

**İŞINLAMA İŞLEMİ UYGULANMIŞ AYÇİÇEĞİ
VE
KOLZA (KANOLA) TOHUMLARININ YAĞ
KALİTESİ ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA
GELEN BAZI DEĞİŞİKLİKLERİN
BELİRLENMESİ**

Pınar ÇATAL

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

T.C.

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞİNLAMA İŞLEMİ UYGULANMIŞ AYÇİÇEĞİ VE KOLZA (KANOLA)
TOHUMLARININ YAĞ KALİTESİ ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA
GELEN BAZI DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ

Pınar ÇATAL

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

TEKİRDAĞ – 2012

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Ümit GEÇGEL danışmanlığında, Pınar ÇATAL tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Murat TAŞAN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Levent COŞKUNTUNA

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İŞİNLAMA İŞLEMİ UYGULANMIŞ AYÇİÇEĞİ VE KOLZA (KANOLA) TOHUMLARININ YAĞ KALİTESİ ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA GELEN BAZI DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ

Pınar ÇATAL

Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

Bu araştırmada ışınlama işlemi uygulanmış orta oleik asit (Armada), yüksek oleik asit (Oleko) ve linoleik asit (Califa) içerikli ayçiçeği tohumları ile kanola (Elvis) tohumlarının yağ kalitesinde meydana gelen bazı değişiklikler incelenmiştir.

Araştırmada kullanılan ayçiçeği ve kanola tohumları Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden (Edirne) temin edilmiştir. Tohumlar laboratuara getirildikten sonra 250 g'lık beş eşit parçaya ayrılmış ve polietilen filmler ile birlikte ambalajlanması yapılarak ışınlama işleminin uygulanacağı Çerkezköy-Tekirdağ'da bulunan GAMMAPAK Sterilizasyon Tic. A.Ş. ışınlama tesisine ulaştırılmıştır. Işınlama işlemi ⁶⁰Co gamma ışını (MDS, Nordion, Kanada) kullanılarak sırasıyla 52, 156, 260 ve 364 dakika süre ile 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy olarak ifade edilen dozlara tabi tutulmuştur.

Kontrol numunesi ile birlikte ışınlama işlemi uygulanmış diğer örneklerin yağları petrol eter solventi kullanılarak ekstraksiyon cihazında çıkarılmıştır. Tohumlardan ekstrakte edilen yağların % asitlik, peroksit sayısı, yağ asitleri bileşimi ile tokoferol ve sterol kompozisyonları belirlenmiştir.

Doz oranındaki artışa paralel olarak tüm örneklerin % asitlik ve peroksit sayılarında belli oranda artışlar meydana gelmiştir. Örneğin; orta oleik asit içerikli ayçiçeğinde

başlangıçta % 0,82 olan serbest asitlik oranı 10 kGy ışınlama dozu sonucunda % 0,87; 17,92 meqO₂/kg olan peroksit sayısı miktarı da 18,44 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir.

Yağ asitleri bileşimleri incelendiğinde; tüm tohum örneklerinin yağlarında ışınlama dozu artışına paralel olarak önemli doymuş yağ asitlerinden olan palmitik (C_{16:0}) ve stearik (C_{18:0}) asit miktarlarının arttığı, doymamış yağ asitlerinden olan oleik (C_{18:1}) ve linoleik (C_{18:2}) asit miktarlarının da azaldığı görülmüştür.

Ayçiçeği ve kanola örneklerindeki alfa tokoferol miktarlarının kontrol numunesinden itibaren artan ışınlama dozuna bağlı olarak belirgin oranlarda düştüğü görülmüştür. Sterol kompozisyonları açısından ele alındığında ise; tüm örneklerde en yüksek düzeyde sitosterol oranı tespit edilmiş, orta oleik ve yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinde ışınlama dozu artışına paralel olarak % sitosterol oranı artarken; linoleik asit içerikli ayçiçeği ve kolza tohumlarındaki % sitosterol oranlarının ışınlama dozu arttıkça azaldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: ışınlama, ayçiçeği, kanola, kimyasal özellikler.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF SOME CHANGES IN OIL QUALITY CHARACTERISTICS OF IRRADIATED SUNFLOWER AND RAPE (CANOLA) SEEDS

Pınar ÇATAL

Namık Kemal University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Main Science Branch of Food Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Ümit GEÇGEL

In this study, some changes in the quality of canola seeds and sunflower seeds containing irradiation treated middle oleic acid (Armada), high-oleic acid (Oleko), linoleic acid (Califa) were examined.

Sunflower and rape seeds used in the study were obtained from Thrace Agricultural Research Institute at Edirne. Upon arrival to the lab, 250g seeds were: divided into five equal parts, applied polyethylene packaging films, and delivered to GAMMAPAK Sterilization facility located in Tekirdag Cerkezkoy, for irradiation sterilization process to be administered. 60C gamma-ray irradiation process (MDS, Nordion, Canada) was respectively applied for 52, 156, 260 and, 364 minutes at, 5.0 kGy, 7.5 kGy and 10 kGy dosages.

