

YAĞ TÜKETİMİ ve SAĞLIK

GİRİŞ

Bundan önceki iki sayıda yağların kimyasal yapıları ile vücuda alındıktan sonra, emilimleri ve yıkımları üzerinde ayrıntılı bir şekilde durulmuş, özellikle tüketilen yağların yağ asitleri bileşimi ile vücut sağlığı arasındaki etkileşim biçim ve derecelerine değinilmişti. Açıklanmaya çalışılan bu bilgiler ışığında, tüketilen yağların kimyasal bileşimi kadar, onların tüketim için modifiye edilmiş şekilleri ve tüketiliş alışkanlıklarının da, sağlıklı bir yağ tüketimi açısından son derece önemli olduğu kolaylıkla anlaşılmaktadır. Çünkü yağlar gerek gıda maddesi olarak tüketim için hazırlanmaları, gerekse evlerde ve diğer tüketim merkezlerinde kullanılmaları sırasında, özgün niteliklerinden çoğunu yitirebilmekte, hatta sağlık açısından sakınca oluşturacak bir yapı bile kazanabilmektedirler. Bu nedenle, daha önce incelenen konulara ilaveten bu sayıda, yemeklik yağların tüketim için işlenmeleri ve kullanılmaları sırasında niteliklerinde oluşabilecek değişikliklerle, sağlığa uygun olarak tüketilme ilke ve reçeteleri üzerinde durulacaktır.

YEMEKLİK YAĞLARIN GRUPLANDIRILMASI

Günümüzde gıda olarak tüketilen yağları, elde edildiği kaynağına, yağ asitleri bileşimine, fiziksel özelliklerine ya da modifiye edilmiş şekline bağlı olarak, değişik şekillerde gruplandırmak mümkündür. Ancak konu tüketici açısından ele alındığında, en yaygın olan şekli ile, ya hayvansal ve bitkisel, ya da sıvı ve katı yağlar olarak gruplandırılmaktadır. Ancak özellikle toplumumuzdaki algılanış şekli ile irdelendiğinde, hayvansal yağlar kapsamında yalnızca kara hayvanlarından elde edilen doku ve organ yağları ile süt yağları anlaşılırken, deniz ürünlerinden elde edilen yağların (balık yağları) sadece terapötik amaçla kullanıldığı kabul edilir. Aynı şekilde bitkisel yağlar denildiğinde ise, bir yandan tohum ve meyve yağları arasında bir ayırım gözetilmezken, diğer yandan da yine bitkisel yağlardan olan kakao yağı, illipe butter veya borneo talg gibi katı yağlar hemen hiç bilinmez.

Oysa yağ asitleri bileşimi ve trigliserit yapıları açısından incelendiğinde, hayvansal yağlar grubunda sayılan doku ve organ yağları ile süt yağları birbirlerinden oldukça farklı oldukları gibi, tüm bitkisel yağlar ötesinde sadece tohum yağları bile, birbirlerine kıyasla önemli derecede farklılık gösterirler. Bu nedenle konu özellikle beslenme açısından irdelendiğinde, yemeklik yağların kimyasal ve fizyolojik niteliklerinin ön plana alınarak gruplandırılmasının daha uygun bir yaklaşım olacağı söylenebilir. Aslında bu yaklaşım aynı zamanda, doğal yağların değişik tekniklerle işlenmesi sonucu elde edilen modifiye yemeklik yağların da, gerektiğinde

Çizelge 1.

YEMEKLİK YAĞLAR				
Doğal Yemeklik Yağlar		Modifiye Yemeklik Yağlar		
Katı yağlar	Sıvı Yağlar	Katı yağlar	Yumuşak yağlar	Sıvı Yağlar
Kara Hayvanları Doku ve Organ Yağları	Su ve Deniz Ürünleri Yağları	Sanayi Margarinleri	Sürülebilir Margarinler	Kızartma Yağları
Süt Yağları	Tohum ve Meyve Yağları	Kahvaltılık Margarinler	Diyetetik Margarinler	Salata Yağları
Bitkisel Katı Yağlar		Mutfak Margarinleri	Özel Yağ Fraksiyonları	

incelenmesine olanak tanıyacaktır. Gerçekten yemeklik yağları böylesi bir yaklaşım içinde sınıflandıran Çizelge 1 incelendiğinde, gıda olarak tüketilebilen tüm yağların daha uygun bir klasifikasyon içinde gruplandırıldıkları anlaşılır. Böylece bir yandan doğal yemeklik yağlarla tüketim şekillerinin fizyolojik etkileri daha sağlıklı bir şekilde kıyaslanarak irdelenirken, diğer yandan da modifiye yağların üretilmesinde yararlanılan tekniklerin, yağların değişik niteliklerinde yaptıkları olumlu ve olumsuz etkilerin değerlendirilmesi de kolaylıkla yapılabilmektedir.

Yapılan bu sınıflandırma içinde hangi grupta yer alırsa alsın, yağların sağlıklı yağ tüketimi açısından değerlendirilmesinde esas olan başlıca kriterleri, aşağıdaki şekilde sıralamak olasıdır;

- Yağın sindirilebilirlik düzeyi.
- Yağın içerdiği esensiyel (elzem) bileşenler.
- Yağın oksidatif bozulma tepkimelerine karşı gösterdiği direnç.

YAĞLARIN SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ

Gıda olarak tüketilen tüm yağlar farklı sürelerde de olsa, sonuçta tamamen sindirilirler. Ancak Çizelge 2'de görüldüğü gibi, yemeklik yağların sindirilebilme hızları bileşimlerinde yer alan yağ asitlerinin çeşit ve miktarına

bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle bir gıda maddesi olarak tüketilen yağların, fizyolojik açıdan değerlendirilmelerinde, öncelikle sindirilebilme yeteneği üzerinde durulmaktadır.

