ve hematoloji gibi değerleri kapsıyan çalışma sonuçları 1994 yılında rapor edilmiştir. Tüm hayvanlara otopsi uygulandı ve her birinin organ ağırlıkları, doku morfolojisi ve histopatolojisi detaylı olarak çalışılmıştır. Elde edilen verilere göre olestranın deney grubundaki farelerde hiçbir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Lafranconi ve ark. 1994).

Olestranın üreme ve yavru gelişimi üzerindeki etkileri farklı besinsel değerdeki olestra ile uzun süreli beslenen fareler üzerinde çalışılmıştır. Çiftleşme sıklığında, çiftleşme tepkisinde, gebe kalma oranında, gebelik sürecinde, embriyonik gelişmede ve laktasyonda yan etkilere rastlanmamıştır (Nolen ve ark. 1987). Bu verilerle olestranın insanların üreme psikolojisinde muhtemelen etki yaratmayacağı görüşüne varılmıştır.

Olestranın ayrıca bazı zehirli maddelerin vücuttan atılımında artış sağladığı görülmüştür. Olestra radyoaktif olarak işaretlenen <sup>14</sup>C diklor-difenil-trikloreten 5 (DDT 5) için tutucu olarak kullanılmıştır. DDT'nin atılım oranı olestra ile beslenen Moğol çöl fareleri ve sadece doğal yağlarla beslenen kontrol grubunun karşılaştırılmasıyla ölçülmüştür. DDT'nin atılımı % 10 olestra içeren yiyeceklerle beslenen farelerde sadece doğal yağlarla beslenen farelere göre üçte iki oranda fazla olmuştur. İlave olarak, evde pişirilen yiyeceklerde yaygınca kullanılan organoklor ve diğer zehirli kimyasalların eliminasyonu bu yiyeceklerde doğal yağ yerine olestra kullanılarak arttırılmıştır. <sup>14</sup>C heksaklorbenzenin dışkısal atılımı farelerin olestra, parafin ve skualenle beslenmesiyle hızlandırılmıştır. (Richter ve ark. 1982).

Bütün bu çalışmalar olestranın insan ve hayvan besinlerinde güvenli bir şekilde kullanılabileceği iddiasını desteklemektedir. Daha ötesi, Procter ve Gamble olestranın kilo kaybını ve obeziteden kaynaklanan hastalıkları engelleyebileceğini belirtmiştir.

### **4.3 Onaylanmış bir Gıda Katkı Maddesi Olarak Olestranın Kullanım Alanları**

1970'li yılların başlarında P&G, olestra yeni bir gıda muhteviyatı olduğundan bu yeni maddenin FDA onaylı bir gıda katkısı olarak kullanılması için Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi'yle görüşmelere başlamıştır. 22 kişilik gıda danışma komitesi yaklaşık 25000 kadın, erkek ve çocuk üzerinde yapılan gerek duysal gerekse klinik deneyler sonrası olumlu görüş bildirmiştir. Yapılan araştırmalar içerisinde beslenme ve gastrointestinal etkiler, kilo yönetimi, ilaç etkileşimleri, kanserle ilgili olarak toksikolojik biyobelirteçler, kalp hastalıkları ve alerjik reaksiyon çalışmaları bulunmaktadır (Anonim 1998b).

Tüm bu araştırmalar sonucunda FDA 1996 yılında olestranın yüksek sıcakta kullanılabilmesi ve diğer yağ ikame maddelerinin aksine kızartma yağlarıyla aynı tat ve yapıyı göstermesinden ötürü patates cipsi, tortilla cipsi, peynirli börek ve kraker gibi tuzlu atıştırmalık gıdalarda kullanılan geleneksel yağın yerine kullanılmasını onaylamıştır (Anonim 1996).

Yapılan araştırmalara bakılacak olduğunda olestra aynı zamanda tüm zamanların üzerinde en çok araştırma yapılan maddelerinden biri olmuştur.

Olestra kullanılan gıdalar; patates cipsi, tortilla cipsi, mısır cipsi, peynirli cips ve krakerlerdir (Anonim 2005).

Peki P&G neden patates cipsi gibi atıştırılabilir ürünlerde bulunan yağı değiştirip ikame bir ürün kullanma gereği duymuştur? Bu sorunun cevabı ise tüketicilerin beslenme davranışlarında gizlidir. Patates cipslerindeki yağın insan sağlığına zararlı miktarda olmasına karşın, insanlar bu ürünleri tüketmekten hoşlanmakta ve tüm uyarılara rağmen tüketmekten vazgeçememektedirler. Bu yüzden de patates cipsi insan beslenmesinde yağı ve kalorisi azaltılacak en uygun gıda olmuştur (Anonim 2007a).

Tüm bu özelliklerin yanı sıra bazı olumsuz özellikleri de mevcuttur. Yağda eriyen vitaminler (A, D, E ve K) ve karotenoidler kısmen olestranın içinden ayrılır ve vücuttan atılır. Bu sebeple FDA olestra içeren / olestra ile yapılan besin maddelerinin yağda eriyen vitaminlerle takviye edilmiş olması üzerinde durmuştur. Karbonhidrat, trigliserid ve protein gibi makrobileşenler ve suda eriyen mikrobileşenlerin emilimi üzerinde etkisi yoktur. Bazı bireylerde gastrointestinal kramp, potansiyel anal akıntı, diyare ve ishale sebep olabilir. Bu gibi etkilerinden ötürü FDA etiketlemede: “Bu ürün olestra içerir. Olestra mide krampı ve ishale sebep olabilir. Bazı vitamin ve besin maddelerinin emilimini engeller. A, D, E, K vitaminleri eklenmiştir.” ibaresinin belirtilmesini uygun görmüştür. FDA, 2003 yılında bu etiket uygulamasını artık gerek görmezken, 2004 yılında da olestranın mikrodalga mısırdaki kullanılmasına onay vermiştir. 2007 yılında ise olestranın GRAS olarak kullanılmasını uygun görmüştür (Anonim 2007b).

Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan güvenirlilik çalışmalarına dayanarak; olestra zehirli, mutajenik, kanserojen, teratojen değildir ve güvenli olarak nitelendirilir. Bu durum, yine olestranın sindirilememe özelliğinden kaynaklanmaktadır (Anonim 2007b).

## 5. OLESTRA'NIN ÇEVRE ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ

### 5.1 Hidrolize Olmayan Olestra

Yağ emilimi iki belirgin işlemi içermektedir. İlki yağ molekülünün hedef molekül ile kimyasal tamamlayıcılığı ile bölgeye özel karakterize edilmiş hücre zarındaki çözünürlüğüdür. Yağ hücre zarında tutulur ya da hücre zarının içine transfer edilir. Bu işlemi yağ asitlerinin şeker parçasının alkol kısmından hidrolitik olarak ya da sabunlaşma reaksiyonuyla ayrılması takip eder. Doğal yağların hidrolizinin son ürünleri çeşitli yağ asitleridir. Ekzoenzim üreten hücrelerin durumunda, hidroliz olayı hücre dışında gerçekleşir ve daha sonra serbest yağ asitleri hücre zarı ile direkt olarak tepkime vererek ve hücre zarının içine transfer edilerek hücrelere girer. İnsan vücudundaki yağların hidrolizi pankreasta üretilen enzimlerce gerçekleştirilir. Bu enzimler bütün olarak lipazlar olarak isimlendirilirler ve bu enzimlerin substratları birincil alkollerin suda çözünmeyen esterleridir (Hofmann 1976).

Hidroliz işlemi kapsayan çalışmalar her molekülde yağ asitlerine göre 1:8 oranındaki olestra ya da sakkaroz polyesterlerini kullanarak yürütülmüştür (Jandacek 1991). Bu çalışmalar ikame derecesi 1 ile 3 arasında olan sakkarozun yağ asidi esterlerinin ikame derecesi 4 ile 8 arasında olan sakkaroz yağ asidi esterline göre daha hızlı sindirildiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, Mattson ve ark. (1972), her moleküldeki ester gruplarının sayısı arttıkça lipoliz oranının azaldığını rapor etmiştir. Bu raporların sonucunda, Mattson ve ark. (1972a) ikame derecesi yüksek olan bileşimleri ve sonunda olestrayı meydana getirmişlerdir.

Daha önceden derlenen veriler olestrayla yakından ilgili sakkaroz oktaoleatın memeli pankreas lipazlarıyla (gliserol ester hidrolizi) hidroliz edilmediğini göstermiştir (Mattson ve Volpenhein 1972b, Fallat ve ark. 1976a). Daha ileri çalışmalar olestranın doğal yağları hidroliz edebilme yetisi olan lipazlar üreten bağırsak ya da kolon bakteri kültürlerince ayrıştırılmadığını açıkça göstermiştir (Nuck ve Federle 1990). Bu iki çalışma olestranın insan bağırsak yolundan hidroliz edilmeden geçebileceğini açıkça göstermiştir. Bu çalışmalar ayrıca olestranın boşaltım sisteminden de emilmeden geçebilecek yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Bu bakımdan, olestra insan bağırsak yolunda çok az bir şekilde emilebilen yaygın mineral yağı ile benzerlik taşımaktadır (Jandacek 1982). Olestranın bu eşsiz özellikleri onu diğer sentetik yağ ikame maddelerinden ve doğal yağlardan ayrı tutmaktadır. Bunun sonucu olarak, olestra içine katıldığı

yiyeceğin verdiği kalori miktarına katkıda bulunmamaktadır. Aslında, olestra içine katıldığı yiyeceğin kalori değerini doğal yağlara göre daha çok enerji içerdiği için arttırmaktadır. Olestra molekülü 6 ile 8 yağ asidi molekülü taşırken, doğal yağlar ise sadece 3 yağ asidi molekülü taşımaktadır. Fakat yine de, olestra molekülündeki enerji değişikliğe uğramadan vücuttan atıldığı için vücut hücrelerine geçememektedir. Olestra doğal yağlara göre çok daha büyük bir molekül olduğu için ince bağırsaktaki karışık misel faza girememektedir. Olestra molekülü tipik misellerin içinden daha iri ve büyük olduğu için olestranın bağırsak hücrelerine geçişi kesinlikle mümkün olmamaktadır (Bergholz 1991). Bu buluş, yüksek basınçta jel permeasyonu ve ince tabakalı kromatografi kullanılarak boşaltılan dışkıdaki sindirilmemiş olestra miktarını ölçerek yapılan bir çalışma ile onaylanmıştır. Deney hayvanlarının dışkılarındaki olestra miktarının bu hayvanlara verilen olestra miktarıyla aynı olduğu görülmüştür. Bu buluşlar daha sonra Mattson ve Nolen tarafından (1972), yapılan çalışmada kullanılan farelerin ince bağırsağında olestranın emiliminin engellendiğini gösteren verilerle desteklenmiştir.

Hager ve Schneeman (1986) fareleri mısır yağı, olestra ve hidrojenlenmiş palmye yağı ile besledikten sonra farelerin pankreatik enzim aktivitelerini, plazma yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterolunu (iyi huylu kolesterol) ölçmüşlerdir. Sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla tutarlı bulunmuştur. Yüksek dozda olestra ile beslenen farelerin diğer iki deney grubundaki farelere göre en düşük seviyede iyi huylu kolesterola sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bir diğer çalışmada, mideden tahliye olan olestra oranı ölçülmüştür. Normalde yağ viskozitesi fazla olduğu için su ve süt gibi diğer ürünlere göre mideyi daha yavaş terketmekteyken olestranın su ve süt ile aynı hızda terk ettiği görülmüştür (Cortot ve ark. 1982). Bu mekanizma henüz tam olarak anlaşılmamıştır.

