

**BİTKİLERDE YAĞ KALİTE İSLAHININ METABOLİK VE  
FİZYOLOJİK TEMELLERİ**

**Hasan BAYDAR**

**Kenan TURGUT**

**Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Tarla Bitkileri Bölümü-ANTALYA/TÜRKİYE**

**İsmail TURGUT**

**Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Tarla Bitkileri Bölümü-AYDIN/TÜRKİYE**

**ÖZET:** Bitkilerde yağ kalite ıslahından beklenen başarı her şeyden önce yağ ve yağ asitleri biyosentezinin metabolik ve fizyolojik mekanizmalarının çok iyi bilinmesine ve bu bilgilerin çok iyi genetik temellere oturtulmasına bağlıdır. Bu derlemede; bitkilerde yağ kalite ıslahı ile yağ ve yağ asitleri biyosentezinin metabolik ve fizyolojik mekanizmaları arasındaki temel ilişkiler irdelenmeye çalışılmıştır.

**Metabolic and Physiological Bases of Oil Breeding in Plants**

**ABSTRACT:** Expected succes of oil breeding in plants depends on knowledge about metabolic and physiological mechanism of fatty acids and genetical bases of these informations. In this review, oil breeding with basic relations between metabolic and physiological mechanism of fatty acids were discussed.

**GİRİŞ**

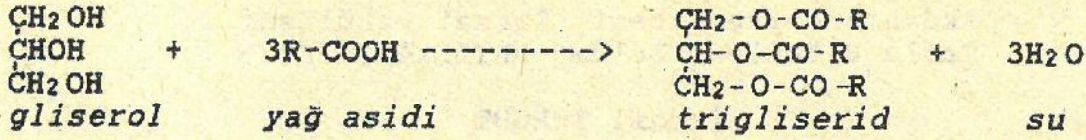
Son yıllarda insan beslenmesinde sağlıklı ve dengeli beslenmenin gittikçe önem kazanması, bitkisel yağ üretmek kadar üretilen yağların kalitesinin özel istekleri karşılayacak doğrultuda iyileştirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle, yağ bitkilerinde ürünün yağ içeriğini artırmak kadar kalitesinin de yükseltilmeye çalışıldığı ıslah programları ağırlık kazanmıştır. İnsan beslenmesinde ayrı bir önemi bulunan bitkisel yağların, organizmanın normal büyüme ve gelişimini sağlayacak kalitede olması gerekmektedir. Her yağ bitkisine özel bir yağ kalite ıslah amacı vardır. Her bitkisel yağın kalitesi başlıca ihtiva ettiği yağ asitleri kompozisyonu ile karakterize edilmektedir. Bu kompozisyon, o yağın yemeklik yağ yada endüstriyel değerini belirlemede baş rol oynamaktadır.

Dünya'da yağ bitkilerinde hem beslenme hem de teknolojik talepleri karşılayacak şekilde yağ kalitesi üzerinde yoğun ıslah çalışmaları yapılmış ve önemli gelişmeler sağlanmıştır. Buna karşın, ülkemizde yağ bitkilerinde yağ kalite ıslahı üzerinde yapılan çalışmalar oldukça sınırlı sayıda ve yetersiz düzeyde bulunmaktadır. Bu derlemenin özellikle yağ kalite ıslahı üzerinde çalışan veya çalışacak olan araştırmacılar için önemli bir başvuru kaynağı olacağı kanısındayız.



## 1. YAĞ ASİTLERİ ZİNCİR UZUNLUĞU VE DOYMAMIŞLIK DERECESESİ

Yağ, üç değerli bir alkol olan gliserol (*glcerol*) ile yağ asitlerinin esterleşmesi sonucu meydana gelen bir trigliserid (*triacylglycerol*) tir (Şekil 1).



Şekil 1. Gliserol ve yağ asidinin esterleşme reaksiyonu  
R: CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>

Biyolojik sistemde, yağ asitleri genel olarak çift sayıda karbon atomu ihtiva ederler (Tablo 1). Bitkilerde yağ asitlerinin karbon sayısı genellikle 14 ile 24 arasında değişirse de, en fazla 16 ve 18 karbonlu yağ asitlerini içerirler. Alkil zinciri *doymuş* veya bir ve daha fazla sayıda çift bağlardan kurulu olarak *doymamış* yapıda olabilir. Çift bağların mevcudiyeti nedeniyle doymamış yağ asitleri, doymuş yağ asitlerine göre kimyasal olarak daha aktiftirler. Aktivite çift bağ sayısındaki artışlara paralel olarak artmaktadır.