Çizelge 2 bu açıdan incelendiğinde bitkisel yağlar arasında sindirilebilme yeteneği açısından pek önemli bir farklılığın olmadığı görülür. Buna karşın hayvansal yağlarla margarinler söz konusu olduğunda, sindirilebilme oranları ile ergime noktaları arasında ters bir ilişki ortaya çıkmaktadır. Özellikle margarin üretiminde kullanılan hidrojene yağlarda söz konusu ters ilişki daha belirgin bir durum kazanmaktadır.

Yağlarda ergime noktası artışının birinci derecede içerdiği doymuş ve uzun zincirli yağ asitlerine bağlı olduğu düşünüldüğünde, margarin üretiminde yararlanılan sıvı yağların hidrojenasyonla sertleştirilmesi tekniğinin yağlardaki elzem yağ asitleri dahil, doymamış yağ asitlerinin önemli derecede kayba uğradığı kolaylıkla anlaşılır. Bu nedenle uygulamada sıvı yağlar hiçbir zaman sıfır iyot değerine kadar doyurulmaz ve yine bu nedenle üretilen sertleştirilmiş yağlar, margarin yağ fazı olarak kullanılmadan önce ve doymamış yağ asitleri açısından zenginleştirmek üzere, rafine sıvı yağlarla paçallanır.

Ancak bu uygulamaya rağmen yapılan kısmi ya da seçici hidrojenasyon derecesine bağlı olarak, sertleştirilmiş yağlar içinde oluşan ve bilim dünyasında kalp damar sağlığını

Çizelge 2. Değişik nitelikteki yağların insanlar tarafından sindirilebilme oranları, (Anonumous 1978).

Yağ çeşidi ve kimi özellikleri	Ergime noktası °C	Sindirilebilme oranı %
Bitkisel yağlar ve deniz ürünleri yağları	-	93 – 98
Tereyağı		97
Sığır iç yağı	45 – 50	93
Koyun iç yağı	40 - 49	88
Domuz iç yağı	26 - 39	97
Oleostearin	50	80
Hidrojene pamuk yağları	35 46	97 95
Hidrojene yer fıstığı yağları	37	98
	39	96
	43	96
	50	92
	52	79
Hidrojene pamuk yağı (HPY) + Rafine sıvı pamuk yağı (RSPY) karışımları		
%12.5 HPY + %87.5 RSPY	45.8	96
%18.8 HPY + %81.2 RSPY	47.8	94
%22.1 HPY + %77.9 RSPY	50.0	87
%23.5 HPY + % 76.5 RSPY	48.1	94

doymuş yağ asitleri gibi olumsuz yönde etkilediği sıkça tartışılan trans yağ asitlerini yok etmek mümkün olmamaktadır. Çünkü hidrojenasyon tepkimeleri sırasında esas tepkime olarak doymamış yağ asitleri doymuş yapıya dönüşürken, özellikle kısmi veya seçici hidrojenasyon sırasında oluşan yan tepkimeler sonucu, sertleştirilen yağların bileşiminde doymadan kalan yağ asitlerinin önemli bir kısmı, yerel ve geometrik izomer formları oluşacak şekilde yapısal değişikliğe uğramaktadır. Nitekim kimi hidrojene yemeklik yağlarla, değişik margarinlerdeki oktadesenoik asitlerin yerel ve geometrik izomerlerine ilişkin veriler Çizelge 3'de görüldüğü gibi saptanmıştır.

Aynı şekilde ülkemizde de üretilerek piyasalarda tüketime sunulan değişik margarinlerde, içerdikleri trans ve konjuge yağ asitleri yönünden incelenmiş ve Çizelge 4 de görüldüğü gibi, hem kahvaltılık, hem de mutfak margarinlerinin oldukça önemli miktarlarda trans ve konjuge yağ asitlerini içerdikleri belirlenmiştir.

Söz konusu çizelgeler birlikte incelendiğinde görüleceği üzere, gerek kısmi ya da seçici olarak hidrojene edilen yağlar, gerekse yağ fazında bu yağların yer aldığı margarinler, doymuş yağ asitleri yanında, doğal yağlarda sınırlı olarak yer alan yerel ve geometrik izomer yağ asitlerini de, oldukça yüksek oranlarda içermektedirler.

Kaldı ki, cis formlarına kıyasla 20-25°C daha yüksek ergime noktasına sahip olan trans yağ asitleri, yağın ergime noktasının da yükselmesine neden olurlar. Hatta söz konusu

asitlerin bu özelliklerinden yararlanılarak sıvı yağları sertleştirmede daha az hidrojen kullanımını gerektiren elaidinasyon tekniği geliştirilerek, yağ sanayinde uzun süre kullanılmıştır. Oysa farklı yaklaşımlar nedeniyle, doymamış yağ asitlerinin trans izomerleri de doymuş yağ asitleri gibi, kanda kolesterol seviyesini yükselttiği, kesinlik düzeyinde sıkça savunulmaktadır.

Bu nedenle günümüz yağ sanayinde margarin yağ fazının üretiminde interesterifikasyon tekniği gün geçtikçe daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Çünkü bu teknolojiye margarinlerin katı yağ fazı üretilirken yağ asitlerinin doğal yapısında bir değişiklik oluşmamakta ve yalnızca hazırlanan paçalların trigliseritlerindeki dağılımları yeniden düzenlenmektedir.