Yağ fazındaki olestra hem hepatik hem de besinsel kolesterolu emmektedir ve böylelikle misel emilimden hariç tutulmaktadır. Geleneksel yağların aksine, diğer yağlarla karıştırılan olestra katalizlenmeden ve emilmeden yağ fazda kalmaktayken doğal yağlar karışımdan atılmaktadır. Fallat ve ark. (1976b) insanlarca tüketilen olestranın % 97'sinin insan dışkısına geçtiğini göstermiştir. Yüksek basınçlı jel permeasyonu ve ince tabaka kromatografi kullanılarak yapılan çalışmalarda tüketilen olestra miktarının boşaltılan olestra miktarı ile aynı olduğu görülmüştür (Fallat ve ark. 1976b). Bu buluşlar, Nuck ve Federle (1990) 'nin olestranın oksijensiz koşullarda insan kolonundaki bakterilerce ayrıştırılmadığını göstermesiyle desteklenmiştir. Bu şekilde olestra, kolesterol (Jandacek 1984, Mattson ve ark. 1976), A vitamini (Jandacek 1984, Mattson ve ark. 1979) ve diklordifenil trikloretan (Mutter ve ark. 1988,

Volpenhein ve ark.1980) gibi lipofilik moleküllerin tasfiye edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Karaciğer, olestranın beslenme ya da damar içi enjeksiyon ile uygulandığı, yapılan uzun süreli çalışmalardan sonra olestranın olası yığılması ya da metabolitesini incelemek için uygun bir organdır. Olestra ile beslenen hayvanların karaciğerinin incelenmesi olestranın emilime uğramadığını gösteren önceki raporların destekçisi olmuştur. Bu çalışmalar, olestranın karaciğer ve dalak atıkları ile alınmasına rağmen kimyasal değişikliklere uğramadan boşaltıldığını göstermiştir (Mattson ve Jandacek 1991). 24 ay süreyle beslenmelerinin % 8'i oranında ve 38 ay süreyle beslenmelerinin % 9'u arasında olestra ile beslenen maymunların karaciğerlerine yapılan otopside olestranın yığılmasına rastlanmadığı gözlemlenmiştir (Wood ve ark. 1991).

Ne vücut hücreleri ne de bağırsak mikroorganizmaları olestrayı hidroliz etmediği için, olestranın kolona ulaştığı ve doğal yapısı bozulmadan boşaltıldığı kabul edilmiştir. Bu sonuç, insanların ve hayvanların dışkıdaki yüksek seviyedeki olestra ile elde edilmiştir. Bu bazı insanlarda steatore adı verilen rahatsız edici bir diyareik duruma neden olmuştur (Jandacek 1982, 1984). Ayrıca, hayvanların beslenmesine eklenen olestra dışkılama sıklığının artmasına neden olmuştur. Buna ilave olarak, doğal steroid atılımının da hayvanlara verilen olestranın artmasıyla artmıştır (Jandacek 1982).

Olestranın evsel atıklardaki ve çevredeki durumunu ilgilendiren kaygılar, Procter ve Gamble şirketinin bilim insanlarının iç mikroorganizmaların olestrayı hidroliz etmediğini belirtmesi temellidir. Eğer bu bilim insanları haklıysa, olestranın çevrede yayılma olasılığı mevcuttur.

## **5.2 Olestra'nın İnsan Bağırsağında Ayrışması**

İnsanların bağırsak yolundaki bakterilerin olestrayı ayrıştırması sebebinden ötürü olestra bileşenli dışkının oksijen aktif arıtma çamurundan geçeceği düşünülmüştür. Eğer bu doğruysa, olestra evsel atık su arıtma tesisinden tahliye edildikten sonra ayrıca toprak bakterisinin ayrıştırmasında da baki kalacaktır. Tahmin edilen bu dizi olayların sonrasında olestra doğada yüksek miktarda yayılacaktır. Olestranın doğadaki yayılımının etkisi şu anda hesaplanamamaktadır.

Fakat yine de olestranın ester bağlarının hidrolizi ile başlamaktansa metabolik yol uygulanmış doğadaki bakterilerce ayrıştırılabileceği ihtimali mevcuttur. Nuck ve ark. (1994) yağ asidi bileşenlerinin alkil zincirine yapılacak enzimatik müdahale ihtimalini önermiştir. Bu tepkimenin oksijenli koşullarda gerçekleştiği bilinmekte ve alkil zincirinin kırılması için bir oksijen molekülü gerekmektedir (Nuck ve ark. 1994). Fakat, insan bağırsağında indirgeyici ve oksidatif tepkimeler gerçekleşmeyeceği için bu tepkime mümkün olmamaktadır. Alkil zincirine omega karbon müdahalesinde bulunmak oksijen gerektirir ve insan kolonunda oldukça az seviyede oksijen mevcuttur. Kolonu da içeren insan bağırsak yolunun % 59,4'u azottan, % 29,6'sı metandan, % 10,3'ü karbondioksitten ve geri kalanı da hidrojen sülfid ve hidrojenin izlerinden oluşmaktadır (Orten ve Neuhaus 1982a, 1982b).

### **5.3 Olestra'nın Dışkı Florasında Oksijensiz Koşullarda Ayrışması**

Daha önce bahsedilen birçok çalışmaya göre olestranın insanların ya da farelerin bağırsağında hidrolize uğramadığı belirtilmiştir (Mattson ve Nolen 1972, Fallat ve ark. 1976a, Jandacek, 1982 ve 1984). Nuck ve ark. (1994) olestranın canlı dışında ayrışmasındaki kolon bakterilerinin rolünü hesaplamıştır. Bağırsak mikroorganizmalarının olestrayı ayrıştırabileceğini ve uzun zincirli yağ asitleri, uçucu yağ asitleri, karbondioksit ve metanın elde edilebileceğini varsaymışlardır. Bağırsak bakterisi 31 gün süreyle olestra ile beslenmiş 7 farklı deney grubunun dışkılarından izole edilmiştir. <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş yağ asitli olestra ile doğal yağların karışımları izole edilmiş bakteri ile birlikte kolon koşullarının simule edildiği oksijensiz, 37 °C sıcaklıkta, 72 saat süreyle inkübe edilmiştir. Kültürlerde <sup>14</sup>C işaretli ne yağ asidine ne de karbondioksite rastlanmamıştır. İlave olarak, cam kaptaki kültüre kolonun ortamını simule edebilmek amacıyla emülgatörler katılmıştır. İnkübasyondan sonra sakkarozun okta ve hepta esterleri ölçülmüştür ve deneyin başındaki aynı miktarda oldukları gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar, 7 farklı deney grubundaki bağırsak yollarındaki bakterilerin oksijensiz koşullarda olestradan ester bağlarını ayıramadığını göstermiştir. Olestranın yağ asidi bileşimi de deney öncesindekiyle aynı oranda kalmıştır. Bu çalışmada, yağ asidi molekülünde radyoaktif bir şekilde işaretlenmiş karbon atomları kullanılarak maksimum hassaslık uygulanmıştır.

Canlı dışı yapılan ve daha önce memeli lipazlarıyla canlı içi yapılan çalışmalar (Mattson ve Volpenhein 1972a) olestranın metabolizesinin mümkün olmadığı iddiasını desteklemektedir.



Birçok bakteri, hücre tarafından sentezlenmeden önce özel bir substratın varlığına gereksinim duyan, uyarılabilir bir enzime sahiptir. Bu, bakterilerin alternatif bir substrat metabolize edebilmesine fırsat sağlayan bir enzim sentezleyebildikleri, besinden ayrı bırakıldığı labaratuvarında daha iyi görülebilir. Nuck ve ark. (1994) 31 gün süreyle 7 deney grubuna olestra içeren yiyecekler vererek olestranın canlı ortama adaptasyonunu incelemişlerdir. Bakteri adaptasyonuna izin verebilecek olan uzun süreli maruz kalma durumuna rağmen, canlı ortamda olestra metabolizine rastlanmamıştır. Bu deneysel prosedür, olestradan büyüme substratı olarak faydalanabilen var olan bakteri popülasyonunun zenginleştirilmesine izin verilmiş fakat muhtemelen bastırılmış enzimlerin harekete geçmesine neden olmamıştır.

Her şeye rağmen, bu veriler insanların bağırsağındaki bakterilerin olestrayı ne oksijenli ortamda ne de oksijensiz ortamda metaboliz edemediğini göstermiştir. Ne 72 saat ne de 31 günün yeterli inkübasyon süresi olmadığı tartışılabilir olsa bile, bakteriyel lipazların memeli lipazları gibi enzim ve substratın yapısal bağdaşmazlığından ötürü olestrayı hidroliz edemedikleri ortaya çıkmıştır.

## 6. OLESTRA’NIN KULLANIMI SONRASI ORTAYA ÇIKAN SONUÇLAR

### 6.1 İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

İnsanların kısa süreli kilo vermesine imkan sağlayan birçok diyet bulunmaktadır fakat kilo vermek, tekrar alınmasına engel olmak ve mevcut kilonun sürekliliğini sağlamak hayat tarzını değiştirmeyi gerektiren uzun bir süreçtir. Alınan yağın azaltılması en yaygın kilo verme stratejisidir ancak uzun süreçte herhangi bir gıdayı kısararak diyete uymak çoğu insan için zorlayıcı bir yöntemdir.

Herhangi bir gıdanın kısıtlanması insan biyolojisine tamamen ters bir durum değildir fakat zarar verebilecek metabolik değişikliklere sebep olur (Hill 2006).

5000’den fazla üyesi olan Uluslararası Kilo Kontrol Grubu’nun bilgilendirmesine göre diyetle kullanılan yağ ile oynanmış gıdalar çoğunlukla kilo vermek için kullanılan ve devamlı kilo vermeye yararlı olan bir yöntemdir (Anonim 2005).

Elbette ki yağ taklitleri ve yağ ikame maddelerin hepsi yiyeceklerle alınan yağ yerine geçmez. Çünkü bu gibi taklit ve ikame maddelerin, kızartma ve fırınlamalarda yüksek ısıya dayanamama ve de doğal yağ lezzeti verememe gibi olumsuz özellikleri olabilir. Buna ek olarak, bazı yağ ikame maddeleri yine de kalori içerebilir (bazen karbonhidrat ve proteinden alındıktan daha fazla bile olduğu görülmüştür). Fakat olestra, yüksek sıcaklıkta kullanılabilir, gerçek yağ taklit edecek nitelikte lezzet ve tekstüre sahiptir. Ayrıca bu özelliklerin hepsini kalorisiz olarak içinde barındırmaktadır. 2001 yılında yapılan “Gıda Bilimi ve Beslenme Üzerine Eleştirel Çalışmalar” ve 2002’de “Obezite Üzerine İncelemeler” konularında insanlar üzerindeki incelemelerde olestra gibi sükröz polimerlerin enerji alımına ve de yetişkin ve çocuklarda tokluğa uzun ve kısa süreli etkileri araştırılmıştır (Eldridge ve ark. 2002).

Olestra, yağın gıdadaki enerji yoğunluğunu değiştirmek için de kullanılabilir. Bir yetişkinde, normal beslenmeden günde sadece 1-2 gr yağın çıkarılması yıllık 1-2 arasında kilo artışına engel olabilmektedir (Hill 2006, Anonim 2005). Çünkü olestra molekülü geniş çeşitliliğe sahip bir şekilde birçok gıda formülasyonuna eklenerek tüm yağ elimine etmekteki en ideal seçim olabilir. Böylelikle yağdan gelen tüm kalori bazı gıdalarda ve diyet gıdalara takviyede kalori içeriğini azaltmanın bir yoludur (Hill 2006).

Kilo alımına engel olması, kilo vermeye katkısı ve bunun devam ettirilmesi konusunda potansiyel etkisine ek olarak olestranın kolesterol seviyesi, tansiyon, açlık kan şekeri gibi kardiyovasküler ve metabolik risk faktörlerine karşı da pozitif etkisi olduğu saptanmıştır (Anonim 2005).