Tablo 1. Yağ bitkilerinde bulunan en önemli yağ asitlerinin doymuşluk özelliği ve C zincir uzunluğu.

Yağ Asitleri	Doymuşluk Durumu	C Sayısı	Yapısı
Laurik asit	Doymuş	12	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH
Miristik asit	"	14	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH
Palmitik asit	"	16	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH
Stearik asit	"	18	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH
Arasidik asit	"	20	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH
Behenik asit	"	22	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>20</sub> COOH
Oleik asit	Mono doymamış	18:1*	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
Erusik asit	"	22:1	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> COOH
Linoleik asit	Di doymamış	18:2	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
Linolenik asit	Tri doymamış	18:3	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH

\* ) 18: karbon sayısını, 1: çift bağ sayısını göstermektedir.

Yağ asitlerinin ve bunlardan üretilen yağların özellikleri başlıca karbon zincir uzunluğu ve doymamışlık (*desaturation*) derecesine bağlılık göstermektedir. Doymamış yağ asitleri, aynı zincir uzunluğundaki doymuş yağ asitlerine oranla daha düşük erime noktasına sahiptirler. Örneğin, bir çift bağ içeren oleik asidin (C<sub>18</sub>:1) erime noktası 13.4 °C iken, aynı zincir uzunluğunda olan fakat çift bağ içermeyen stearik asidin (C<sub>18</sub>:0) erime noktası 69.6 °C'dir. Linoleik ve linolenik asit gibi C<sub>18</sub> sersinin çok doymamış yağ asitlerinin erime noktası çok daha düşüktür. Erime sıcaklığını ayrıca karbon zincir uzunluğu da etkilemektedir. Örneğin, palmitik asidin (C<sub>16</sub>:0) erime sıcaklığı aynı koşullar altında stearik asitten 6.5 °C daha düşüktür. Bu na göre, zincir uzunluğu



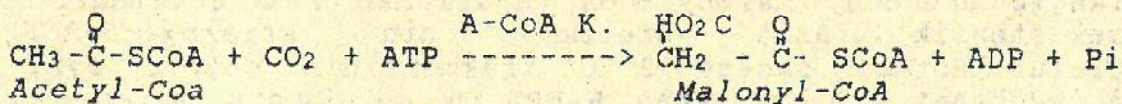
kısalдықca ve doymamışlık derecesi arttıkça erime noktası düşmektedir (1). Bitkisel yağlar yüksek oranda oleik ve linoleik gibi doymamış yağ asitlerinden oluşan trigliseritlerden meydana geldiği için erime noktaları oldukça düşüktür ve oda ısısında sıvı formundadırlar (2).

Bitki trigliseritleri genelde; oleik, linoleik ve linolenik asit başta olmak üzere daha çok doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Ancak bu yağ asitlerinin oranı bitki türlerine göre önemli oranlarda değişiklik gösterir. Örneğin zeytin, yerkıstığı ve erusik asidi azaltılmış kolza yağları daha çok oleik asit; ayçiçeği, aspir, soya, mısır, pamuk yağları daha çok linoleik; susam yağı hem oleik hem de linoleik asit ihtiva etmektedir. Tablo 1'deki yağ asitleri bitki membranlardaki toplam yağ asitlerinin %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Bazı bitki türleri, membran yağ asidi olarak önem taşımayan yağ asitlerinden yüksek oranlarda ihtiva edebilir. Örneğin, hintyağı (*Ricinus communis*) tohumunun yağında yaklaşık %90 oranında risinoloik asit bulunur (3). Palmitik ve stearik asit bitkisel yağlarda bulunan en önemli iki doymuş yağ asidi olmakla birlikte, oleik ve linoleik asit kadar önem taşımazlar.

## 2. YAĞ VE YAĞ ASİTLERİ BİYOSENTEZİ

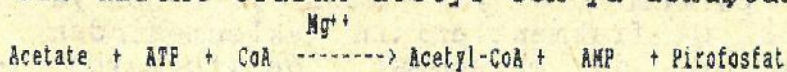
Daha önce de belirtildiği gibi, her bir türün kendine özgü bir yağ kompozisyonu olup, özellikle ekonomik değer taşıyan yağlı tohumlarda oleik ve linoleik asit gibi doymamış yağ asitleri primer olarak bulunmaktadır. Ne var ki, sentez sisteminin primer ürünleri arasında bulunan palmitik ve stearik asit gibi doymuş yağ asitleri, doymamış yağ asitleri sentezinin ham materyali durmudadırlar.