YAĞLARIN İÇERDİĞİ ESANSİYEL BİLEŞENLER

Esas olarak doğada yaşayan organizma tarafından vücuda alındığında, zincir uzaması ve doymamış yapıya dönüşerek daha yüksek türevlerine dönüşebilen ω-9, ω-6 ve ω-3 olmak üzere üç dizi yağ asidi vardır. Bu seride yer alan yağ asitleri içerdikleri çift bağların sayısı ve yerleri ile karakterize edilirler. Daha önce bu makale dizisinin ilk sayısında yapıları ve kimi nitelikleri ayrıntılı olarak verilen bu asitlerin elzem olma nitelikleri, hayvansal organizma tarafından sentezlenememelerinden kaynaklanır. Çünkü hayvansal organizma, metil grubundan başlayarak numaralandırıldığında, yağ asitlerinin karbon zincirdeki 3 ve 6 no'lu

Çizelge 3. Kimi hidrojene yemeklik yağlarla margarinlerde saptanan izomer oktadesenoik asitlerin çeşit ve miktarları, (Anonymous 1978).

Örnek*	%**	Çift bağların zincirdeki yerleri ve izomerlerin örnekte %dağılımları								
Cis-monoenikyağ asitleri										
A ₁	23.4	0.5	2.0	2.6	72.1	4.5	7.2	8.5	1.7	0.9
A ₂	27.6	0.7	1.8	2.5	83.3	3.2	4.4	2.5	1.1	0.5
A ₃	19.9	0.4	0.9	2.8	76.3	4.7	6.4	7.0	1.2	0.3
B	27.5	0.3	1.2	2.4	79.8	4.3	5.8	4.2	1.3	0.7
C	15.2	1.0	2.6	5.4	58.0	8.6	10.6	8.7	3.3	1.8
D	38.1	-	0.7	0.8	92.3	1.1	3.4	1.3	0.3	0.1
Trans-monoenikyağ asitleri										
A ₁	19.3	1.0	3.0	9.8	16.6	23.6	21.4	12.1	8.5	4.0
A ₂	13.3	3.0	6.1	12.6	16.5	18.7	16.6	12.3	8.9	5.3
A ₃	15.7	-	1.4	8.7	28.1	22.3	18.9	14.0	5.2	1.4
B	16.4	1.2	3.2	10.7	22.3	22.2	18.5	11.9	6.7	3.3
C	23.9	1.7	4.5	12.1	17.9	21.1	17.6	12.1	8.4	4.6
D	4.2	0.4	1.6	7.6	29.8	20.6	20.5	12.8	5.2	1.5

* Örneklerden A = Çok doymamış yapıda kahvaltılık margarini, B = Normal kahvaltılık margarini, C = Çok doymamış yapıda hidrojene bitkisel yağı, D = Hidrojene bitkisel yağı simgelemektedir.

** Örneklerdeki toplam izomer yüzdesidir.

karbonlarda çift bağ oluşturmamaktadır. Bu nedenle de hayvansal organizma için yaşamsal önem taşıyan tromboksan, prostaglandin, prostasiklin ve aykosooidler gibi yüksek türevlerine dönüşen bu asitlerin, mutlaka dışarıdan alınmaları gerekir.

Elzem yağ asitlerinin esas işlevleri, biyomembran yapısına girebilmelerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü bu elzem asitler özellikle dihomogamma-linoleik, arasıdonik ve aykozapentanoik asit gibi prostglandin öncül maddelerine dönüştükten sonra, biyomembranın akıcılık ve geçirgenliğini etkilerler. Bunun dışında elzem yağ asitleri dahil tüm poliyenik yapıdaki yağ asitlerinin plazma kolesterol seviyesini düşürücü etkileri de vardır. Özellikle plazma kolesterol artışı ile ateroskleroz arasındaki yakın ilişki nedeniyle, bu hastalığın önlenmesi ve sağaltılmasında poliyenik yağ asitlerinin, dolayısı ile bu asitleri içeren yağların çokça alınması uzun yıllar önerilmiştir. Ancak bu epidemiyolojik yaklaşım daha sonra yeniden gözden geçirilmiş ve yüksek kolesterolü düşürmenin vasküler sebeplerden kaynaklanan ölüm oranında yalnızca %25'lik bir düşüş sağladığı, buna karşın genel olarak tümör oluşumunda artma yanında, normal yaşam süresinin de kısaldığı gözlenmiştir.

Bütün bu olguları daha sonra çok doymamış yapıdaki yağ asitlerinin peroksidasyonuna bağlayan gözlemler, esas

yağ asitlerinin optimum alım şeklini yeniden belirleme çalışmalarına yönelmişlerdir. Çalışmaların başlangıcında elzem yağ asitlerinin günlük kalorinin %1'ini oluşturacak şekilde alınmasının, yetersizlik belirtilerini önleyeceği hesaplanmışsa da, daha sonraları genel olarak poliyenik yağ asitlerinin kolesterol düşürücü etkisi nedeniyle, elzem yağ asitleri alımının ötesinde, alınan doymuş yağ asitleri miktarının iki katı oranında doymamış yağ asitlerinin alınmasını önermişlerdir.

Doğada cis poliyenik formda bulunan esas yağ asitleri ile poliyenik yapıdaki diğer doymamış yağ asitleri, yağların beslenme fizyolojisi açısından değerini birinci derecede etkileyen bileşenlerdir. Çünkü farelerle yapılan besleme denemeleri verilerine göre, tümüyle yağsız diyetle beslenen hayvanlarda kıl dökülmesi, aşırı su kaybı, gelişmede duraksama ve deride pullanma ve yara açılmaları gibi semptomlar belirlenmiştir. Buna karşın diyete linoleik, linolenik ve arasıdonik asitler katıldığında, bu semptomların kayboldukları saptanmıştır.