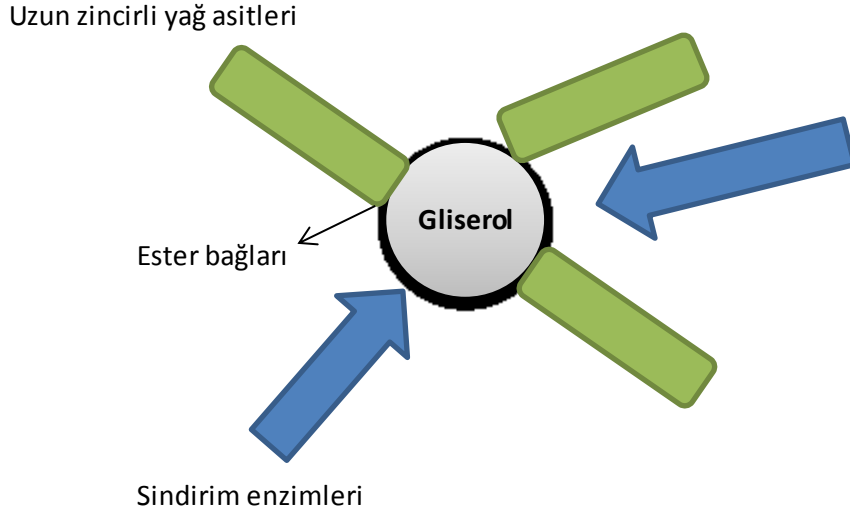
9 ay süresinde olestra içeren az yağlı bir diyetle belirgin olarak kardiyovasküler risk faktörlerinin iyileşmesi görülmüştür. LDL (kötü kolesterol) ve trigliserid seviyesindeki düşme ve HDL (iyi kolesterol) seviyesinde artış gibi pozitif gelişmeler kaydedilmiştir. Araştırmacılar bu sonucu 9 ay boyunca düşük seviyede yağ içeren diyet ile verilmiş kiloya bağlamaktadır (Anonim 2005).

## **6.2 Sindirilemez ve Emilemez Bir Yağ İkame Maddesi Olması**

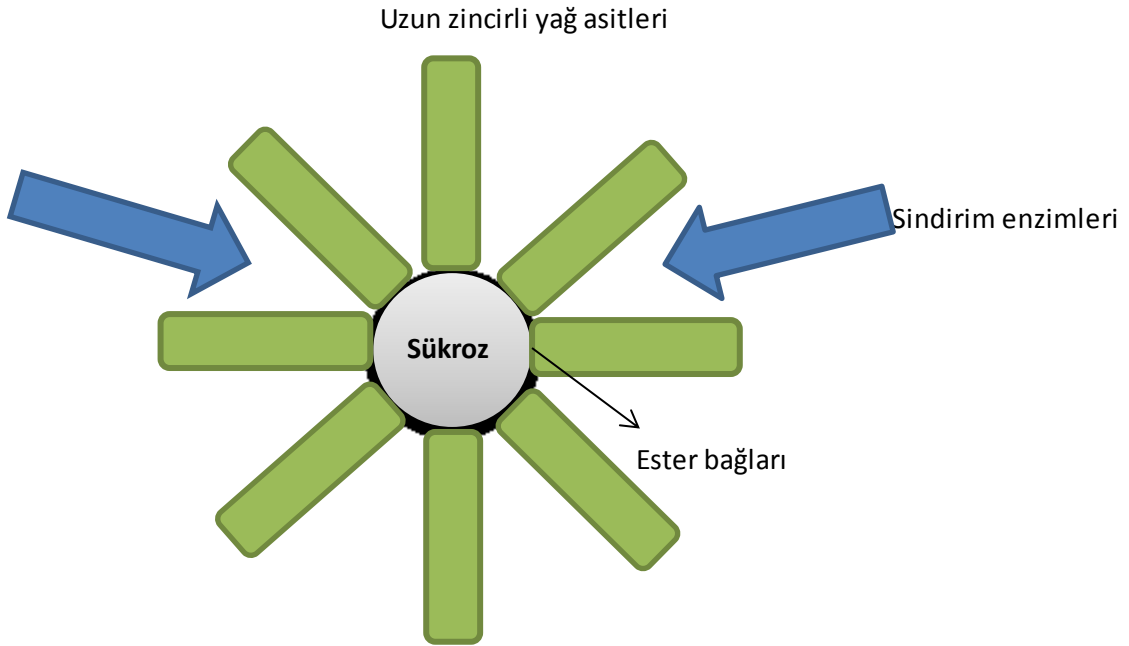
Olestranın sindirim sisteminin yapısını ve görevini, besinlerin bağırsakta emilimini etkileme olasılığı kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Olestranın sindirilemez ve emilemez karakteristiği, bir yağ ikame maddesi olarak verimliliğinin ve yan etkilerinin sebeplerinin temelidir. Doğal trigliseridlerin emilimi çok düşük olmasına rağmen, pankreatik lipaz ile hidroliz edilirler ve bağırsak epiteli boyunca lenf sistemine doğru amfipatik miseller ve hücre içi taşıyıcı moleküllere transfer edilirler (Lawson ve ark. 1997). Olestra bağırsak içerisinde emilmez çünkü hidrolize maruz kalmaz. Olestra iri yapısından ötürü insan ve hayvan sindirim sistemindeki enzimlerce sindirilememektedir (Peter ve ark. 1997) (Şekil 6.1 ve Şekil 6.2). Bu görüş Mattson ve ark. (1972a) fare pankreatik özütlerini kullanmasıyla desteklenmiştir. 6-8 yağ asidi esterlerinden oluşan olestranın hidroliz edilemediğini fakat 4'ten az sayıda yağ asidi esterlerinden oluşan olestranın hidrolize maruz kaldığını ve 4-5 yağ asidi esterlerinden oluşan olestranın yavaş bir biçimde olsa da hidrolize uğradığını göstermişlerdir. Sindirim olmadığı içinse emilimin çok düşük seviyede olduğu görülmüştür. Emilim eksikliği 1972 yılında <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş olestra ile ağızdan beslenen farelerin göğüsel kanallarına kanül ile delerek girilen ve lenfin toplanmasına ve ölçülmesine olanak tanıyan yapılan bir çalışmayla onaylanmıştır (Mattson ve Nolen 1972). Radyoaktif işaretli <sup>14</sup>C'lerin miktarının farelere verilenin % 2'sinden az olduğu dolayısıyla olestranın temelde emilmediği anlaşılmıştır.

Deney hayvanları ile yapılan araştırmalara ek olarak, araştırmacılar olestranın insanlarca emilmesiyle ilgili kısa süreli bir çalışma yürütmüştür. 5 farklı insana, beslenmeleri 20 gün içinde

normalleştirildikten sonra, 10 gün boyunca her gün 50 gram miktarda olestra verilmiştir. Günlük yağ alımı ve atılan yağ dışkısı göz önünde bulundurulduğunda emilen olestranın % 2,3 miktarda yani ihmal edilebilecek bir seviyede olduğu gözlemlenmiştir (Fallat ve ark. 1976b). Bu özelliğin en kusursuz değerlendirmesi, bir dizi emilim, sindirim, metabolizma ve atılım çalışmalarıyla yapılmıştır. Bir diğer çalışmada, eşit oranda <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş olestra örneği, saf formunda ve bu örneğin kızgın yağda pişirilmesiyle elde edilen iştah açıcı atıştırmalıklara benzeyen bir formunda farelere verilmiştir (Miller ve ark. 1995). İdrar, soluk verilen karbondioksit ve dışkı 7 gün boyunca toplanmış ve radyoaktifliği ölçülmüştür. Radyoaktivitenin % 99,83'ünden fazlası emilmemiştir ve dışkıda raslanmıştır ya da bütün sindirim yolunun lümenlerinde değişmemiş olarak bulunmuştur. Toplamda emilen olestra miktarı ağızdan verilen toplam olestra miktarının  $7 \times 10^{-5}$  ile  $1 \times 10^{-3}$ 'ü arasındadır ve ihmal edilebilecek seviyededir.

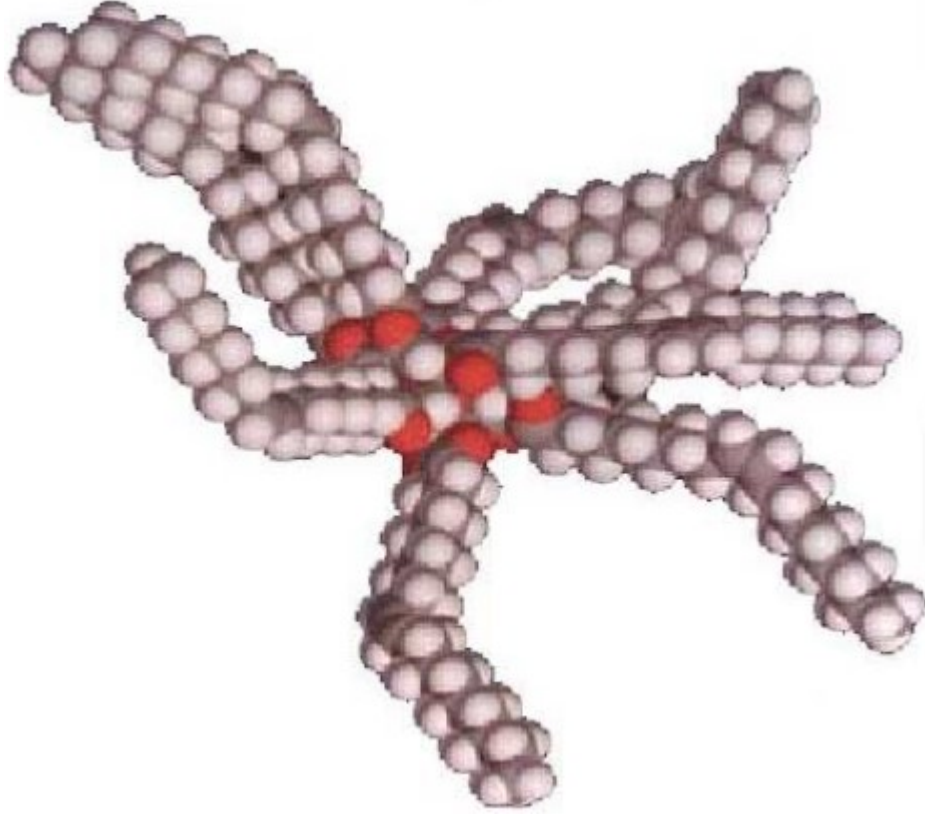


**Doğal yağ : Lipazlar ester bağlarını hidrolize ederek yağ asitlerini serbest bırakır.**



**Olestra: Yapısal engelden dolayı sindirim enzimleri ester bağlarına ulaşamaz ve yağ asitlerini serbest bırakamaz.**

**Şekil 6.1** Sindirim enzimlerinin olestra ve doğal yağ üzerindeki etkisi



**Şekil 6.2** Sakkaroz oktaoleatın (olestra) modeli

### **6.3 Yağda Çözünen Vitaminlerin Boşaltımı**

Doğal yağ, yağda çözünen vitaminler ve yağda çözünen ağızdan alınan ilaçlar gibi lipofilik gıdalar besinsel yağa ve kana doğru başarılı bir emilim için safraya gereksinim duymaktadır. Bu bileşimler amfipatik misellerde birleşirler ve emilime uğradıkları bağırsak içi kılımsı çıkıntıya transfer edilirler (Lawson ve ark. 1997). Olestra lipofilik ve emilemez olduğu için olestra ile alınan bu bileşimler sindirim yolundaki transferleri sırasında olestra tarafından çözülebilirler ve bağırsak misellerine ulaşamayabilirler (Hunt ve ark. 1998). Bu ihtimali belirlemede üç önemli faktör rol oynamaktadır. İlk ve en önemlisi, bileşimin olestraya ya da genel olarak yağlara ne kadar eğilimi olduğunu belirleyecek bileşimin hidrofobik (lipofilik) kalitesidir. Bu söz konusu molekülün oktanol-su katılım katsayısını ( $P_c$ ) hesaplayarak ölçülebilir.