$\beta$ -oksidasyon ile mitekondriyal matrikste bulunan ve yağ asitlerini oksitlemekle görevli olan oksidaz enzimleri tarafından *acyl-CoA*, *acetyl-CoA*'ya dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm reaksiyonları ADP'nin ATP'ye fosforilizasyonu ile katalize edilmektedir. *Malonyl-CoA*'nın keşfedilmesinden sonra yağ asitleri biyosentezinin enzimatik özellikleri iyice aydınlatılmıştır. *Acetyl-CoA*'nın *acetyl-CoA* karboksilaz enzimi ile karboksilizasyonu sonucu *malonyl-CoA* üretilmektedir (3).



### 2.1. Acetyl-CoA Formasyonu

Serbest asetat; ATP, CoA ve bir spesifik sentez enzimi ile direkt olarak *acetyl-CoA*'ya dönüştürülür (3).

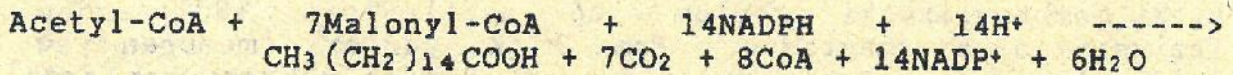




Tohumda yağ asitleri, belkide, yapraklardan taşınmış olan şekerlerin kaybedilmesi pahasına sentezlenmektedir. Haberci *acetyl-CoA*, mitekondride glikosisin kendi ürünü olan *pyruvat*'ın oksidatif dekarboksilizasyonu ile oluşturulur. Bitki hücresinde *acetyl-CoA* mitekondriden dışarı taşınır ve böylece sytosolde yağ sentezi için kullanılmaya başlar.

## 2.2. Palmitik Asit Sentezi

Bir molokül palmitik asit sentezi için 1 molokül *acetyl-CoA* ve 7 molokül *malonyl-CoA*'ya gereksinim vardır. indirgenme reaksiyonları için ayrıca 14 molokül NADPH kullanılmakta ve 7 molokül CO<sub>2</sub> açığa çıkmaktadır.



Palmitik asit sentezinde *acetyl-CoA* primer molokül durumundadır. Palmitik asidin 15. ve 16. karbonları, *acetyl-CoA*'nın sırasıyla metil ve karboksil gruplarından sağlanmaktadır. Palmitik asit diğer daha uzun zincirli doymuş ve doymamış yağ asitlerinin sentezinde başlangıç ürünü olarak kullanılmaktadır. Palmitik asidin son karbon molokülüne, *malonyl-CoA*'dan üretilen *acetyl* ünitelerinin eklenmesiyle zincir uzaması (*elongation*) gerçekleşmektedir. *Malonyl-CoA*'nın esterleşmemiş karboksil grubu kondensasyon süresince CO<sub>2</sub> olarak ayrılmakta ve böylece bir β-keto yağ asidi türevi oluşarak, bu son haliyle redüksiyon, dehidrasyon ve daha ileriki reaksiyonlara geçilmektedir.

*Malonyl-CoA*'dan palmitik asit oluşumu için kondensasyon ve redüksiyon reaksiyonlarının devam ettiği safhalarda *acyl* serbest bırakılmayıp, *acyl carrier protein* (ACP) ile bağlı bulunmaktadır. Gerçekte ACP, moloküler ağırlığı nispeten düşük olan ve bir *phosphopantethein* kalıntısı taşıyan bir proteindir (4).

## 2.3. Elongasyon, Desaturasyon ve Hidroksilizasyon

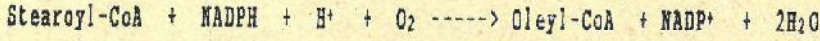
Bitkilerde yağ asitleri sentezinin başlangıç ürünü, palmitik asit üretiminden sorumlu olan, *palmitoyl-S-ACP*'dir. Bu başlangıç ürününe, *malonyl-CoA* tarafından 2 C frakmenti eklenerek stearik asit üretimi için *stearoyl-S-ACP* oluşturulur. Burada sadece 2 C frakmentinin değil, aynı zamanda redüktant görevi yapan NADPH'in de donörü *malonyl CoA*'dır. Bundan başka, palmitik ve stearik asidin ACP esterleri aynı zamanda doymamış yağ asitlerinin de başlıca habercileri durumundadır. Doymamış yağ asitlerinin yapısında en az bir adet çift bağ bulunmaktadır. Bu nedenle doymamış yağ asitlerinin sentezinde *palmitoyl-* ve *stearoyl-S-CoA*'ya *malonyl-CoA* yardımıyla 2 C frakmentlerinin eklenmesinden başka, çift bağ yapılarının da eklenmesi (*desaturasyon*) işlemlerine ihtiyaç vardır. Örneğin, oleik asidin sentezlenmesinde *stearoyl-S-CoA*'nın desaturasyonu ile