Yine deney hayvanlarının yaklaşık %35 oranında doymuş yağ asitleri veya tam hidrojene yağ içeren diyetlerle beslenmeleri halinde, yağ dokularında granülleşme meydana geldiği ve bu semptomun diyete %20 oranında mısır özü yağı katılmasıyla önlendiği saptanmıştır. Sonuç olarak

Çizelge 4. Değişik margarin örneklerinde saptanan kimi nitelikler, (Kayahan ve Tekin 1994)

Örnek numarası ve niteliği	Kayma noktası °C	Konjuge yağ asitleri %			%Trans yağ as.
		Dien	Trien	Toplam	
1 Pastacılık marg.	36	0.564	0.049	0.613	24.84
2 " "	35	1.767	0.174	2.041	12.05
3 " "	35.5	0.540	0.057	0.597	5.54
4 " "	38	0.366	0.040	0.406	9.07
5 Kahvaltılık marg.	36	0.779	0.132	0.911	19.52
6 " "	35	1.466	0.170	1.636	22.46
7 " "	33	0.582	0.190	0.772	8.86
8 " "	34	0.403	0.140	0.543	26.33
9 " "	36	0.710	0.044	0.754	27.55
10 " "	33	0.857	0.158	1.015	18.78
11 " "	38.5	0.484	0.080	0.564	26.91
12 " "	36	0.504	0.094	0.598	21.56
13 " "	36	0.573	0.064	0.637	24.62
14 " "	35	0.270	0.041	0.311	20.95
15 " "	39.2	0.816	0.170	0.986	34.52
16 Mutfak marg.	36	0.275	0.053	0.328	20.12

farelerle yapılan çok sayıdaki deneme sonuçlarına göre, diyetteki yağda doymuş yağ asitleri ile doymamış yağ asitleri arasında 30/70'lik bir oranın bulunması halinde, gelişmenin normal bir seyir gösterdiği, ancak diyetteki doymuş yağ asitleri oranının yükselmesiyle, esas yağ asitlerine duyulan gereksinimin arttığı, ortak bir bulgu olarak belirlenmiştir.

Esas yağ asitlerinin sağlık açısından diğer önemli bir etkisi, kan serumundaki yüksek lipid ve kolesterol düzeyini düşürmesidir. Ancak bu konuda çalışan kimi araştırmacılar, söz konusu etkinin yalnızca esas yağ asitlerine özgü olmadığını, örneğin balık yağlarındaki poliyenik yağ asitlerinin de aynı etkiye sahip olduklarını belirtmişlerdir. Ortaya konan bu yeni veriler ışığında, sağlıklı bir yağ tüketimi için, günlük enerjinin en az %1-2'sinin linoleik asitten sağlanması ve bu nedenle, günde en az 3-7 g linoleik asit tüketilmesi gerektiği konusunda, araştırmacılar görüş birliğine varmışlardır.

Diğer taraftan yine pek çok araştırmacının doymuş yağ asitleri hakkında ulaştıkları benzer bulgulara göre, bu yağ asitleri β -lipoproteinlerle kolesterolün kan serumundaki seviyesini artırmaktadır. Gerçekten %50 yağ içeren bitkisel diyetlerle yapılan besleme denemelerinde, yağdaki doymuş yağ asitleri oranının artırılmasıyla, kan serumundaki kolesterol konsantrasyonu %30'a kadar artmıştır. Ancak aynı denemelerde diyetteki yağ linoleik asit esterleri ile değiştirildiğinde, söz konusu konsantrasyon %30 azalmıştır.

Doymuş yağ asitlerinin fizyolojik etkileri konusunda saptanan en önemli verilerden bir diğeri, tüketilen yağdaki doymuş yağ asitlerinin yükselmesi ile, vücutta kanama oluşum meylinin artması ve bu olgunun diyete linoleik veya linolenik asitlerle zengin yağların katılması halinde önlenbilmesidir.

Değinen tüm bu bulgular sonucu, tüketilen yağlarda bulunan doymuş yağ asitleri, dolayısı ile doymuş trigliseritler, fizyolojik yönden yararlı bir etki göstermemektedir. Bu nedenle söz konusu olumsuz etkiyi önlemek üzere, tam hidrojene edilmiş yağların doğrudan tüketilmeyip, sıvı yağlarla karıştırıldıktan, hatta interesterifiye edildikten sonra, gıda olarak tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Bu veriler ışığında sonuç olarak, doymuş yağların tüketimi, esas yağ asitlerinin vücut sağlığı açısından önemleri dikkate alınarak, aşağıda verilen reçetede vurgulandığı gibi, iki temel noktaya uyularak yapılması tavsiye edilmektedir;

- *Günlük tüketilen yağlarla vücuda gereken miktarda linoleik asit alınması halinde, bu yağın tümünün doymuş yağ olması, bir sakınca teşkil etmemektedir.*
- *Buna karşın eğer kan serumundaki lipid düzeyinin*

düşürülmesi zorunluluğu varsa, tüketilecek doymuş yağlar mutlaka linoleik asit yönünden zenginleştirilmelidir.

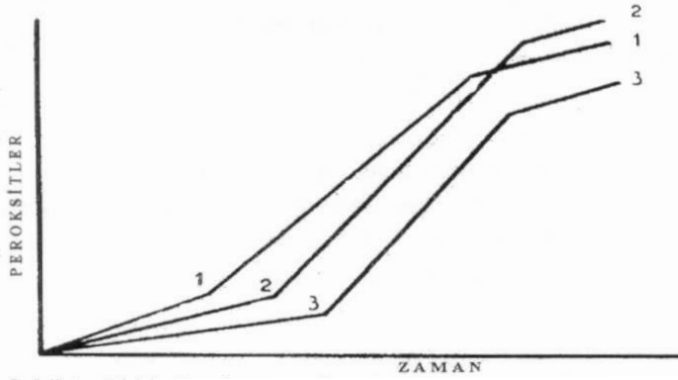
Bununla birlikte yağın yeteri kadar antioksidan içermemesi halinde poliyenik yağ asitlerinin fazlaca lipid peroksidasyonuna neden olacağını göz önünde tutan Amerikan Kalp Birliği, aort ve kalpte eterom plakçıklarının oluşumunu önlemek için, günlük tüketilen yağdaki doymuş, mono-enik ve poliyenik yağ asitlerine ait oranları, 1/1/1 olarak belirlemiştir. Buna göre pratik olarak günlük alınan yağın, üçte birinin hayvansal yağ ya da margarin (doymuş), üçte birini zeytin veya fındık yağı (mono-enik) ve üçte birinin de tohum yağları (poliyenik) olması, sağlıklı bir yağ tüketimi için yeterli kabul edilmektedir.