Yüksek  $P_c$  değeri molekülün oktanol faza yüksek eğilimi olduğunu ve daha çok lipofilik olduğunu gösterir. Çizelge 6.1' de verilen bileşimin lipofilikliğiyle olestranın bu bileşimin emilimini engelleme ihtimali gösterilmektedir (Lawson ve ark. 1997). İkinci önemli bir faktör bu etkileşimin süresidir. Olestra ile aynı anda tüketilen lipofilik bir madde daha çok etkilenebilir çünkü olestra ve bu madde sindirim yolunda aynı anda yer alacaklardır ve bundan ötürü bu iki bileşim etkileşim kurabilir (Daher ve ark. 1997). Diğer taraftan, söz konusu bileşimin tüketimiyle olestranın tüketimi arasındaki süre ne kadar fazla olursa o kadar az etkileşim ihtimali olacaktır ve dolayısıyla söz konusu maddenin emilimi en az derece etkilenecektir. Bu etkileşimi etkileyen bir diğer önemli faktör de olestranın yoğunluğunun bu lipofilik maddenin yoğunluğuna olan oranıdır (Lawson ve ark. 1997). Genel olarak, olestranın yoğunluğu ne kadar fazlaysa emilim şansı da o kadar fazladır.

Olestranın bazı yağda çözünen vitaminlerin emilimini nasıl etkilediğiyle ilgili birçok çalışma yürütülmüştür. A, D, E ve K vitaminleri olestrada çözünmektedir. Bir A vitamini türevi olan retinolün ( $\log P_c=7,6$ ) emilimi, insan denemelerinde minimum seviyede olmuştur ve sadece olestranın miktarı çok fazla olduğunda emilimde gözle görülür bir düşüş yaşanmıştır. Retinolün emilimindeki % 19'luk bir düşüş bir yiyecekteki 32 gramlık olestra ile gerçekleşmiştir (Daher ve ark. 1994). 20 gram seviyede olestra retinolün emilimini etkilememiştir. Procter ve Gamble şirketi tarafından 1997 yılında yürütülen bir çalışmaya göre olestranın normal günlük tüketiminin  $\log P_c$  değeri 8'den düşük olan bazı besinsel bileşenleri (ör.: retinol ve oleik asit) etkilemeyeceği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmaya göre, günde 6,9 gram olestra tüketen bir insanda vitamin emiliminin etkilenmeyeceği ortaya çıkmıştır (Webb ve ark. 1997). A vitamininin bir habercisi olan  $\beta$ -karoten'in  $\log P_c$  değeri 17,6 gibi yüksek bir değerdir ve olestra tarafından daha çok etkilenmektedir. Olestranın her gün 18 gram tüketimi  $\beta$ -karotenin emilimini % 27 oranında düşürmüştür (Koonsvitsky ve ark. 1997). Yine bir diğer plasebo kontrollü çift kör çalışmaya göre 12,4 gram olestra 53 farklı insana verilmiştir ve  $\beta$ -karotenin plazma değerleri % 34 oranında düşmüştür (Weststrate ve Van Het Hof 1995).

Olestranın etkilerini azaltmak için gereken D ve E vitamini miktarını belirlemek için de bir çalışma yürütülmüştür (Schlagheck ve ark. 1997b).

Araştırmacılar paralel çift kör bir çalışma ile 8 hafta boyunca 102 adet normal sağlıktaki erkek ve kadına çeşitli miktarlarda olestra ve ölçülen miktarlarda D ve E vitamini vererek onları iyileştirmişlerdir.  $\alpha$ -tokoferol ve 25-hidroksiergokalsiferolün serum konsantrasyonları doz

bağımlı biçimdeki vitamin ilavesiyle konsantrasyonları kontrol etmek için başarılı bir şekilde restore edilmiştir. Benzer şekilde, Koonsvitsky ve ark. (1997) olestranın A, D, E, K ve  $\beta$ -karoten vitaminleri üzerindeki etkisini incelemek adına insan bazlı bir çalışma yapmıştır. 16 hafta süreli plasebo kontrollü çift kör çalışmadaki deneklere her gün 18 gram olestra verilmiştir ve  $\alpha$ -tokoferol seviyesi % 6,  $\beta$ -karoten seviyesi de % 27 oranında düşmüştür. 25-hidroksiergokalsiferolün ve retinol seviyesi de azalmıştır, fakat bu düşüşler istatistik açıdan önem arz etmemiştir. K vitaminin dolaylı bir ölçümünde, araştırmacılar kan pıhtılaşması süresinin bir göstergesi olarak protrombin zamanını ve dolaylı olarak K vitamini seviyesini ölçmüşlerdir. Bu değerlerin olestra ile önemli derecede değişmediği gözlemlenmiştir.

Toplanan verilere göre, tüketilen olestra miktarının az seviyede olması durumunda A, D, E ve K gibi yağda çözünen vitaminlerin ve daha az lipofilik moleküllerin ( $\log P_c$ ) emiliminin önemli seviyede etkilenmediği görülmektedir. Fakat E ve  $\beta$ -karoten gibi bazı vitaminler olestradan D, K ve retinol gibi vitaminlere göre daha çok etkilenmektedir. Bu sonuçlar olestranın bu gibi besinlerin emilimini etkilediği prensibini göstermektedir.

**Çizelge 6.1** : Ani ve uzun süreli insan bazlı çalışmalarda ölçülen besinsel bileşimlerin ve ilaçların emilimine olestranın etkisi (Lawson ve ark. 1997)

<b>Madde</b>	<b>LogP<sub>c</sub><sup>b</sup></b>	<b>İnsan bazlı çalışmalar</b>	<b>Olestra (g/gün)</b>
$\beta$ -karoten	17.6	Y	8
$\alpha$ -tokoferol	12.2	Y	8
Filokinon	11.7	Y	8
Ergokalsiferol	10.4	Y	8
Retinol	7.6	Y/N	32
Norgesterol	3.5	N	18
Diazepam	2.7	N	18
Folik asit	-2.0	N	32

Bu tablo lipofilite ve absorpsiyon üzerindeki olestra etkisi arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Y: Absorpsiyon azalmıştır.

N: Absorpsiyon etkilenmemiştir.

Log değerleri genellikle Log<sub>10</sub> birimi olarak ifade edilen oktanol-su ayrılım katsayısıdır.



## 6.4 Klinik Semptomlar

Olestra sindirim yolunda kaldığı ve bunun sonucunda yağda çözünen vitaminler, kolesterol ve safra gibi lipofilik besinleri çözebildiği için, bu lipofilik bileşimlerin sindirim yolunda yayılmasına neden olacaktır (Hunt ve ark. 1998). Sindirimsel geçişle ilgili yapılan çalışmalar olestranın yiyecek ile tüketilmesinin mide boşalmasını ya da ince ya da kalın bağırsak geçiş sürelerini etkilemediği göstermiştir. İçindeki 45 gramlık doğal yağın yerine 30 gram olestranın ikame edildiği yiyecek ile beslenen 30 insan deneğini kapsayan bir çalışma bu durumun mide, ince bağırsak ve kalın bağırsak geçişini önemki bir şekilde değiştirmediğini belirlemiştir (Aggarwal ve ark. 1993). Daha sonra, olestranın sindirim sistemindeki varlığının sindirim hareketliliğini değiştirmediği tespit edilmiştir.

İlave olarak, olestra safra salgısını da etkilememektedir. Sekiz sağlıklı gönüllünün yer aldığı bir çalışma dengeli bir çapraz tasarımda olestra tüketimi, sindirilebilen yağ ya da tuz çözeltisiyle karıştırıldı ve sindirilebilen yağın tersine olestranın alımı, safra kesesi boşaltımını ve kolesistokininin salgılanmasını uyarımadı (Maas ve ark. 1997, 1998). Bu nedenle, olestranın safra salgısında hiçbir etkisi olmadığı görüldü fakat eğer standart trigliseritlerle tüketilmesi durumunda safranin sindirim yolunda sekuastrasyonuna neden oldu ve böylece olestranın safra asidi emilimini etkileyebileceği belirlendi.

İlave olarak, uzun süreli besleme çalışmalarından elde edilen histolojik örnekler olestranın sindirim mukozasına zarar vermediği bildirildi (Thompson ve ark. 1998). Olestra ve trigliserit alımı normal insanlarda ve kronik iltihaplı bağırsak hastalığı olan, dinlenmekte olan insanlarda benzer sıklıkta semptomlara sebebiyet vermiştir (Hunt ve ark. 1998). Esas olarak, olestra sindirim yolu intaktını ilave dışkıya katettirdi. Bazı deneklerde, dışkıdaki olestranın varlığından ötürü bağırsak hareketlerinin sıklığında ve dışkı özelliğinde değişiklikler gelişmiştir.

Bu yan etkilerin sıklığını değerlendirmek adına sayısız çalışma yürütülmüştür. İnsan çalışmaları şimdiye kadar tartışmalı sonuçlar getirmiştir. Bir diğer çalışmada, olestranın iki-üç aylık, plasebo kontrollü çift kör, randomize edilmiş, çaprazlamalı denemeleri sağlıklı gönüllülerde uygulanmıştır (Kelly ve ark. 1998). Denekler 20 ile 40 gram arası olestra tüketmiştir. Bağırsak hareketi ve dışkı zorunluluğu sıklığı artmıştır. Deneklerin % 7,2'sinde anal sızma gerçekleşmiştir. Olestra tüketen deneklerde karın ağrısı daha sıkça gerçekleşmiş ve sekiz hafta süreli beslenme deneyinde deney grubundakilerin karın ağrısı sıklığı kontrol grubundakilere

göre çok daha fazla olmuştur. 20 ile 40 gram olestra içeren yiyeceklerin her gün tüketimi önemli sindirim problemlerine sebebiyet vermiştir. Fakat yine de bu alım atıştırma yiyeceklerde kullanılacak olestra miktarından fazla olmuştur. Bir diğer çift kör çalışmada, 1123 adet gönüllüye olestra ile ya da doğal trigliserit ile yapılmış patates cipsleri rastgele bir biçimde, serbest filme alma esnasında verilmiştir (Cheskin ve ark. 1998). Toplam ve belli sindirim semptomları, yiyecek alımından 40 saat ile 10 gün sonra kadar telefonla yapılan bir araştırmayla bildirilmiştir. Çalışma, tek seferliğine tüketilen olestralı yiyeceğin sindirimsel semptomları etkilemediğini göstermiştir.

Bir diğer çalışma, daha önce olestra tüketiminden sonra sindirimsel semptomlar gösteren deneklerde semptomların tekrarlanması durumunu inceledi (Zorich ve ark. 1997a, 1997b). 57 deneye olestra ile ya da trigliserit ile kızartılmış 56 gram patates cipsi verilmiştir. Yine bu denekler yapılan telefon görüşmeleriyle değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonucuna göre trigliserit ile kızartılmış patates cipsi tüketen deneklerle olestra ile hazırlanmış patates cipsi tüketen denekler arasında farklılık görülmemiş ve hatta olestraya toleransı olduğunu iddia eden deneklerde dahi sindirimsel semptom gözlemlenmemiştir.

## 7. OLESTRA İLE MİKROORGANİZMALAR ARASINDAKİ İLİŞKİ

### 7.1 Olestra Mikrobiyolojisinin Gelişimi

Mikroorganizmalar pek çok doğal organik molekölü ayrıştırır ve karşılığında bu moleküllerden enerji ya da besin üretirler. Biyodegradasyon terimi çevredeki süreci tanımlamak için sıkça kullanılmaktadır.

Bağırsak mikroflorasının olestrayı oksijensiz koşullarda ayrıştırması ile ilgili pek çok çalışma rapor edilmiştir. Bu çalışmalar, olestranın oksijensiz koşullarda bağırsakta ayrıştırılmadığını göstermiş olsa da bu diğer bağırsak kökenli olmayan mikroorganizmaların olestrayı ayrıştıramayacağını göstermemektedir.