türetilen *oleoyl-CoA* sorumludur (3). Palmitik asit sentezine kadar *elongasyon fatty synthase* enzimi ile, daha sonraki karbon eklenmesi ve çift bağ sokulması ise diğer enzimler tarafından gerçekleştirilir. Elongasyon, desaturasyon ve dehidrasyon prosesleri, membran sistemi üzerinde kapalı kesecikler şeklinde oluşturulan mikrosomlarda gerçekleştirilir.

#### 2.4. Oleik Asit Sentezi

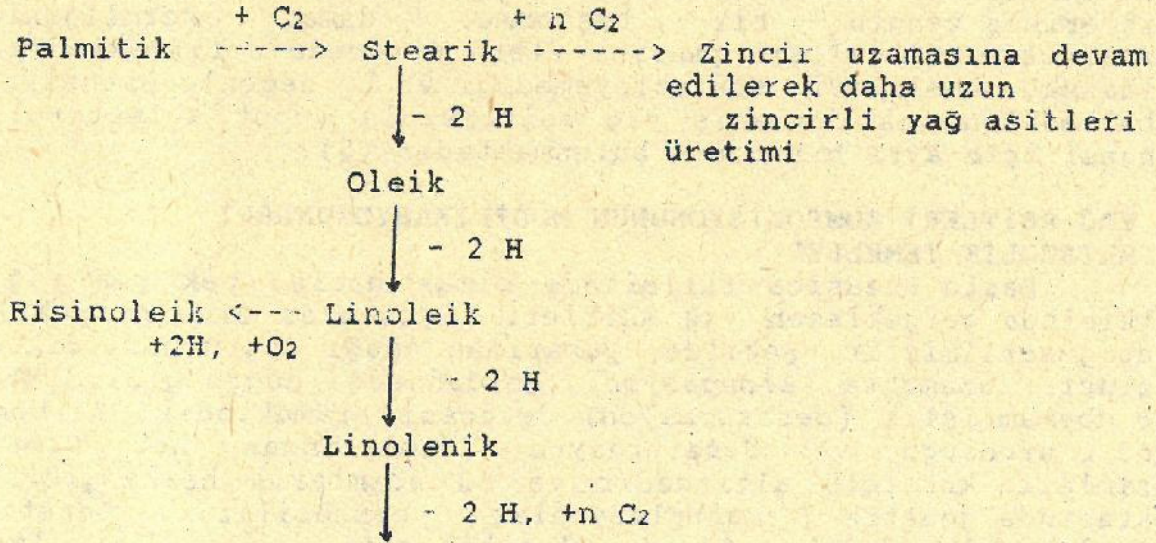
Hayvan dokularında, desaturaz enzimi *stearoyl-CoA'yı oleyl-CoA'ya* dönüştürmektedir.



Ancak bitkilerde son bulgular göstermiştir ki, bir çözülebilir sitosolik enzim tarafından katalize edilen bir reaksiyonla *stearoyl-S-ACP* desaturasyona uğratılmaktadır. Burada, yine NADPH redüktant olarak kullanılmaktadır.

#### 2.5. Linoleik ve Linolenik Asit Sentezi

Oleik asit hidrokarbon zincirine desaturasyon ile bir ve iki çift bağ sokulursa, sırasıyla linoleik ve linolenik asit üretilmiş olmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Palmitik ve stearik asitten polienoik yağ asitlerinin sentezlenmesi [Kaynak: Salisbury ve Ross (3)].

Reaksiyonlar, endoplazmik retikulumdan türetilen mikrosomal parçacıkların enzimleri tarafından katalize edilmektedir. Bu iki yağ asidinin sentezlenmesinde başlangıç ürünü olarak *oleyl-S-ACP* değil, *oleyl-CoA* kullanılmaktadır



(3). Tüm diğer polienoik yağ asitleri desaturasyon reaksiyonları ile monoenoik asitlerden türetilmektedir. Sitoplazmada üretilen doymuş yağ asitleri büyük bir olasılıkla elongasyon ile oluşturulmaktadır. Yağ asitlerinin sentezinde elongasyon ve de saturasyon gibi hidroksilizasyon da önemli bir procestir. Örneğin Risinoleik asit, NADH ve moloküler oksijenin gerekli olduğu bir mikrosomal hidroksilaz sistemi tarafından *ricinoleyl-CoA*'ya *oleyl-CoA*'nın hidroksilizasyonu ile sentezlenir. Umulmadık sayıda karbon içeren doymuş yağ asitlerine de rastlamak mümkündür. Bu tip yağ asitleri *propionyl-CoA* ile başlatılan biyosentez reaksiyonları ile oluşturulmaktadır (3).