Using samples, other samples of irradiation treated seeds' oil were extracted using petroleum ether based solvent extraction apparatus. Of the extracted oil, acidity percentage, number of peroxide, composition of fat acids, tocopherol and sterol compositions were determined.

In parallel with the increase in dosage, there has been an increase in the acidity percentage and number of peroxide on all samples. For example, the 0.82% acidity ratio of free fat acids was observed as 0.87% upon 10kGy irradiation administration. Likewise, while

the number of peroxide was determined as 17,92 meqO₂/kg prior to the process, it was observed as 18,44 meqO₂/kg upon irradiation administration.

The level of alpha-tocopherol on sunflower and canola samples have decreased significantly due to increasing irradiation treatment. With respect to sterol composition, the highest level of sisterol has been observed on all samples. While, the sisterol percentage on Sunflower seeds with Mid-oleic and high oleic acid content have increased in parrallel with the irradiation increase, the percentage has decreased on sunflower and rape seeds with high linoleic acid content.

Fat acid composition analysis shows: in all of the seed samples' oil, palmitic (C16:0) and stearic acid (C18:0), which are among the major saturated fat acids, acidity levels have increased parallel to the increase in the applied irradiation dosage. Whereas, decrease has been observed on the unsaturated oleic and linoleic acids' acidity level.

Key words: irradiation, sunflower, canola, chemical characteristics.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
3. MATERYAL VE METOT.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.2. Metot.....	12
3.2.1. Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi	12
3.2.2. Peroksit sayısının belirlenmesi.....	12
3.2.3. Yağ Asitleri Bileşiminin Belirlenmesi	12
3.2.4. α -Tokoferol Analizi	13
3.2.5. Sterol Analizi.....	14
3.2.6. İstatistiki Analizler	14
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	15
4.1. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri	15
4.2. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri	17
4.3. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri	19
4.4. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri.....	21
4.5. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri	23
4.6. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri.....	25
4.7. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri	27
4.8. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri.....	29
4.9. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri	32

4.10. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri	34
4.11. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri	36
4.12. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri.....	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	40
6. KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	46
TEŞEKKÜR.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. İyonize Radyasyonun Yaklaşık Öldürücü Dozları (Anon 2003)	7
Çizelge 4.1. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri	15
Çizelge 4.2. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri	17
Çizelge 4.3. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri	19
Çizelge 4.4. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri.....	21
Çizelge 4.5. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak)	24
Çizelge 4.6. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak)	26
Çizelge 4.7. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak)	28
Çizelge 4.8. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak).....	30
Çizelge 4.9. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri	32
Çizelge 4.10. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri	34
Çizelge 4.11. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri	36
Çizelge 4.12. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri ..	38

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Radura Sembolü	3
Şekil 4.1. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği	16
Şekil 4.2. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri grafiği	16
Şekil 4.3. Yüksek oleik asit içerikli Oleko ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği	18
Şekil 4.4. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri grafiği	18
Şekil 4.5. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği	20
Şekil 4.6. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri grafiği	20
Şekil 4.7. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği	22
Şekil 4.8. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri grafiği	22
Şekil 4.9. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği	25
Şekil 4.10. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği	27
Şekil 4.11. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği	29
Şekil 4.12. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği	31
Şekil 4.13. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri grafiği	33
Şekil 4.14. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri grafiği	35
Şekil 4.15. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri grafiği	37
Şekil 4.16. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri grafiği	39

1. GİRİŞ

Yağlar, insan beslenmesinde önemli rolü olan organik bileşiklerdir. Besin zincirinin vazgeçilmez parçalarıdır ve diyetle temel bileşen olarak yer alırlar. Yetişkin bir insanın günlük faaliyetlerini sürdürebilmesi için gerekli olan enerjinin 1/3'ünü yağlardan alması gereklidir (Gökalp ve ark. 2001).

Sıvı olarak tüketilen yağ bitkisel yağdır ve yağlı tohumlardan üretilir. Dünya Sağlık Örgütü yetişkin bir insanın yıllık ortalama 23 kg. sıvı yağ tüketmesini önermektedir. Türkiye'de kişi başına bitkisel yağ tüketimi yıllık ortalama 17,5 kg. civarındadır ve bu rakam alınması gereken miktarın altındadır (Gökalp ve ark. 2001).

Türkiye'de yaklaşık olarak toplam 22 milyon hektarlık bir alanda tarım yapılmaktadır ve bu alan içerisinde yağlı tohumlu bitkilerin üretim alanı yaklaşık 1,3 milyon hektar kadardır (Anonim 2008).