OKSİDATİF BOZULMA TEPKİMELERİNE GÖSTERDİĞİ DİRENÇ

Normal koşullar altında yağlar içerdikleri antioksidatif etkideki maddeler ve yağ asitlerinin çeşit ve miktarına bağlı olarak, oksidatif tepkimelere karşı, belirli bir direnç gösterirler. Genellikle İndüksiyon Periyodu olarak tamamlanan ve her yağ için, Şekil 1'de görüldüğü gibi, değişik süreleri kapsayan bu süreçte, oluşan oksidatif tepkimelerin büyük bir çoğunluğu, antioksidan maddelerin oksidasyonu şeklinde ortaya çıkar. Bu nedenle de, yağın ana unsurlarından yağ asitlerinin oksidasyonu oluşmadığından, bu evrede oluşan tat ve koku bozucu maddelerin miktarları, yağın tüketimini engellemez. Ancak yağların bu maddeler etkisinde korunması sınırsız olmayıp, yağın içerdiği antioksidanların tükenmesiyle ana bileşenlerden öncelikle doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu başlar. Bu arada konu hayvansal yağlar açısından irdelendiğinde, bitkisel sıvı yağlara kıyasla daha yüksek oranda doymuş yağ asitlerini içermelerine karşın, antioksidan maddeler yönünden fakir oldukları için süratle oksidasyona uğramaktadır.

Yağların oksidasyonunda başlangıç olarak kabul edilen aktif radikal oluşumu üzerine, ısı, ışık, veya çok değerlikli metaller gibi kimi faktörler etkilidir. Ancak bu oluşumda gerekli enerji miktarı, karbon atomuna bağlı olan hidrojen atomu sayısına göre değişmektedir. Nitelikim ulaşılan araştırma bulgularına göre, bir metil (CH₃-) grubundan bir hidrojen atomunun iyonlaşarak ayrılması için 422 kJ'lük bir enerji gerekirken, bu değer zincirdeki diğer doymuş yapıda olan bağlarda (-CH₂-) 410 kJ, allil grubuna komşu olan karbon atomunda (-CH=CH-CH₂-) 322 kJ ve buna karşın konjuge yapıda yer alan karbon atomunda ise, (=CH-CH=CH₂-), 272 kJ olmaktadır. Buna bağlı olarak da, hiç allil gurubu içermeyen stearik asitte oksidasyon rölatif hızı 1 olurken, bir adet allil gurubu içeren oleik asitte 100, iki adet allil gurubu içeren linoleik asitte 1200 ve üç adet allil grubu içeren linolenik asitte 2500 olmaktadır.

Çünkü $4.18 \text{ J} = 1 \text{ cal}$ eşitliğine göre hesaplandığında, stearik asitten bir hidrojen atomunun ayrılarak aktif radikal oluşması için, 98-101 cal'lik bir ısı enerjisi gerekirken, allil grubu içeren oleik asitte bu oluşum için sadece 77 cal gerekmektedir. Buna koşut olarak, yağlarda ısınma ısısının ortalama 0.5 cal/g olduğu düşünülürse, aktif radikal oluşturması için, stearik asidin 200°C 'lik bir sıcaklığa ulaşması gerekirken, oleik asidin 150°C 'lik bir sıcaklıkta aktif radikal oluşturabileceği kolaylıkla anlaşılır. Bu nedenle otoksidatif tepkimeleri sonucu oluşan ve Şekil 2'de ayrıntıları gösterilen oksidasyon ürünleri, kızartma gibi termik oksidasyon koşullarında çok daha yoğun bir şekilde oluşmaktadır.



Şekil 1. Bitkisel ve hayvansal yağlarda indüksiyon periyodu ve oksidatif tepkimelerin değişimi, (Audisio and Viola 1990).

1. Antioksidanlardan yoksun hayvansal (Doymuş) yağ,
2. Antioksidan içeren tohum (Çoklu doymamış) yağlar,
3. Antioksidan içeren zeytin (Tekli doymamış) yağı.

Bu veriler ışığında soya, ayçiçeği, mısırözü ve kanola gibi doymamış yağ asitlerini fazlaca içeren sıvı yağların, derin ve tekerrürlü kızartma işlemlerinde uzun süre kullanılmaları, sağlıklı beslenme açısından oldukça sakıncalı bir uygulama olarak değerlendirilmelidir. Çünkü soya, mısır özü, ayçiçeği, kolza veya kanola, ve pamuk yağları gibi, yapılarında poliyenik yağ asitlerini önemli miktarlarda içeren yağların, oksidatif tepkimelere karşı çok meyilli oldukları, uzun yıllardan bu yana bilinmektedir. Bu nedenle de bu tür yağlarla yapılan kızartma sırasında, bir yandan ortamda sağlıklı olmayan tepkime ürünleri oluşurken, diğer yandan da polar ve polimer ürünler ile yapışkan maddelerin oluşum ve artışına bağlı köpüklenmelerin meydana geleceği unutulmamalıdır. Nitekim günümüzde kızartma işlemlerinde kullanılan katı ve sıvı yağlarda bulunması gereken niteliklerden bazıları, aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

Renk: sıvı yağlarda açık sarı, katı yağ fazı içeren kıvamlı yağlarda beyaz.