Trigliserid sentezinin son aşamasında, yağ asitleri gliserol ile esterleştirmeye sokulur. Gliserolün ön sinyalcisi olan  *$\alpha$ -glycerophosphate*, *dihidroksiaseton fosfat*'ın indirgenmesiyle oluşmaktadır (2).

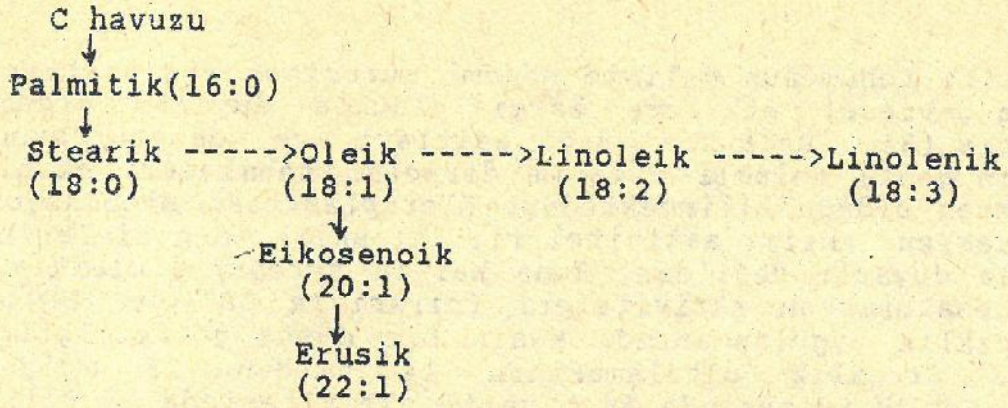
Memelilerde yağ asitleri zincirinde 9 nolu karbonun üzerindeki karbon atomlarına çift bağ sunacak enzimlerin olmaması nedeniyle, linoleik ve linolenik yağ asitleri sentezlenemez (1). Bu nedenle her iki yağ asidi esansiyel olarak kabul edilir. Esansiyel terimi, içsel olarak sentezlenemediği için diyetlere dışarıdan katılması zorunlu olan anlamında kullanılmaktadır. Kolesterol ve doymuş yağ asitlerince zengin bir beslenme, damar sertliğinin (*arteroskleroz*) gelişme şansını ileri derecede artırmaktadır. Bilhassa, memelilerin sentezleyemediği ve bu nedenle esansiyel kabul edilen çok doymamış yağ asitlerinin vucut kolesterol dengesi için ayrı bir önemi bulunmaktadır (5).

### 3. YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNUN MODİFİKASYONUNDAKİ METABOLİK TEMELLER

Başta Brassica türlerinde olmak üzere, pek çok yağ bitkisinde gerçekleşen yağ asitleri biyosentez zinciri Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekilde, yukarıdan aşağı doğru gidildikçe C zinciri uzamakta (*elongasyon*), soldan sağa doğru gidildikçe ise doymamışlık (*desaturasyon*) derecesi artmaktadır. Karbon zincir uzunluğu ve desaturasyon adımlarından her biri enzimlerin kontrolü altındadır ve bu adımların herhangi bir noktasında genetik manuplasyonlar oluşabilir. Genetik manuplasyonlar doğal olarak oluşabileceği gibi, insanlar tarafından çeşitli biyoteknolojik yöntemlerle de yaratılabilir (6).

Uzun karbonlu monoenoik yağ asitlerinden eikosenoik ( $C_{20:1}$ ) ve erusik asit ( $C_{22:1}$ ), Brassica tipi yağların karakteristik özellikleri arasında yer alır. Brassica yağında bu ikinin dışındaki yağ asitleri normal olarak diğer bitkisel yağlarda da bulunmaktadır. Eğer oleik asidin erusik aside dönüşümü (Şekil 3) genetik olarak bloke edilebilirse, sonuçta erusik asidin sentezi engellenmiş olur. Bu şekilde, karbon zincirinin oleik asitten erusik aside doğru uzaması bloke edilerek, kolzada erusik asit oranı çok düşük olan çeşitlerin geliştirilmesi mümkün olmuştur (6).