Ayçiçeği (*Helianthus Annuus*) bitkisi, tohumlarının %34-45 oranında yağ içermesi ve küspesinin yem olarak kullanılması açısından çok tercih edilen bir bitkidir (Robertson ve ark.1978).

Kanola (*Brassica napus*) bitkisi ise tohumlarında ortalama %40 oranında ham yağ içeren bir yağ bitkisidir. Dekara veriminin yüksek olması, sert iklimlere dayanıklılığı ve yüksek yağ oranı nedeniyle tercih edilmektedir. Kolza bitkisinin erusik asit içeriğinin yüksek olmasından dolayı ıslah edilmesi ile erusik asit ve glukosinolat ihtiva etmeyen çeşidi olan kanola elde edilmiştir. Bu çeşit ilk önce Kanada'da geliştirilmesinden dolayı "Canadian Oil Low Acid" (Düşük asitli Kanada yağı) anlamına gelen Kanola adını almıştır (Anonim 2010).

Son zamanlarda Türkiye'de kanola ekim alanlarında ve üretimde hızlı bir artış görülmektedir (Anonim 2008).

Ayçiçeği tohumu bileşiminde (kabuksuz) ortalama % 43 oranında yağ bulunur. Protein % 26, azotsuz ekstrat % 14, ham selüloz % 3 ve kül % 3,4 civarındadır (Piskol ve Koca 1980). Ayrıca önemli yağ asidi miktarları da toplam yağ içerisinde palmitik asit % 3-6, stearik asit % 1-7, oleik asit % 14-43, linoleik asit % 44-75 ve linolenik asit <1 civarındadır (Robertson ve ark. 1978, Swern 1982).

Kanola tohumunda ise ortalama % 40 oranında yağ, % 19-20 oranında protein, % 17-21 azotsuz ekstrat, % 4,5-6 ham selüloz bulunurken kül oranı da % 3,5-4 civarında, yağ asidi miktarları ise toplam yağ içerisinde palmitik asit % 4,5-6, stearik asit % 1,5-2, oleik asit % 49-61, linoleik asit % 19-22, linolenik asit % 9-11 şeklindedir (Swern 1982).

Yağlı tohumlarda depolama sırasında ürün, dolayısıyla yağ kalitesini etkileyebilecek bazı olumsuzluklar meydana gelebilir. Bu olumsuzluklar depolama süresi ile doğru orantılıdır. Hammadde kalitesi, yağ kalitesini direkt olarak etkiler. Depolama problemlerine örnek olarak ambar zararlıları (kemirgen ve haşereleer ile yumurtaları), tahıl mikroflorasındaki yük örnek olarak verilebilir. Haşereleer ürün yığınlarına direkt olarak zarar vermenin yanında zarar gören tanedeki biyokimyasal aktiviteye ve küf gelişimini teşvik edici de zararlar verirler (Elgün ve Ertugay 1992) .

Tane mikroflorası fiziksel olarak istenmeyen koku-tat teşkil eder, bunun yanında tanede solunumu teşvik ederek tanenin mikrobiyal ve biyolojik aktivitesini büyük ölçüde arttırır (örneğin küf miselleri). Tane mikroflorasının doğurduğu problemler telafi edilemezler Bu zararları önlemek için uygun depolama şartları sıcaklık-nem ayarı önemlidir. Ancak depolama süresi uzadıkça sıcaklık ve nem ne kadar kontrol altında tutulursa tutulsun bir kısım zararlar meydana gelecektir. İlaçlama da zararları önlemek için kullanılan bir metottur, fakat gıda maddeleri üzerinde kalıntı bırakması olumsuz bir durumdur (Elgün ve Ertugay 1992, Ünlütürk 1999).

Bu olumsuzluklara son yıllarda kullanımı gittikçe yaygınlaşan ve üzerinde yoğun olarak çalışılan yöntemlerden biri olan “Gıda Işınlama” büyük ölçüde çözüm olmaktadır (Korel ve Orman 2005).

Gıda ışınlama birçok gıda maddesinde olduğu gibi yağlı tohumlarda da uzun süre muhafaza için gerekli mikrobiyal şartları sağlayarak kalite beklentilerine cevap verebilen bir yöntem olup, kullanımı yaygınlaşmaktadır (Lacroix ve Outtara 2000).

Gıda ışınlama; gıdanın başlangıçtaki olumlu özelliklerini korumak ve sürdürmek amacı ile kullanılan fiziksel muhafaza yöntemidir. Kalıntı bırakmaz, gıdanın kimyasal kompozisyonunda büyük değişikliğe ve besin değeri kaybına yol açmaz. Işınlama işlemi radyasyon enerjisi kullanılarak yapılan bir işlemdir (Anonim 2003).