Olestranın ayrışması, eğer gerçekleşebilecekse, omega karbon bölgesindeki yağ asidi bileşenlerinin alkil zincirlerine oksijen gerektiren bir reaksiyonda saldırı olmasıyla başlamalıdır. Lee ve Ventulo (1996) olestradan karbon ve enerjinin yegane kaynağı olarak faydalanabilecek çamur, toprak ve gübre gibi çeşitli habitatlarda çeşitli oksijenli solunum yapabilen bakterilerin ve mantarların bulunduğunu belirtmiştir. Olestrayı ayrıştıran mantar *Trikoderma*, *Cladosporium*, *Monosilyum indikum* ve *Vertisilyum albo-atrum* barındırmaktadır. Ayrıca olestrayı ayrıştırabilme özelliği olan *Psödomonas aeruginosayı* izole etmektedir. Bu organizma hem yağ asidinin <sup>14</sup>C ile işaretlendiği hem de sakkarozun <sup>14</sup>C ile işaretlendiği olestrayı sekiz günlük inkübasyon süresince ayrıştırmıştır. 69 günlük inkübasyon işleminde sonra <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş sakkarozun % 98'inden fazlası ve <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş yağ asidinin % 72'sinden fazlası <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>'ye minarelize edilmiştir. Bu sonuçlara göre, çevrede bulunan olestrayı ayrıştırabilen mikroorganizmalar daha önce olestraya maruz kalmamışlardı ve dolayısıyla artık olestra onlar için karbon ve enerji kaynağı olarak hizmet verebilmektedir. Ayrıca, yağ asidi işaretlenmiş olestra gecikme evresi olmadan <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>'ye hızlıca dönüşürken, yağ asitleri esteraz enzimlerince daha önce ayrıldığı için sakkaroz parçasının mineralize olması kısa bir gecikme evresiyle gerçekleşmiştir. Ürünlerin ince tabaka kromatografi analizi <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş sakkarozun kaybı ile eş yönlü olarak olestranın 0,05 R<sub>f</sub> değeriyle tek pik yaptığı ortaya çıkmıştır. Bu kanıta dayalı olarak, Lee ve Ventullo (1996) olestra yani okta-esterin ayrıldığını ve yağ asitlerinin önce hepta-estere sonra hekza-estere dönüştüğünü belirtmişlerdir. Bu ayrışma işleminde, moleköl daha polar yapıda olan penta-ester ve tetra-estere dönüşmüştür. Bunlar daha sonra karbonhidrat ve artı yağ asitlerine parçalanırlar.

Böylece, olestranın mikroorganizmalarca metabolizinin ilk aşaması yağ asitlerinin esterazlarla ayrılmasıdır. Bu tip esterazların yapısal engelden etkilenmediği gibi insanların, köpeklerin ve farelerin bağırsak yolundaki esterazlar da yapısal engelden etkilenmemektedir.

## 8. OLESTRA'NIN DOĞADAKİ AYRIŞIMI

### 8.1 Arıtma Tesislerinin Olestra ile Kirlenmesi

Olestranın doğaya olası yan etkilerini belirlemek için, olestranın evsel atık sularla, kanalizasyon suyu ya da septik sistemlerle doğaya verildiği sayısız araştırma yürütülmüştür (Allgood ve ark. 1994a). Buluşlar, olestranın doğaya girdiğini fakat bu mevcudiyetin zararlı olmadığını gösterdi. Tersine, diğer bilim insanları olestranın doğaya yararlı olduğunu tespit etti (Allgood 1994b, Overcash ve ark. 1994). Bir çalışma, olestranın toprağın yapısını geliştirdiğini ve ayrıca test edilen toprağın sıvı tutma kapasitesini arttırdığını göstermiştir. Bir diğer çalışma, olestranın balıklara, su yosunları, zooplankton ve bakteri gibi suda yaşayan organizmalara ya da yer solucanı gibi karada yaşayan canlılara zararlı olmadığını göstermiştir (Allgood 1994a).

Olestranın arıtma tesislerini etkileyebileceği konusunda endişeler mevcuttur. Bazı araştırmacılar olestranın atıksu tesislerinin işlemsel görevinde toprak kaybı, toplam organik yüklenme ya da çamur susuzlaştırma gibi istenmeyen etkileri olmadığını göstermiştir (Greff ve ark. 1995, Logan ve ark. 1996, McAvoy ve ark. 1996, Overcash ve ark. 1994). Olestranın geleneksel atıksu arıtması sırasında toprağa soğurularak ve temizleme işleminde dibe çökerek atıldığı belirtilmiştir (McAvoy ve ark. 1996). Aktif çamur işleminde, radyoaktif işaretli olestranın mineralizasyonu radyoaktif CO<sub>2</sub>'yi ele geçirmek için tuzaklarla sağlandı (Allgood ve ark. 1994). Atıksu arıtma işlemi sırasındaki asıl biyolojik bozunma tesisteki kısa alıkonma süresinden ötürü minimum seviyedeydi (Allgood ve ark. 1994, McAvoy ve ark. 1996). Etkinleştirilmiş atık işleminde olestranın biyolojik bozunması radyoaktif işaretli olestranın hidrolizi ile sağlandı (Allgood ve ark. 1994, McAvoy ve ark. 1996).

### 8.2 Toprağın Olestra ile Kirlenmesi

Atıksu arıtmasında ilk olarak toprağa soğurularak ve temizleme işleminde dibe çökerek atılan olestra etkinleştirilmiş atıkla arıtılan toprakta depolandı (McAvoy ve ark. 1996). Olestranın topraktaki yarı ömür süresinin sıvı ve katı olestra için sırasıyla 10 ve 88 gün olduğu ölçüldü (Allgood ve ark. 1997, McAvoy ve ark. 1996). <sup>14</sup>C ile işaretlenmiş olestranın hem katı hem de sıvı formları atık arıtılmış tarım alanlarından toplanan topraklar ile karıştırıldı. Toprak

mikroorganizmaları olestrayı CO<sub>2</sub>'ye mineralize edebilmekte fakat, katı olestra sıvı olestraya göre daha karşı koyan bir yapıya sahiptir. Örneğin, sıvı olestranın % 50'si <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>'ye 66 günde dönüşürken, katı olestranın % 45'i <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>'ye 386 günde ayrılmaktadır (McAvoy ve ark. 1996).

Diğer raporlar, olestranın hem katı hem de sıvı formlarının 5000 mg olestra/kg toprak yoğunlukta toprak ekosistemine zararlı olmadığını gösterdi. Örneğin, yer solucanlarında ve mikroorganizmalarda olestranın yan etkisi olmadığı görüldü (Allgood 1994b). ABD'deki belediyeye ait lağım pisliğinin en az üçte birinin tarımsal fayda için toprağa geri dönüştürüldüğü için (Logan ve ark. 1996) olestranın atık çamur ile birleştirildiği durumda toprağa olan etkisi üzerinde daha çok ilgi oluşmuştur. Logan ve ark. (1996) doğaya giren olestranın olası etkilerini değerlendirdi. Sıvı ve katı olestranın iki farklı konsantrasyonu dört tip toprakta arıtma çamuruna eklenmiştir. Arıtma çamurunun bileşenleri; Miami kumlu toprağı (kaliteli, karıştırılmış, puslu, tipik Hapludalf), Kokomo kumlu toprağı (kaliteli, karıştırılmış, puslu, tipik Argiaquoll), Hazleton kumu (killi-iskeletsel, karıştırılmış, puslu, tipik Dystrochrept), ve Paulding kili (çok kaliteli, ilitik, asidik olmayan, puslu tipik Haplaquept) dir. Toprakların fiziksel özellikleri yığın ve tane yoğunluğu;su alıkonumu; doymuş hidrolik iletkenlik (K<sub>5</sub>); büzülme; sabit su kümesi; Atterberg limiti; cep penetrometresi direnç etkileri için değerlendirilmiştir (Logan ve ark. 1996).

Pek çok veri, çamur ilavesinin iletkenliği delikliliği, su alıkoyumunu, hidrolik iletkenliği, sabit su kümesini ve penetrometre direncinin arttırdığı için toprağın üretkenliğinde yararlı olduğunu göstermiştir. Çamurun tek başına olduğu duruma göre olestranın çamura ilave edildiği durumda olestranın daha farklı etki yarattığı sadece birkaç durum mevcuttur. Örneğin, toprakların yığın ve tane yoğunlukları, çamur ve olestralı çamurun ilavesiyle azalmıştır; ve olestralı çamurun yarattığı etkiler sadece çamurunkilerden farklı olmamıştır. Çamur, delikliliği ve toprağın hava ve suyu bitki köklerine iletme kapasitesini artırır. Öte yandan, olestralı çamurlu durumda sadece çamurlu duruma göre su alıkoyumunda farklı bir etki oluşmamıştır ve her iki durum da su alikonumunu eşit oranda arttırmaktadır.

Logan ve ark. (1996) toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki çalışmaları toprağa yapılan olestra ilavesinin etkisi olmadığını göstermiştir. Ayrıca, sıvı ve katı olestranın tek başına çamura göre daha az toprak dağılımına neden olduğunu belirlemişlerdir. Buna ek olarak, olestranın toprak kümelenmesini tek başına çamura göre attırdığını ve sıvı olestranın katı olestraya göre daha iyi toprak kümelenmesi oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Bu, dayanıklı su kümelenmesinin toprağın tanecik hidrofobikliğini kolaylaştıran bir yön olarak kabul edilmesidir. Ayrıca toprağı

erozyona ve yağmur etkisiyle kabuklanmaya karşı korumuştur. Olestra çamurla karşılaştırıldığında büzülmeye neden olmamaktadır. Ayrıca olestra, toprağın ıslak durumdayken akışını azaltmada yardımcı olmaktadır. Plastik limit incelendikten sonra olestranın çamur üzerinde etkisi olmadığı, fakat olestralı çamurun ıslaklık durumunda toprağın yumuşaklığını düşürme eğilimi olduğu gözlemlenmiştir. Olestranın ayrıca test edilen toprağın sıvı tutma kapasitesini arttırdığı görülmüştür. Sonuç olarak, olestra çamur ile karıştırıldığında toprağa karşı yan etkileri olmamaktadır. Bütün çalışmalar olestranın doğadaki toprağa zarar vermediğini göstermiştir (Logan ve ark. 1996).

Figge ve Haigh-Baird'in çalışmaları (1997) mineralizasyon oranının olestra tipine ve toprak tipine göre değişiklik gösterdiğini göstermiştir. Olestranın Spefeyer olarak sınıflandırılan bazı Alman topraklarında (hafif kum tabakası yüksek humus) ve Madera olarak sınıflandırılan bazı Amerikan topraklarında (hafif kum tabakası düşük humus) ve Borstel (hafif kum tabakası düşük humus)'de mineralizasyonu 400 günlük inkübasyon süresinde % 6,9 ile % 18,4 arasında kalacak şekilde sınırlandırdığını göstermişlerdir. Aynı olestra Speicherkoog olarak sınıflandırılan Alman topraklarında (killi kum, yüksek humus), Hollande olarak sınıflandırılan Amerikan topraklarında (kumlu kil, yüksek humus), Thermal (hafif killi kaliteli kum-düşük humus)'de, ve Uvaide (kumlu kil-orta derecede humus)'de mineralizasyonu % 35 ile % 52 seviyesinde tutmaktadır. Ayrıca, olestranın daha çok miktarının (yani daha doymuş yağ asitli) sürüp gitmesinin, toprağa uygulandıktan sonra muhtemelen yığılmasının daha olası olduğu görülmüştür. Labaratuvar buluşları direkt olarak tarlaya uygulanamaz. İklimlendirilmiş mikroorganizmalar içeren atık çamur uygulamasının, olestranın topraktaki mineralizasyonunda artış göstereceği olasıdır (Figge ve Schoeberl 1997, Figge ve Haigh-Baird 1997). Fakat, düşük toprak sıcaklıkları ve toprak kurutması mikrobik aktiviteyi azaltarak ve olestranın viskozitesini arttırarak mineralizasyon oranını düşürmektedir (Figge ve Haigh-Baird 1997).