Şekil 3. Yağ asitlerinin biyosentez zinciri [Kaynak: Downey ve Rakow (6)].

Erusik asit oranı sifira kadar düşürülmüş olan bu çeşitlerde, oleik asit oranı ise tam tersine olabildiğince artmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Kolzada elde edilmesi mümkün yağ asitleri kompozisyonu\*

	Eski çeşitler	Çesit. Tipleri			
		0/00	000	Erusik	Oleik
Doymuş Yağ Asitleri	5	5	5	5	5
Oleik (18:1)	23	62	iz	iz	>70
Linoleik (18:2)	14	21	>40	<15	<10
Linolenik (18:3)	8	11	<5	<5	<1
Erusik (22:1)	50	<1	0	>60	<1

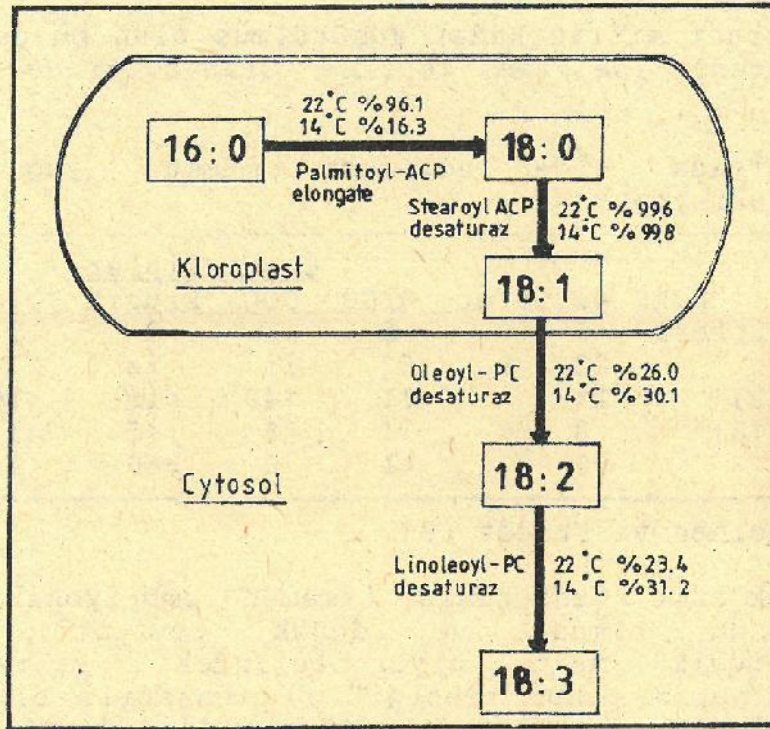
\*) Kaynak: Pleines ve Friedt (8).

Erusik asit sentezinin tamamen embriyonik genlerin kontrolü altında olması ve düşük çevresel varyasyon göstermesi, erusik asit biyosentezindeki seragantların seleksiyonun "yarım tohum tekniği" ile başarılı bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır (6).

Erusik asidin elimine edilmesinden sonra, kolza yağında özellikle C18 yağ asitleri kompozisyonunun istenen yönde değiştirilmesi amacıyla (Tablo 2'de belirtilen) yeni çalışmalara başlanmıştır. Ancak, yarım tohum tekniğini C18 poliienoik yağ asitleri bakımından modifiye olmuş genotiplerin seleksiyonu için daha az etkili olduğu gözlenmiştir (8). Kolza dışında soyada (9), ketende (10) ve diğer pek çok yağ bitkisinde yarım tohum tekniği ile yapılan C18 yağ asitleri seleksiyonunun, düşük erusik asit tipi tohum seleksiyondaki kadar başarılı olmadığı belirtilmiştir. Bu başarısızlıkta özellikle C18 yağ asitleri kompozisyonunun sıcaklık başta olmak üzere çevresel etkilere karşı oldukça duyarlı olması (8) ve ayrıca genetik kontrolüne embriyonun nükleer genleri dışında sitoplazmik ve maternal etkilerin de karışması (11) önemli rol oynamaktadır.



Kolza tohumunun gelişme dönemi süresince yağ asitleri sentezinin çevresel etkilere karşı oldukça duyarlı olduğu saptanmıştır (8). Halbuki, yağ asitleri ve desaturasyon oranlarının geniş anlamı kalıtım derecesi tahminleri nisbi olarak yüksek olduğu bilinmektedir. Kloroplasttaki elongasyon ve desaturasyon enzim aktiviteleri, sıcaklık değişimlerine karşı fazla duyarlı değildir. Buna karşın sytosol'e oleik ve linoleik desaturasyon aktiviteleri (sırasıyla OD ve LD), yüksek sıcaklık uygulanmasında kesin bir düşüş göstermiştir (Şekil 4). Sıcaklık ortalamasının 14 °C'den 22 °C'ye yükselmesi OD aktivitesinde %4.1 ve LD aktivitesinde %7.8'lik bir azalmaya neden olmuştur (8).