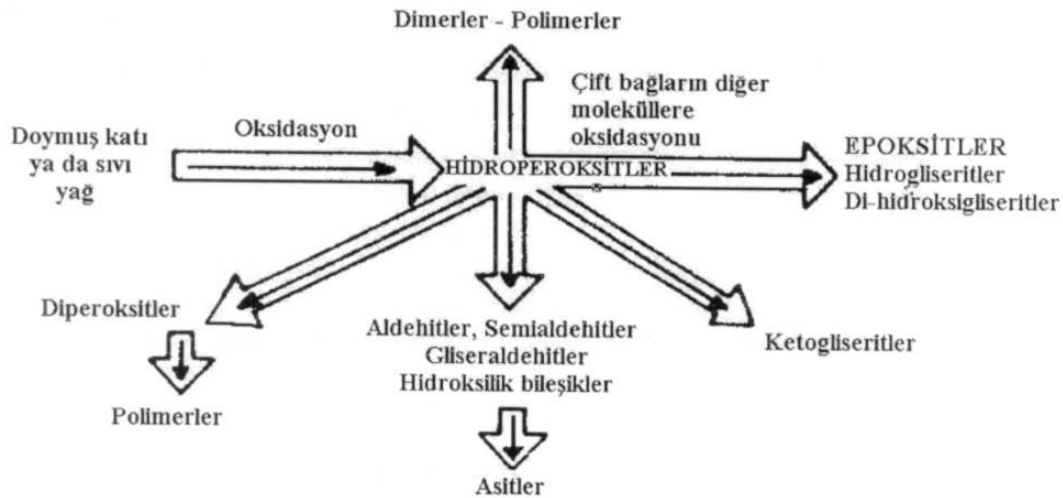
Koku: oksidasyon sonucu oluşan iğnelenici özellikteki ransidite tat ve kokusu bulunmamalıdır.

Serbest asitlik: %0.1'den az olmalıdır.

Peroksit sayısı: 1'den az olmalıdır.

Polimer bileşikler yükü: en çok %1 olmalıdır.

Dumanlanma noktası: mutlaka 200°C 'den yüksek olmalıdır.



Şekil 2. Isısal işlemler sırasında yağlarda oluşabilen bozulmalar ve meydana gelen bozulma ürünleri, (Audisio and Viola 1990),

Bu arada aranan tüm bu niteliklere ek olarak, kızartma işleminde kullanılacak yağların hiç laurik asit içermemesi yanında, linolenik asit içeriğinin %2'yi aşmaması gerektiği ve polar bileşikler yükünün %27'yi, serbest asitliğin %2.5'i (bazı görüşlere göre %4.5'i) aşması ve dumanlanma noktasının 170°C'yi geçmesi halinde, bu yağın hiçbir şekilde kızartma işlemlerinde kullanılmaması gerektiği de ayrıca vurgulanmaktadır. Bu özellikler dışında kızartma işlemlerinde kullanılacak yağlar için en düşük indüksiyon periyodunun, ransimatla ölçülmesi halinde, 100°C'de 30 saatten, ya da aktif oksijen metodu ile 97.8°C'de ölçülmesi halinde, 60 saatten fazla olması istenmektedir. Ayrıca bu tip sıvı ve katı yağların katı yağ fazı içermemeleri, eğer katı faz içeriyorlarsa, bunun vücut sıcaklığında ergimesi ve yağdaki doğal ya da katkı olarak bulunan antioksidan yükünün, etiketinde mutlaka ve açıkça deklare edilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde Avrupa ülkeleri ise, daha 1970'li yılların başında kızartma işlemlerinde kullanılabilecek yağlara ilişkin nitelikler, Çizelge 2'de verildiği gibi belirlemişlerdir.

Söz konusu çizelgede yer alan değerlere ulaşma süresini belirlemek üzere, değişik yağ asidi bileşimindeki yağlarla yapılan pek çok araştırmada, monoenik yapıdaki yağ asitlerince zengin olan yağların bu değerlere ulaşması için gerekli kızartma süresinin, poliyenik yağ asitlerince zengin olan yağlarınkine kıyasla bir kaç katı daha fazla olduğu saptanmıştır.

Bunların dışında, yağlarda oluşan oksidatif tepkimeler sonucu, yağda çözünen vitaminler de tahrip olduklarından, yağın besin değerinde de kayıp meydana gelmektedir. Retinol (vitamin A) ile, karotenoidler ve tokoferoller gibi maddelerden her birisinin parçalanması, yağın besin değerinin kayba uğraması yanında, renginde ve aromasında da istenmeyen değişikliklere neden olmaktadır. Gerçi bunlardan tokoferollerin okside olmaları, tümüyle tahrip olana kadar yağların antioksidanla korunması etkisini yaratırsa da, özellikle yüksek oranda doymamış yağ asitlerini içeren bitkisel yağların, kızartma koşullarındaki oksidasyondan uzun süre korunmalarına yeterli olamamaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak da, bu tip yağlarda kızartma işlemleri sırasında bir yandan bileşimdeki doymamış/doymuş

yağ asitleri oranı düşerken, diğer yandan da oksidasyon derecesine bağlı olarak, linoleik asit gibi biyolojik aktivitesi yüksek esas yağ asitleri miktarında, tümüyle yok olacak derecede büyük kayıplar ortaya çıkabilmektedir.

Bunun dışında, Şekil 3'de görüldüğü gibi, özellikle yağlarda A vitamini kaynağı olarak bilinen karotenoidlerden α - ve β -karoten, yüksek sıcaklıklarda oluşan Diels-Alder tepkimeleri sonucu, polimer ürünlere dönüşmektedir. Tepkimeler sonucu oluşan bu ürünlerin fizyolojik etkileri tam olarak araştırılmamış olmakla birlikte, dikkate alınması gereken diğer önemli bir noktadır.