### **8.3 Bitkilerin Olestra ile Kirlenmesi**

Bazı mikroorganizmalar olestrayı ayrıştırabiliyor olmasına rağmen bu işlem oldukça yavaştır (Lee ve Ventullo 1996). Olestra bilinmeyen bazı faktörlere bağlı olarak sürüp gidebilir (Logan ve ark. 1996). Olestranın fitotoksik olup olmadığı konusunda iki adet çalışma yürütülmüştür. Allgood (1994b)'un çalışmasına göre, salatalık, mısır, soya fasülyesi, barbunya

fasüyesi ve buğday tohumları % 20 kuartz kumu ve 0 ile 930 miligram arasında olestra/kilogram toprak içeren toprağa ekilmiş ve 21 gün boyunca büyümeleri beklenmiştir. Belli bitiş noktalarında, hayatta kalma, kök kuruluğu, sürgün uzunluğu ve ağırlık değerleri incelenmiştir. Barbunya fasüyelerinin kök ağırlığı 430mg olestra/kg toprak konsantrasyonunda azalmıştır. Allgood'un gözlemlerine göre 224mg olestra/kg toprak ve altında hiçbir bitkide etkiye rastlanmamıştır. Bir diğer çalışmada, Overcash ve ark. (1994), toprakta tek başına ya da olestra ile ya da belediye çamuruyla büyüyen çayır otu, mısır, soya fasüyesi ve buğdayda fitotoksik etkileri araştırmışlardır. Olestra 0 ile 1000 mg olestra/kg toprak konsantrasyonunda eklenmiştir ve bitkiler türlerine göre 19 ile 90 gün arasında büyüme bırakılmıştır. Hekzan içerisinde çözülmüş olestra % 20 oranında toprak ya da çamurlu toprak ile karıştırılmıştır. Araştırmalar tohum çimlenmesinde ve bitki büyümesinde 1000 mg olestra/kg toprak konsantrasyonunda olestranın yan etkileri olmadığını göstermiştir.



## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yıllar boyunca gıda ve kimya mühendisleri, obezite ve buna bağlı hastalıkların besinlerdeki yağın azaltılmasıyla önüne geçilebileceği düşüncesi ile yağ ikame maddeleri bulmak için araştırmalarda bulunmuştur. Aradıkları bu ikame, yağın sahip olduğu tüm fiziksel özellikleri göstermelidir ve yiyecekleri yenilebilir, gevrek, lezzetli ve düşük kalorili yapmalıdır.

Yapılan birçok araştırma sonucunda olestranın doğal yağlar ile aynı tadı verdiğini, bazı ilaçlarla beraber tüketildiğinde bunların emilimini etkilemediğini, mikrobeyin ve makrobeyin emilimini değiştirmediğini göstermiştir. Olestra sadece yağda çözünen vitaminlerin emilimini engellemektedir ve bu sorun yağda çözünen vitaminlerin besindeki miktarının artırılmasıyla çözülebilmektedir.

Bilim insanları, olestra tüketiminin insan sağlığı ve üzerindeki besinsel güvenliği değerlendirmede olestranın etkilerini fare, domuz, tavşan, hamster ve köpekler üzerinde yaptıkları klinik deneylerle araştırmışlardır. Bu deneylerin sonuçları, olestranın herhangi bir yan etkisi olmadığını; zehirli, teratojenik, kanserojen ve genotoksik etkilerinin bulunmadiğını göstermiştir. Ancak fazla tüketiminde bazı sindirim sorunlarına yol açtığı görölmüştür.

Olestra, üzerinde en çok araştırma yapılan gıda maddelerinden biri olmuştur. Kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda ABD, Kanada ve İngiltere gibi ölkeler tarafından tüketimi uygun görölse de şu anda sadece ABD’de kullanılmaktadır. Özellikle patates cipsi ve krakerler, olestranın yoğun olarak kullanıldığı gıdalardır.

Araştırmalar olestranın insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olmadığını gösterse de sadece ABD’de kullanılması ve diğer ölkeler tarafından kullanımının kabul edilmemesi tereddütlere sebep olmaktadır.

Günümüzde fazla yağ tüketimine bağlı olarak hızla artan obezite ve buna bağlı hastalıkların önüne geçmede olestra bir çözüml olabilir. Olestra üzerinde yapılan araştırmaların devam etmesi, alınacak olumlu sonuçlarla birlikte diğer ölkelerde ve belki ileride Türkiye’de kullanımının yaygınlaşması, insan sağlığı üzerinde pozitif etkiler yaratacak bir gelişme olacaktır.

## 10. KAYNAKLAR

- Aggarwal AM, Camilleri M, Phillips SF, Schlagheck TG, Brown ML & Thomforde GM (1993). Olestra, a nondigestible, nonabsorbable fat. Effects on gastrointestinal and colic transit. *Digestive Disease Science*, 38 (6): 1009 -1014.
- Akgun A, Yazıcı F (2004). Effect of some protein based fat replacer on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. *Journal of Food Engineering*, 62: 245-254.
- Akoh CC (1994a). Synthesis of carbohydrate fatty acid polyesters. In *Carbohydrate Polyesters as Fat Substitutes*, 9-35.
- Akoh CC (1994b). Oxidative stability of fat substitutes and vegetable oils by the oxidative stability index method. *Journal of American Oil Chemists Society*, 71: 211-216.
- Akoh CC (1995). Lipid-based fat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35 (5) : 405-430.
- Akoh CC (1998). Fat Replacers. *Food Technology*, 53(2):47–53
- Akoh CC & Swanson BG (1987). One-stage synthesis of raffinose fatty acid polyesters. *Journal of Food Sciences*, 52: 1570-1576.
- Akoh CC & Swanson BG (1990). Optimization of sucrose polyester synthesis: comparison of properties of sucrose polyesters, raffinose polyesters and salad oils. *Journal of Food Sciences*, 55: 236-243.
- Akoh CC & Swanson BG (1991). Absorbability and weight gain by mice fed methyl glucoside fatty acid polyesters: potential fat substitutes. *Journal of Nutrition Biochem*, 2: 652.
- Alexander RJ (1994). Carbohydrate Used As Fat Replacer in Development in Carbohydrate Chemistry, 343 – 370.
- Allgood GS (1994a). Aquatic toxicity studies of olestra in bacteria, algae, zooplanton, and fish. Abstract, 15th Annual Meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 220.
- Allgood GS (1994b). Terrestrial toxicity studies of olestra: Effects on plant seedling growth response to olestra as related to beneficial use of municipal sludge. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 26: 408-414.
- Allgood GS, McAvoy DC, Woltering DM (1997). Environmental assessment of a new food ingredient, the fat replacer olestra. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16 (3): 586-600.

- Allgood GS, Shimp RJ, Federle TW (1994). Biodegradation of olestra in activated sludge and soil. Courtesy by Procter & Gamble Company, Cincinnati, Ohio.
- Anonim (1971). American Dietetic Association Report: Fat replacements. Journal of American Oil Chemists Society, 61: 1285-1288.
- Anonim (1981). National Institutes of Health. Sucrose polyester for reduction of body cholesterol. Journal of American and Medical Association, 245 (17): 1725-1726.
- Anonim (1987). Procter & Gamble. Olestra as a calorie free substitute for fats and oils. Petition submitted to the FDA.
- Anonim (1988). United States Department of Health and Human Service. Chapter 2: Coronary Hearth Disease. In The Surgeon General Report on Nutrition and Health. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.
- Anonim (1990). United States Department of Health and Human Services. Healthy People 2000: National Health Promotion and Disease Prevention Objectives.
- Anonim (1990). United States Department of Agriculture and United States Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans. Washington, DC.
- Anonim (1991). Public Health Service. Health People 2000: National Health Promotion and Disease Prevention Objectives. Washington, DC: US Department of Health and Human Services (DHHS), Public Health Service (PHS), Pub. No. 91- 50213, Washington DC.
- Anonim (1996a). United States Department of Food and Drug Administration. Department of Health and Human Services, Final rule approved by Food and Drug Administration.
- Anonim (1996b). United States Department of Food and Drug Administration. Department of Health and Human Services, Federal Register, Vol. 61(20), 21 CFR Part 172 (Docket 87F-0179), January 30, 3118-3173. Washington, D.C.
- Anonim (1998a). Mayo Clinic Health Letter. New guidelines mean more Americans are “overweight, 16 (9): 4.
- Anonim (1998b). American Dietetic Association Report: A new food additive, 98 : 565-569.
- Anonim (1998c). Harvard Health Letter. Guidelines call more Americans overweight, 23 (10): 7.
- Anonim (1999). AOAC :Official Methods Of Analysis. 16th Edn. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Anonim (2002). Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting.
- Anonim (2005). American Dietetic Association Report: Fat replacers, 105 (2) : 266 - 275.

- Anonim (2007a). Kalori Kontrol Konseyi. Fat replacer: Food ingredients for healthy eating.
- Anonim (2007b). Kalori Kontrol Konseyi. Fat replacer: Food ingredients for healthy eating, Glossary of fat replacers.
- Artz WE, Hansen SL (1994). Other fat substitutes. In Carbohydrate Polyesters as Fat Substitutes, 197-236.
- Atasoy AF, Yetişmeyen A (2006). Serum proteinlerinin mikropartikülasyonu ve gıda teknolojisinde kullanımı, Türkiye 9. Gıda Kongresi Bildiri Kitabı, Sf: 207-210, Bursa.
- Bergholz CM (1990). Safety evaluation of olestra, a nonabsorbable fat replacement derived from fat. Abstracts of Papers . American Chemical Society, 69.
- Bergholz CM (1991). Olestra and the potential role of a nonabsorbable lipid in the diets of children. Annals of the New York Academy of Science 623: 356-367.
- Bergholz CM (1992a). Safety evaluation of olestra. In Food Safety Assessment, 392-399.
- Bergholz CM (1992b). Safety evaluation of olestra, a nonabsorbed, fatlike fat replacement. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32 (2): 141-146.
- Bernhardt CA (1988). Olestra-a non-caloric fat replacement. Food Technology International Europe, 19: 176-178.
- Bobalek EG (1977). Prospects and potential for commercial production and utilization of sucrose fatty acid esters. In Sucrochemistry, 162.
- Boutte TT, Swanson BG (1994). Supercritical fluid extraction and chromatography of sucrose and methyl glucose polyester. In Carbohydrate Polyesters as Fat Substitutes, 65-93.
- Bracco FE, Baba N, Hashim SA (1987). Polysiloxane: potential noncaloric fat substitute, effects on body composition of obese Zucker rats. American Journal Clinical Nutrition, 46: 784-789.
- Brown S (1993). Manufacture of cornhusker cheese with reduced fat content, Journal of Cultural Dairy Products, 24:23.
- Bulletin (1985). Avicel Cellulose Gel (microcrystalline cellulose) Product Description, 34 Philadelphia, PA: FMC Corp.
- Carroll KK, Khor HT (1975). Progress in Biochemical Pharmacology, 10.
- Cheskin LJ, Miday R, Zorich N, Filloon T (1998). Gastrointestinal symptoms following consumption of olestra or regular triglyceride potato chips: A controlled comparison. Journal of American Medical Association, 279 (2): 150-152.