Şekil 4. Kloroplast ve sitosol de lokalize olmuş enzimlerin elongasyon ve desaturasyon aktiviteleri [Kaynak: Pleines ve Friedt (8)].

Sıcaklık artışlarıyla birlikte oleayl-PC desaturaz ve linoleayl-PC desaturaz gibi sırasıyla oleik asitten linoleik ve linoleik asitten linolenik asidin sentezlenmesini katalize eden enzim aktivitelerinin azalması, yüksek sıcaklıkların linoleik ve linolenik asit sentezinin azalmasına, oleik asit sentezinin ise artmasına neden olacaktır. Oleik ve linoleik desaturaz enzimleri endoplazmik retikulum membranına tutunduğu halde, stearik desaturaz kloroplastta eriyebilir bir enzimdir. Yüksek sıcaklıklarda linoleik asidin sentezini yapacak olan oleayl-PC desaturaz enziminin kloroplasttan sitosola geçişi zorlaştığı için, oleik ve linoleik asitten sentezlenen linolenik asit oranının düşme ihtimali de tartışılması gereken



ayrı bir konudur. Bu sonuçlar, yüksek linoleik ve aynı zamanda düşük linolenik asit içerecek genotiplerin seleksiyonunun güçlüğüne göstermektedir. Ancak, bu her zaman için imkansız demek de değildir. Örneğin, kimyasal mutagen uygulamaları sonucu kolzada C18 yağ asitleri kompozisyonu istenen amaçlar doğrultusunda modifiye edilebilmiş ve yüksek linoleik/düşük linolenik asit içeren genotiplerin seleksiyonu başarılabilmiştir (12). Özellikle, son yıllarda yüksek linoleik/düşük linolenik asit içeren mutant genotipler ile *Brassica juncea* arasında türler arası melezlemeler yapılarak C18 yağ asitleri kompozisyonu istenen amaçlar doğrultusunda değiştirme yoluna gidilmektedir (13). Diğer yandan, yüksek 18:1 ve düşük 18:3 kombinasyonu için OD aktivitesi düşük olan genotiplerden yararlanmak mümkündür. Linoleik asit içeriği başlıca OD aktivitesinden etkilendiğinden ( $r=0.83$ ), OD aktivitesindeki bir azalma sonuçta C18:3 ihtivasının azaltılması yönünde etkili olacaktır (11). Modern kolza çeşitlerinin yerel çeşitlere göre yağ asitleri bakımından gösterdiği tipik farklılıkların, başlıca düşük OD aktivitesinden kaynaklandığı görüşü ağırlık kazanmıştır.

Oleik, linoleik ve linolenik asit aynı sentez zincirinde birbirinin desaturasyonu ile üretildikleri için, aralarında önemli korelasyon ilişkileri bulunmaktadır. Örneğin soyada, sadece yüksek oleik asit içeriği için yapılan seleksiyonlar sonucu, linoleik ve linolenik asit oranları sırasıyla %30 ve %4'e kadar düşürülebilmştir (14). Eğer oleik ve linoleik asitler aynı sentez blogunda yer alıyorsa, oleik asidin desaturasyonundan sorumlu enzimleri kontrol eden tek bir majör genin hem oleik hem de linoleik asidin sentezini kontrol edebileceği düşünülebilir. Çünkü bu iki yağ asit arasındaki negatif ilişkiler, bu görüşü dolaylı olarak desteklemektedir. Linolenik ve linoleik asitler arasındaki olumlu ilişkiler ise, bu iki yağ asidi arasında birbirlerinin aleyhine bir değişimin yaratılmasını zorlaştırmaktadır.