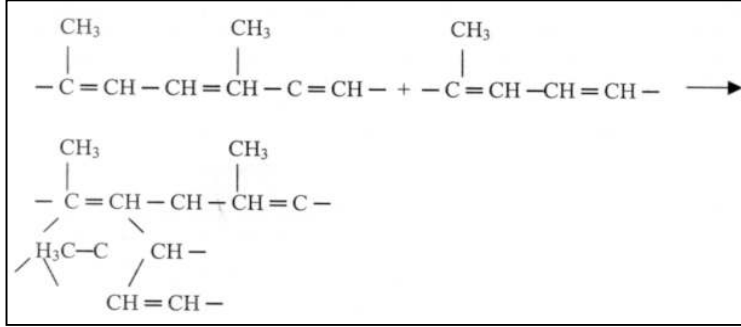
Normal koşullarda oluşan otoksidasyon tepkimelerinden farklı olarak, kızartma işlemi sırasında oluşan oksidatif tepkimeler, 60°C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta cereyan ettiğinden, aslında bir termik oksidasyondur. Bu oksidasyon tipinde oluşan hidroperoksitlerin parçalanmaları ile ortaya çıkan ürünler, çok aktif maddelerdir ve bu nedenle yeni tepkimelerin başlamasına esas aktif radikallerin oluşumunda, allil gruba bağlı karbon atomu seçiciliği ortadan kalkmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak, doymuş yağ asitlerinde de kuvvetli oksidatif tepkimeler oluşmakta ve ortamda başta metil ketonlar olmak üzere, oldukça önemli miktar ve sayılamayacak kadar çeşitlilikte, oksidasyon ürünleri meydana gelmektedir. Örneğin tristearinle yapılan bir kızartma deneyinde, Şekil 4'de verilen tepkime eşitliklerinde görüldüğü gibi, bol miktarda ve serbest yağ asitlerinin parçalanma ürünü olan serbest aldehit ve metil keton oluşumlarının saptanması, kızartma işlemlerinin ortamda ayrıca kimyasal hidroliz yolu ile serbest asitliğin artışına yol açtığını da ortaya koymaktadır.

Yüksek sıcaklık derecelerinde ısıtıldığında, doymuş yağ asitlerinin β -oksidasyonunu, dekarboksilasyon ve metil ketonların oluşumları izler. Oysa hidroperoksitlerin yüksek sıcaklık derecelerindeki β -oksidasyonu sonucunda, otoksidatif tepkimelerden farklı olarak, aldehitler oluşmakta ve bu aldehitlerden doymamış yapıda olanları, kızartma koşullarında süratle parçalanmaktadır. Bu arada kızartma koşullarında oluşan uçucu maddeler etkin tat ve koku maddeleri olup, çoğu kızartılan ürünlerde kızartma tadına neden olan doymamış yapıdaki laktonlardır. Söz konusu maddeler kızartmalarda kullanılan yağlarda bulunan linoleik asidin oksidasyonu sonucu oluşup, başlangıçta gıda maddelerine hoş giden bir koku verdikleri halde, yağın ısıtılmasına devam edilmesi halinde, parçalanarak ortamda bozulmuş bir tat ve kokunun gelişmesine yol açarlar.

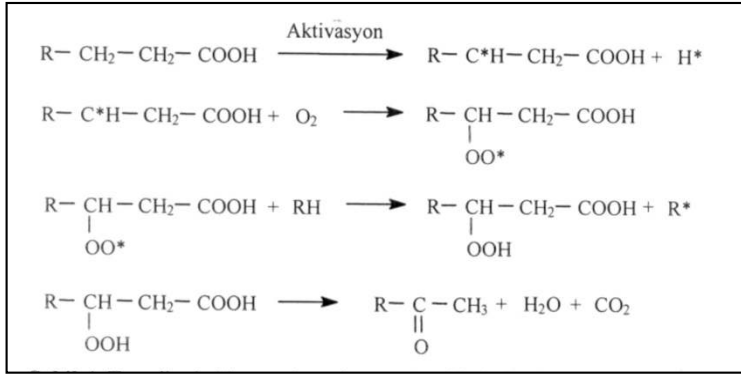
Doymamış yağ asitlerinin termik oksidasyonunda önce izolen yağ asitleri konjuge yapıya dönüşür, daha sonra da, substitüe

Çizelge 6. 2. Avrupa ülkelerinde Kızartma yağları için saptanan nitelikler.

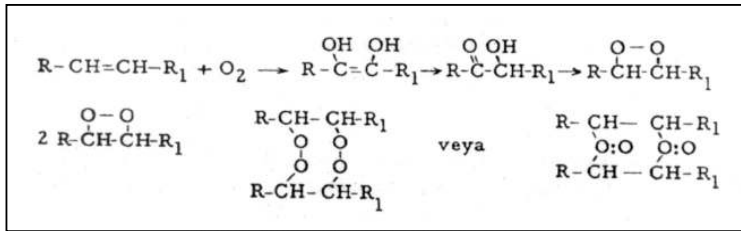
Nitelikler	Değerler	Yıl
Ürüne kötü tat ve koku kazandırmayacak	-	1973
Serbest asitlik	> %4.5	1973
Dumanlanma noktası	< 170°C	1973
Polimer bileşikler yükü	> %10	1977
Polar bileşikler yükü	> %27	1979
Oksi asit yükü	> %0.7	-



Şekil 3. Karotenlerin termik polimerizasyonunu açıklayan Diels-Alder tepkimesi, (Loncin 1975).



Şekil 4. Termik oksidasyonda serbest yağ asitlerinden ketonların oluşumu, (Belitz ve Grosch 1992).



Şekil 5. Oksi-polimerlerin oluşumu, (Kayahan 1999).

olmuş yağ asitlerindeki okso, oksi ve karboksil grupları yapıdan uzaklaştırılarak, gene doymamış fakat halkalı yapıdaki sikloheksanları verirler. Ayrıca yağlardaki doymamış gliserit radikalleri yüksek sıcaklık derecelerinde ve oksijenin bulunmadığı koşullarda, dimerler üzerinden halkalı bileşiklere dönüşürlerken, ortamda oksijenin bulunması halinde, Şekil 5 deki tepkimelerde görüldüğü gibi, oksi-polimerlere dönüşürler.