- Cooper DA, Berry DA, Jones MB, Kiorpes AL, Peters JC (1997a). Olestra's effect on the status of vitamins A, D, and E in the pig can be offset by increasing dietary levels of these vitamins. *Journal of Nutrition*, 127 (8): 1589S-1608S.
- Cooper DA, Berry DA, Spendel VA, Jones MB, Kiorpes AL, Peters JC (1997b). Nutritional status of pigs fed olestra with and without increased dietary levels of vitamins A and E in long-term studies. *Journal of Nutrition*, 127 (8): 1609S-1635S.
- Cortot A, Phillips SF, Malagelada JR (1982). Parallel gastric-emptying of nonhydrolyzable fat and water after a solid-liquid meal in humans. *Gastroenterology*, 82: 877-881.
- Costin GM (1999). *Alimente funcționale*, Ed. Academica, Galați, (pp.188-202).
- Crehan CM (2000). Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12, and 30 % fat, *Meat Sci.* 55, 463-469.
- Daher G, Cooper D, Riccardi K, Zorich N, King D, Marks P, Peters J (1994). The effect of olestra on retinyl palmitate absorption in man. *FASEB Journal*, 8: 443.
- Daher GC, Cooper DA, Peters JC (1997). Physical or temporal separation of olestra and vitamins A, E and D intake decreases the effect of olestra on the status of the vitamins in the pig. *Journal of Nutrition*, 127 (8): 1566S-1572S.
- Daher GC, Lawson KD, Tallmadge DH, Blair MM, Miller KW (1992). Comparison of the absorption, distribution and elimination of olestra in guinea pigs with normal and compromised gastrointestinal tracts. *FASEB Journal*, 6: 679.
- Daher GC, Lawson KD, Tallmadge DH, Madison BL, Okenfuss JR, Hudson P, Wilson S, Thorstenson J, Vanderploeg P, Miller KW (1996). Disposition of ingested olestra in weanling mini-pigs. *Food Chemical and Toxicology*, 34 (8): 693-699.
- David IG (1997). Behavior and food intake: What constitutes effective policy? In *Nutrition Policy in Public Health*, 17-32.
- Damjanovi M, Barton M (2008). Fat Intake and Cardiovascular Response. *Current Hypertension Reports*, 10:25–31.
- Denine EP, Schroeder RE (1993). A segment II teratology study in rabbits dosed with olestra which had been used for deep frying potatoes. *Toxicologist*, 13: 80.
- Demirci M (2003). *Beslenme*. Rebel Yayıncılık. 286s. Tekirdağ.
- Doğan İS, Küçüköner E (1999). Düşük Yağ ve Kalori İçeren Gıdaların Hazırlanmasında Yağ İkamelerinin Rolü, *Gıda* 24 (6) : 417 – 424.
- Drake MA, Swanson BG (1995). Reduced and low-fat cheese technology, *Trends in Food Science and Technology*, 6 : 366 - 369.

- Drake MA, Chen XQ, Gerard PD, Gurkin SU (1998). Composition and quality attributes of reduced-fat cheese as affected by lecithin type, *Journal of Food Science*, 63 (6) : 1018 – 1023.
- Dreher M, Leveille GA, Aurbach M (1998). Salatrim: a triglyceride-based fat replacer, *Nutrition Today*, 33 (4) : 164 - 170.
- Dziezak JD (1989). Fats, oils and fat substitutes. *Food Technology*, 43 (7): 66-74.
- Eastwood MA, Allgood GS (1995). The effect of olestra on breath gas production and fecal microbial counts. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49: 627-639.
- Eldridge AL, Cooper DA, Peters JC (2002). A role for olestra in body weight management. *Obesity* 3: 17 -25.
- Fackelmann K (1996). Olestra: Too good to be true? Researchers flush out health risks of fake fat. *Science News*, 149: 61.
- Fallat RW, Glueck CJ, Lutmer R, Mattson FH (1976a). Short term study of sucrose polyester a nonabsorbable fat-like material as a dietary agent for 86 lowering plasma cholesterol. *American Journal of Clinical and Nutrition*, 29: 1204-1215.
- Fallat RW, Glueck CJ, Lutmer R, Mattson RH (1976b). Short term study of a dietary fat substitute, on gastrointestinal function and symptoms. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26 (2): 210-218.
- Feuge RO, Zeringue HJ, Weiss TJ, Brown M (1970). Preparation of sucrose esters by interesterification. *Journal of American Oil Chemists Society*, 47: 56-60.
- Figge K, Haigh-Baird SD (1997). Biodegradation of sucrose poly fatty acid esters in soils. *Chemosphere*, 34 (12): 2621-2636.
- Figge K, Schoeberl PV (1997) Las and the application of sewage sludge in agriculture *Tenside Surfactants Detergents*, 26: 122-128.
- Flack E (1996). The Role of Emulsifiers in Low Fat Food Products, Ch:10, in *Handbook of Fat Replacers*, (S. Roller and S.A., Jones, eds), pp: 221 - 234, CRC Press, Boca Raton FL.
- Francis FJ (2000). *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd Edition, New York, USA.
- Freston JW, Ahnen DJ, Czinn SJ, Earnest DL, Farthing MJ, Gorbach SL, Hunt RH, Sandler RS, Schuster MM (1997). Review and analysis of the effects of olestra, a dietary fat substitute, on gastrointestinal function and symptoms. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26 (2): 210-218.

- Gardner DR, Sanders RA (1990). Isolation and characterization of polymers in heated olestra and an olestra/triglyceride blend. *Journal of American Oil Chemists Society*, 67: 788-796.
- Giese J (1996). Olestra: Properties, regulatory concerns, and applications. *Food Technology*, 50 (3): 130-131.
- Glueck CJ, Jandacek RJ, Subbiah MTR, Gallon L, Yunker R, Allen C, Hogg E, Laskarzewski PM (1980). Effect of sucrose polyester on fecal bile acid excretion and composition in normal men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 33: 2177-2181.
- Glueck CJ, Hastings MM, Allen C, Hogg E, Bachler L, Gartside PS, Phillips D, Jones M, Hollenbach EJ, Braun B, Anastasia JTV (1982). Sucrose polyester and covert caloric dilution. *American Journal of Clinical Nutrition*, 35: 1352-1359.
- Greff JA, McAvoy DC, Webb DR, Allgood GS (1995). Fate and effect of olestra in septic tanks. Abstracts, 16th Annual Meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, November 5-9, 324. Vancouver, Canada.
- Grundy SM, Anastasia JM, Kesaniemi YA, Abrams J (1986). Influence of sucrose polyester on plasma lipoproteins, and cholesterol metabolism in obese patients with and without diabetes mellitus. *American Journal of Clinical Nutrition*, 44 (5): 620-629.
- Gupta RK, James K, Smith FJ (1983). Sucrose esters and sucrose ester/glyceride blends as emulsifiers. *Journal American Oil Chemists and Society*, 60: 862-869.
- Güven M, Yasar K, Karaca OB, Hayaloğlu AA (2005). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture, *International Journal of Dairy Technology*, 58(3):180-184.
- Hager MH, Schneeman BO (1986). Pancreatic enzyme and plasma cholesterol response to chronic ingestion of a nonabsorbable lipid in rats. *Journal of Nutrition*, 116: 2372-2377.
- Hamm DJ (1984). Preparation and evaluation of trialkoxytricarballylate, trialkozycitrate, trialkoxyglycerylether, jojoba oil and sucrose polyesters as low calorie replacements of edible fats and oils. *Journal of Food Sciences*, 49: 419-428.
- Hass HB (1977). The concept of sucrochemistry. In *Sucrochemistry*, 4-8.
- Haumann BF (1993). How do you determine what fat replacers are in foods? That is the problem facing U.S. analytical chemists as they seek ways to determine the amount and type of fatty acid-based compounds used as fat replacers. *Inform*, 4 (11): 1226-1235.
- Henry DE, Tallmadge DH, Sanders RA, Gardner DR (1992). Characterization of used frying oils. Part 2: Comparison of olestra and triglyceride. *Journal of American Oil Chemists Society*, 69: 509-519.
- Hill JO (2006). Understanding and addressing the epidemic of obesity: an energy balance perspective. *Endocrine* 27: 750 – 761.

- Hofmann AF (1976). Fat digestion: the interaction of lipid digestion products with micellar bile acid solutions. In *Lipid Absorption: Biochemical and Clinical Aspects*, 3-18.
- Hunt R, Zorich NL, Thomson AB (1998). Overview of olestra: a new fat substitute. *Canadian Journal of Gastroenterology*, 12 (3): 193-197.
- Huyghebaert A, Dewettinck K, Greyt W (1996). Fat replacers, *Bulletin of IDF*, 317 : 10 - 15
- Jandacek RJ (1982). The effect of nonabsorbable lipids on the intestinal absorption of lipophiles. *Drug Metabolism Review*, 13: 695-714.
- Jandacek RJ (1984). Studies with sucrose polyester. *International Journal Obesity*, 8 (1): 13-21.
- Jandacek RJ (1991). Developing a fat substitute: What we had to do to prove that olestra is safe for you to eat. *Chemtech July*, 398-402.
- Jandacek RJ, Holcombe BN (1991). The excretion and characterization of intravenously administered olestra. *Lipids*, 26: 754-758.
- Jandacek RJ, Webb MR (1978). Physical properties of pure sucrose octaesters. *Chemistry and Physics of Lipids*, 22: 163-176.
- Keeton JT (1991). Fat substitutes and fat modification in processing. Presented at the 44<sup>th</sup> Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association, June 9-12. Lawrence: Kansas State University.
- Kelly SM, Shorthouse M, Cotterell JC, Riordan AM, Lee AJ, Thurnham DI, Hanka R, Hunter JO (1998). A 3-month, doubleblind, controlled trial of feeding with sucrose polyester in human volunteers. *British Journal of Nutrition*, 80: 841-849.
- Kester JJ (1993). Food product development using olestra as a fat substitute. In *Science for the Food Industry of the 21st Century, Biotechnology, Supercritical Fluids, Membrane and Other Advanced Technologies for Low Calorie, Healthy Food Alternatives*, 37-50.
- Klis JB (1996). Back Page: FDA approves fat substitute, olestra. *Food Technology*, 50 (2): 124.
- Koca N, Metin M (2002). Bazı yağ ikame maddelerinin yağı azaltılmış taze kaşar peynirinin nitelikleri üzerine etkileri, *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, İzmir*.
- Koonsvitsky BP, Berry DA, Jones MB, Lin PY, Cooper DA, Jones DY, Jackson JE (1997). Olestra affects serum concentrations of alpha-tocopherol and carotenoids but not vitamin D or vitamin K status in freelifing subjects. *Journal of Nutrition*, 127 (8): 1636S-1645S.
- Krebs-Smith SM, Cronin FJ, Haytowitz DB, Cook DA (1992). Food sources of energy, macronutrients, cholesterol, and fiber in diets of women. *Journal of the American Dietetic Association*, 92: 168-174.



- Küçüköner E (1996). Effect of various commercial fat replacers on the physico-chemical properties and rheology of low fat Cheddar cheese, PhD thesis, Mississippi State University, Mississippi State, MS.
- LaBarge RG (1988). The search for a low-caloric oil: Various approaches and products have been suggested for replacement or reduction of the fat content of foods. *Journal of Food Technology*, 84.
- Lafranconi WM, Long PH, Atkinson, JE, Knezevich AL, Wooding WL (1994). Chronic toxicity and carcinogenicity of olestra in Swiss CD-1 mice. *Food Chemical and Toxicology*, 32 (9): 789-798.
- Lawson KD, Middleton SJ, Hassall CD (1997). Olestra, a nonabsorbed, noncaloric replacement for dietary fat: a review. *Drug Metabolism Reviews*, 29 (3): 651-703.
- Lee DM, Ventullo RM (1996). Degradation of olestra, a non-caloric fat substitute, by microorganisms isolated from activated sludge and other environments. *Biodegradation*, 7 (3): 257-265.
- Litchfield C (1972). *Analysis of triglycerides*, 231. New York: Academic Press.
- Logan TJ, Harrison BJ, McAvoy DC, Greff JA (1996). Effects of a fat substitute food product (olestra) in sewage sludge on soil physical properties. *Journal of Environmental Quality*, 25 (1): 153-161.
- Lucca PA (1994). Fat replacer and the functionality of fat in foods, *Trends in Food Science and Technology*, 5, 12-19.
- Maas MI, Hopman WP, Van Der Wijk T, Katan MB, Jansen JB (1997). Sucrose polyester does not inhibit gastric acid secretion or stimulate cholecystokinin release in men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65 (3): 761-765.
- Maas MI, Hopman WP, Katan MB, Jansen JB (1998). The nondigestible fat sucrose polyester does not stimulate gallbladder emptying in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68 (6): 1272-1275.
- Mattson FH, Healthy M, Volpenhein RA (1971). Low calorie fat containing food compositions. U.S. Patent 3, 600, 186.
- Mattson FH, Hollenbach EJ, Kuehlthau CM (1979). Metabolism effect of a nonabsorbed fat, sucrose polyester, on the metabolism of vitamin A by the rat. *Journal of Nutrition*, 109: 1688-1693.
- Mattson FH, Jandacek RJ (1991). Distribution among tissues of intravenously administered sucrose octaoleate. *Lipids*, 26: 750-753.