Soya yağı bugün dünyada en fazla üretilen ve tüketilen bir yağ olmasına karşın, içerdiği yüksek oranlardaki (%8-9) linolenik asit nedeniyle kalitesi istenilen düzeyde değildir. Çünkü, linolenik asitce zengin yağlar düşük stabilite göstermeleri yanında, ısıtıldıklarında istenmeyen bir tad ve koku yaymaları kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bütün bunlar dikkate alınarak, soya yağında önemli miktarlarda bulunan linolenik asidi en azından %2'nin altına düşürmek amaçlanmıştır. Fakat, Dünya soya germplazm koleksiyonlarında %2'den daha az linolenik içeren hat bulunamamıştır. Böylece en umutlu ıslah yöntemi olarak bütün gözler mutasyon ıslahına çevrilmiştir. EMS mutageni uygulanarak, agronomik özellikleri değiştirmeksizin, linolenik asit bakımından oldukça geniş varyasyonlar gösteren mutantlar elde edilebilmiştir. Bu çalışmalarda ayrıca %25'in üzerinde oleik asit ve %50'nin üzerinde linoleik asit içeren mutantlar elde edilebilmiştir (14).



Sadece yağ bitkilerinde değil, diğer gruptan bitkilerde de yağ kalitesi üzerinde durulmaya başlanmıştır. Örneğin, tahıllardan yulafta tohumun enerji değerini yükseltmek için yağ içeriğini artırma çalışmaları yapılmakta, bunu yaparken özellikle yağın çok doymamış yağ asitleri konsantrasyonu düşürülmeye çalışılmaktadır. Çünkü, yağdaki çok doymamış yağ asitleri kolayca oksitlendiği için üründe depolama sorunları yaratacaktır. Böylece, yulafta yağ oranı yükseltilirken yağdaki çok doymamış yağ asitlerinin (özellikle linoleik ve linolenik asit) oranını azaltmak başlıca ıslah amacı olmuştur (15).

## SONUÇ

Sonuç olarak; bitkisel yağların yağ asitleri kompozisyonu ister biyoteknolojik isterse klasik ıslah çalışmaları ile çok yönlü olarak modifiye edilebilir. Farklı tüketim talepleri dikkate alınarak, hem linoleik hem de oleik asitce zengin, buna karşın her iki durumda da linolenik asitce fakir tipler geliştirmek mümkündür.

## Kaynaklar

1. Stryer, L., Biochemistry. 3. Baskı. W.H. Freeman Comp. Inc., New York, 1986.
2. Hall, J.L., Flower, T.J., Roberts, R.M., Plant Cell Structure and Metabolism. Pub. by Longman Inc., New York, 1981.
3. Salisbury, F.E., Ross, C.W., Plant Physiology. Wadsworth Pub. Comp., USA, 1985.
4. Mayes, P.A. Metabolism of Lipid: I. Fatty Acids Harper's Review of Biochemistry. 19. Baskı. L. Medical Pub. Inc., California, 1983.
5. Guyton, A.C., Fizyoloji. Cilt III. Güven Kitabevi, Ankara, 1978.
6. Downey, R.K., Rakow, G.F.W., Rapeseed and Mustard. Principles of Cultivar Development. Vol. 2. Crop Species. McMillan Pub. Comp. Inc., New York, 1987.
7. Downey, R.K., Harvey, B.L., Methods of Breeding for Oil Quality in Rape. Can. J. Plant Sci. 43:271-275, 1963.
8. Pleines, S., Friedt, W., Breeding for improved C18-Fatty Acid Composition in Rapeseed (*Brassica napus* L.) Fat Sci. Technol. 30 (5):167-171, 1988.



9. Wilcox, J.R., Breeding Soybeans for Improved Oil Quantity and Quality, in: R. Shibles (ed.), Proc. World Soybean Res. Conf. III, Westview-Press/Boulder, 380-386, 1985.
10. Nichterlein, K., Untersuchungen zur Züchterischen Nutzungm Mutagen induzierter Variation des Fettsäuremusters bei Lein (*Linum usitatissimum L.*). Diss. univ. Giessen, FRG. 1987.
11. Pleines, S., Friedt, W., Genetic Control of Linolenic Acid Concentration in Seed Oil of Rapeseed (*Brassica napus L.*) Theor. Appl. Genet 78:793-797, 1989.
12. Röbbelen, G., Nitsch, A. Genetical and Physiological Investigations on Mutants for polyenoic Fatty Acids in Rapeseeds. Z Pflanzenzuecht 75:93-105, 1975.
13. Roy, N.N., Tarr, A.W., Prospects for the Development of Rape Seed (*B. napus L.*) with Improved Linoleic and Linolenic Acid Content. Plant Breed. 98:89-96, 1987.
14. Brossman, G.D., Wilcox, J.R., Induction of Genetic Variation For oil Properties and Agronomic Characters of Soybean. Crop Sci. 24:783-786, 1984.
15. Karow, R.S., Forsberg, R.A., Oil Composition in Parental, F1, and F2 Populations of Two Oat Crosses. Crop Sc. 24:629-632, 1984.