Değişik yönleri ile açıklanmaya çalışılan tüm bu tepkimeler sonucu, kızartma işlemleri sırasında yağda kimi değişik-

likler oluşmakta ve bir yandan yağın iyot sayısı düşerken, diğer yandan da oluşan dimerler nedeniyle yağın kıvam ve viskozitesi artmaktadır. Ayrıca yapıda fazlaca oksi bileşiklerin oluşumu ise, yağın hidroksil ve benzidin sayısının yükselmesine neden olmaktadır.

İnsanın yaşamı yaklaşık 80 yıla ayarlanmış bir saate benzetilebilir ve bu süreçte vücudu oluşturan her hücre, içine yerleştirilmiş olan programa uygun bilgiyi alarak biyolojik aktiviteyi düzenlerler. Ancak başlangıçta programın gidişindeki kimi aksamalar düzeltilse dahi, zamanla

pekişen hatalara bağlı olarak kesintiye uğrayabilmekte ve hücrelere gönderilen yanlış bilgiler sonucu giderek yaşamın gidişi bloke edilir. İşte programda oluşabilen bu kaçak veya yanlışlıkların nedenleri arasında beslenme alışkanlığı ya da tüketilen gıda çeşit ve miktarı çok önemli yer tutmaktadır.

Daha önce de değinildiği gibi, tüketilen yağlarla vücuda fazlaca poliyenik yağ asitleri alındığında, serbest radikal zincir tepkimesi ile birlikte peroksidasyona da neden olmaktadır. Vücuttaki hücrelerin peroksidasyonun zararlı etkilerine maruz kalması ise, yukarıda değinilen yaşam programında önemli hataların oluşmasına yol açmaktadır. Çünkü oluşan peroksit serbest radikaller, bir yandan hücrelerdeki nükleik asitlere etki ederek nükleotid zincirini kırarken, diğer yandan da membran fosfolipitleri üzerine etki ederek, zarara uğratabilmektedir. Bunun dışında poliyenik yağ asitleri yine fazlaca alındığında, hücre membranlarını hem suya hem de organik ve anorganik maddelere karşı daha geçirgen hale getirerek, hücrelerin şişirip beyin üzerinde zararlı etki oluşturabilmektedir.

Bunun dışında ileri derecede tüketilmesi halinde, poliyenik yağ asitleri kolaylıkla oluşan peroksidasyon sonucu aterom plakçıklarına dönüştükleri gibi, verdikleri serbest peroksit radikalleri damar endotel tabakasında lezyonlara ve buna bağlı trombosit hiper agregasyonuna da neden olmaktadır. Ayrıca aterosklerotik lezyonlardan salıverilen yağ asitleri ve özellikle araşidonik asit ise, okside olarak verdikleri peroksit radikalleri ile ortamda prostasiklin düzeyini düşürmektedir.

Poliyenik yağ asitlerinin gözlenen bu olumsuz etkileri nedeniyle akılcı bir yağ tüketim reçetesi belirlenirken, görünen ve görünmeyen katı yağ tüketimini olanaklar ölçüsünde kesmeli ve bunun yerine α - veya γ -tokoferol gibi antioksidanlarla iyi bir şekilde korunan ve poliyenik yağ asitlerini dengeli bir miktarda içeren, zeytin ya da fındık yağı gibi oleik asitce zengin yağların tüketilmesi yeğlenmelidir. Hele oleik asidin

periferik hücrelerdeki kolesterolü karaciğere yıkılmak üzere taşıyan HDL nin sentezini artırdığı düşünülürse, bu yaklaşımın ne denli yerinde olduğu kolaylıkla anlaşılır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ANONUMOUS, I. 1976 Gewinnung von Fetten und Ölen aus Pflanzlichen Rohstoffen durch Extraktion. Industrieverlag von Herrnhäusen.. 24 S.
- I. 1982. Die Hydrierung von Fetten.
- II. 1982 Die Umesterung von Speisefetten.
- BALTES, J 1975. Gewinnung und Verarbeitung von Nahrungsfetten. Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg.
- BELITZ, H. D. und GROSCH, W. 1992. Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Vierte überarbeitete Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 145-222.
- HEINMANN, W. 1969. Fette und Lipoide, Handbuch der Lebensmittelchemie, Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. 237-239, 519-520.
- KAYAHAN, M. 1975. Yağlarda Meydana Gelen Oksidatif Bozulmalar ve Önleme Çareleri. Ank. Ü. Zir. Fak. Yayınları: 601. Derleme 14. 18 S.
- KAYAHAN, M., A.TEKİN, I. JAVADİPOUR, M. KÜÇÜK, H. KARABACAK. 1996. Ayçiçeği Yağının Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Hidrojenasyonun Etkisi. Gıda, 21 (5): 375-381.
- KAYAHAN, M. 1998. Gıda Kimyası, Bölüm 3 Lipidler, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Edt. İlbiç SALDAMLı, 107 - 191.
- KAUFMANN, H. P. 1958. Analyse der Fette und Fettproducte, 1.Band, Allgemeiner Teil. Springer Verlag . s. 1-348
- KAUFMANN, H. P. 1968. Neuzeitliche Technologie der Fette und Fettprodukte. V. Lieferung. Die Raffination der Fette und Fettproducte. Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung / Münster-Westf S. 719-805
- VIOLA, P. and AUDISIO, M. 1987. Olive oil and Health. International Oliv Oil Council, 35 s. ■

**Orta Doğu Teknik
Üniversitesi Gıda
Mühendisliği Bölümü'nün
20. yılını kutluyoruz.**