- Mattson FH, Jandacek RJ, Webb MJ (1976). The effect of a nonabsorbable lipid, sucrose polyester, on the absorption of dietary cholesterol by the rat. *Journal of Nutrition*, 106 (6): 747-752.
- Mattson FH, Nolen GA (1972). Absorbability by rats of compounds containing from one to eight ester groups. *Journal of Nutrition*, 102: 1171-1175.
- Mattson FH, Volpenhein RA (1972a). Hydrolysis of fully esterified alcohols containing from one to eight hydroxyl groups by the lipolytic enzymes of rat pancreatic juice. *Journal of Lipid Research*, 13: 325-328.
- Mattson FH, Volpenhein RA (1972b). Rate and extent of absorption of the fatty acids of fully esterified glycerol, erythritol, xylitol, and sucrose as measured in thoracic duct cannulated rats. *Journal of Nutrition*, 102: 1177-1180.
- McAvoy DC, Shimp RJ, Namkung E, Hand VC (1996). Fate and effects of olestra, a fat substitute, during conventional wastewater treatment. *Water Environment Research*, 68 (2): 169-177.
- Merten HL (1970). Low calorie lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 18, 1002-1004.
- Miller KW, Allgood GS (1993). Nutrition assessment of olestra, a noncaloric fat substitute. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 44: S77-S82.
- Miller KW, Long PH (1990). A 91-day feeding study in rats with heated olestra/vegetable oil blends. *Food Chemical and Toxicology*, 28 (5): 307-315.
- Miller KW, Lawson KD, Tallmadge DH, Madison BL, Okenfuss J, Hudson P, Wilson S, Thorstenson J, Vanderploeg P (1995). Disposition of ingested olestra in the Fischer 344 rats. *Fundamental Application Toxicology*, 24 (2): 229-237.
- Miller KW, Lawson KD, Madison GL, Tallmadge DH, Hudson P, Okenfuss J, Blair M, Thorstenson J, Vanderploeg P (1992). Absorption, distribution, and elimination of olestra after oral administration in rats. *Toxicologist*, 12: 145.
- Miller KW, Wood FE, Stuard SB, Alden CL (1991). A 20-month olestra feeding study in dogs. *Food Chemical and Toxicology*, 29 (7): 427-435.
- Morrison RM (1994). Fat substitutes in foods: Growing demand and potential markets. In *Carbohydrate Polyesters as Fat Substitutes*, 237-249.
- Morrison RM, Putnam JJ (1991). Lower fat foods: new technology, increased demand. In *Agricultural Outlook*, 28-32. AO 179, October, Washington, DC: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.

- Muir DD, Banks JM, Hunter EA (1992). Sensory Changes During Maturation of Fat Reduced Cheddar Cheese: Effect of Addition of Enzymically Active Attenuated Starter Cultures, *Milchwissenschaft*, 47 (4) : 218 – 222.
- Mutter LC, Blanke RV, Jandacek RJ, Guzelian PS (1988). Reduction in the body content of DDE in the Mongolian gerbil treated with sucrose polyester and caloric restriction. *Toxicology Applied Pharmacology*, 92 (3): 428-435.
- Nolen GA, Wood FE, Dierckman TA (1987). A two-generation reproductive and development toxicity study of sucrose polyester. *Food Chemical Toxicology*, 25 (1): 1-8.
- Nuck BA, Schlagheck TG, Federle TW (1994). Inability of the human fecal microflora to metabolize the nonabsorbable fat substitute, olestra. *Journal of Industrial Microbiology*, 13: 328-334.
- Nuck BA, Federle TW (1990). Inability of human colonic microflora to metabolize olestra. Abstract #0-73, Nineteenth Annual Meeting of the American Society for Microbiology Meeting.
- Ohmes RL, Marshall RT, Heymann H (1998). Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers, *Journal of Dairy Science*, 81: 1222-1228.
- Orten JM, Neuhaus OW (1982a). Chapter 12: Lipid metabolism, Section three : Major metabolic pathways. In *Human Biochemistry*, 295
- Orten JM, Neuhaus OW (1982b). Chapter 17: Body fluids, Section Four: Specialized tissues and body fluids. In *Human Biochemistry*, 550.
- Overcash MR, Versteeg DJ, Koerwer J, Li L, Li P (1994). Plant growth response to olestra as related to beneficial use of municipal sludge. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 26, 408-414.
- Öztürk GF, Metin M, Koca N, Balkır P (2000). Protein kaynaklı bazı yağ ikame maddelerinin set tip yağsız yoğurt üretiminde kullanımı, VI. Süt ve Ürünleri Sempozyumu, Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri, Tekirdağ.
- Peters JC, Lawson KD, Middleton SJ, Triebwasser KC (1997). Assessment of the nutritional effects of olestra, a nonabsorbed fat replacement: summary. *Journal of Nutrition* 127 (8), 1719-1728.
- Reddy BS, Hanson D, Mangat S, Mathews L, Sbaschnig M, Sharma C, Simi B (1980). Effect of High-Fat, High-Beef Diet and of Mode of Cooking of Beef in the Diet on Fecal Bacterial Enzymes and Fecal Bile Acids and Neutral Sterols. *Journal of Nutrition*, 110: 1880-1887.
- Richter E, Fichtl B, Schafer SG (1982). Effects of dietary paraffin, squalane and sucrose polyester on residue disposition and elimination of hexachlorobenzene in rats. *Chemical Biology Interaction*, 40 (3): 335-344.

- Rizzi GP, Taylor HM (1976). Synthesis of higher polyol fatty acid polyesters. U.S. Patent 3: 963,699.
- Rizzi GP, Taylor HM (1978). A solvent-free synthesis of sucrose polyesters. *Journal of American Oil Chemists Society*, 55: 398-401.
- Sandrou DK (2000). Low-Fat/Calorie Foods: Current State and Perspective, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40, 427-447.
- Schlagheck TG, Riccardi KA, Zorich NL, Torri SA, Dugan LD, Peter JC (1997a). Olestra dose response on fat-soluble and water-soluble Nutrients in humans. *Journal of Nutrition*, 127 (8): 1646S-1665S.
- Schlagheck TG, Kesler JM, Jones MB, Zorich NL, Dugan LD, Davidson MH, Peters JC (1997b). Olestra's effect on vitamins D and E in humans can be offset by increasing dietary levels of these vitamins. *Journal of Nutrition*, 127 (8): 1666S-1685S.
- Seino H, Uchibori T, Nishitani T, Inamusu S (1984). Enzymatic synthesis of carbohydrate esters of fatty acid: (1) Esterification on sucrose, glucose, fructose and sorbitol. *Journal of American Oil Chemists Society* 61, 1761-1765.
- Shikles JL (1992). Process of approving olestra as a food additive, p. 10. U.S. General Accounting Office (GAO), Human Resource Division (HRD) GAO/HRD-92-86, Washington D.C.
- Singhal RS, Gupta AK, Kulkarni PR (1991). Low-calorie fat substitutes. *Trends Food Science and Technology* October, 241-244.
- Skare KL, Skare JA, Thompson ED (1990). Evaluation of olestra in short-term genotoxicity assays. *Food Chemical and Toxicology*, 28: 69-73.
- Swanson BG, Akoh CC (1994). A background and history of carbohydrate polyesters. In *Carbohydrate Polyesters as Fat Substitutes*, pp 1-8.
- Thompson AB, Hunt RH, Zorich NL (1998). Review article: Olestra and its gastrointestinal safety. *Aliment Pharmacology Therapeutic*, 12 (12): 1185-1200.
- Vetter JL (1991). Calorie and Fat Modified Bakery Products, *The American Institute of Baking Bulletin*, 13 (5) : 1 – 8.
- Volpenhein RA, Webb DR, Jandacek RJ (1980). Effect of a nonabsorbable lipid, sucrose polyester, on the absorption of DDT by the rat. *Journal of Toxicology Environment and Health*, 6: 679-683.
- Volpenhein RA (1985). Synthesis of higher polyol fatty acid polyesters using carbonate catalysts. U. S. Patent, 4: 517,360.

- Webb DR, Harrison GG, Lee MJ, Huang MH (1997). Estimated consumption and eating frequency of olestra from savory snacks using menu census data. *Journal of Nutrition* 27 (8 Suppl), 1547S-1554S.
- Wei JJ (1984). Synthesis and feeding studies of sucrose fatty acid polyesters utilized as simulated milk fat. Ph.D. dissertation, Washington State University, Pullman, Washington
- Weiss TJ, Brown M, Zeringue HJ, Feuge RO (1971). Quantitative estimation of sucrose esters of palmitic acid. *Journal of American Oil Chemists Society*, 48: 145-148.
- Weiss TJ, Brown M, Zeringue HJ, Feuge RO (1972). Influence of solvent on degree of acylation in the information of sucrose esters. *Journal of American Oil Chemists Society* 49, 524.
- Werner R (1992). Chapter 3: Lipid metabolism. In *Essential Biochemistry and Molecular Biology: A Comprehensive Review*, pp. 88-114.
- Weststrate JA, Van Het Hof KH (1995). Sucrose polyester and plasma carotenoid concentrations in healthy subjects. *American Journal Clinical Nutrition*, 62 (3): 591-597.
- William GM, Aardema MJ, Long PH, Thompson ED, Allgood GS (1996). Genotoxicity and subchronic toxicity studies with heated olestra. *Food and Chemical Toxicology*, 34 (10): 941-950.
- Wood FE, DeMark BR, Hollenbach EJ, Sargent MC, Triebwasser KC (1991). Analysis of liver tissue for olestra following longterm feeding to rats and monkeys. *Food Chemistry and Toxicology*, 29 (4): 231-236.
- Wylie-Rosett, Judith (2002). Fat Substitutes and Health – An Advisory From Nutrition Committee of the American Heart Association, *Circulation*, 105, 2800- 2804.
- Yamamoto T, Kinami K (1986). Production of sucrose fatty acid polyester. U S Patent, 4: 611,055.
- Yazıcı F, Dervişoğlu M (2003). Yağ Yerine Kullanılan Maddeler ve Süt Ürünlerinde Uygulamaları, *Gıda* 73 : 14- 19.
- Zorich NL, Biedermann D, Riccardi KA, Bishop LJ, Filloon TG (1997a). Randomized, double-blind, placebo-controlled, consumer rechallenge test of Olean salted snacks. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26 (2): 200-209.
- ZorichNL, Jones MB, Kesler JM, Carter SB, Sutton MA, Chir B, Bayless T (1997b). A randomized, double-blind study of the effect of olestra on disease activity in patients with quiescent inflammatory bowel disease. *American Journal of Medicine*, 103 (5): 389-399.

## 11. ÖZGEÇMİŞ

Hakan VATANSEVEN, 09.10.1989 tarihinde İstanbul'da doğmuştur. İlk ve ortaöğrenimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2011 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünü tamamlamış, halen devam ettiği Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilimdalı'ndaki yüksek lisans öğrenimine başlamıştır.

Yaklaşık iki yıldır iş güvenliği uzmanlığı yapan Hakan VATANSEVEN farklı sektörlerde iş güvenliği ile ilgili çalışmalarını yürütmektedir.