Radyasyonları, iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar olarak ikiye ayırabiliriz. İyonlaştırıcı radyasyonlar çarptıkları materyalde elektrik yüklü iyonlar oluştururlar. Alfa ve Beta parçacıkları, X-ışınları ve Gama ışınları iyonlaştırıcı radyasyonlardır. Bu ışınlara iyonize eden ışın adı verilmektedir (Acar 1999).

İyonize ışınlar mikroorganizmalarda bulunan ve çok önemli görevlere sahip, mikro ve makro moleküler üzerine etki ederek büyük kimyasal değişikliklere sebep olurlar. Işınlama işlemi ile mikroorganizmaların ölümü DNA’larındaki hasar sonucu olur. İyonize ışın DNA’yı direkt ya da indirekt olarak etkileyebilir (Acar 1999).

Gıdaların ışınlama ile muhafazasında Gama ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları kullanılmaktadır (Olson 1998). Bunlardan pratikte en yaygın kullanım alanı, nüfuz etkisinin fazla olması ve gıdaların muhafazasında kullanılan ışınların en ucuzu olması nedeniyle Gama ışınlarıdır. Ayrıca 20 cm kalınlığındaki su tabakasından geçirilmesi ile Gama ışınlarının aktiviteleri %50 azaltılabilir ve ışınlama kontrolü kolaylıkla sağlanabilir (Acar 1999). Gama ışınları, Kobalt 60 (Co^{60}) ve Sezyum 137 (Cs^{137}) radyoaktif kaynaklarından üretilir. Işınlanmış gıdalar radura sembolü ile gösterilir (Anonim 2003).



Şekil 1.1. Radura Sembolü

Radyasyonun enerjisi milyon elektron volt (MeV) enerji birimi ile ifade edilir. Işınlanan maddenin absorbladığı enerji miktarı, yani absorblama dozu Rad ya da Gray olarak ifade edilir. Işınlanan maddenin 1 kilogramına 1 joule'lük enerji veren radyasyon miktarı 1 Gray'dir. (Gy)

1 Gy =100 rad =1 joule

1 kGy =1 kjoule (1000 Gray=1000 joule)

Bir diğer deyişle ışınlama dozu ürünlerin ışınlanmasında kullanılan radyasyonun miktarıdır ve genel olarak kilogray (kGy) cinsinden ifade edilir. Gıda maddesi işlem sonucu belli bir radyasyon enerjisini absorblar. Soğurulan doz dozimetre adı verilen bir cihazla ölçülür (Anonim 2003).

Gıdalara uygulanacak radyasyonun dozu Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi, orijinal adı ile U.S. Food and Drug Administration (FDA) tarafından belirlenmektedir (Anonim 2003).

FDA radyasyon seviyelerini 3 kategoriye ayırmıştır; düşük doz uygulamaları (<1 kGy), orta doz uygulamaları (1 kGy < <10 kGy), yüksek doz uygulamaları (>10 kGy). Düşük doz uygulamaları genellikle taze sebze ve meyvelerde, orta doz uygulamaları tahıllar, hububatlar, yağlı tohumlar ve kuru gıdalarda, yüksek doz uygulamaları ise ticari sterilizasyon amacı güdülen uygulamalarda kullanılmaktadır (Acar 1999).

Gıda ışınlama işleminde ışın kaynağı belli bir muhafaza bölmesinde ayrı bir şekilde korunur ve gıda ile asla temas etmez. Işınlanacak ürün, ışınlama odası denilen ayrı bir bölmede bulunur. Gıda maddeleri güvenli bir şekilde lisanslanarak tescil edilmiş kaynak,

donanım ve çalışma sistemi ile ışınlanır. Işınlanmış gıdalar radyoaktif olmazlar, kalıntı ihtiva etmezler (Lacroix ve Outtara 2000).

Dünyada ilk kez 4 Mart 1958’de Rusya’da filizlenmeyi önlemek amacıyla ışınlanmış patateslerin insanlar tarafından tüketimine, bir yıl sonra da tahılların böceklenmesini önlemek amacıyla ışınlanmasına izin verilmiştir. Birçok çalışmayla beraber 1983 yılında 130 ülkeyi temsilen Kodeks Alimentarius Komisyonu tarafından “Dünya Gıda Işınlama Standartları” kabul edilmiş ve bazı sebze, bitki ve baharatlarda mikroorganizma ve insekt kontrolüne yönelik ışınlamanın kullanımına onay verilmiştir ve daha sonra birçok gıda ürününe yönelik kullanımına da izin verilmiştir (Anonim 2003).

Gıda ışınlama işleminin avantajlarını genel olarak sıralarsak;

- Gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaları inaktive ederek gıdaların muhafazasında etkili olur, gıdanın ömrünü uzatır.
- Gıdadaki bakteri, maya, küf ve insektler ışınlama ile uzaklaştırılırlar ve gıdanın dekontaminasyonu sağlanmış olur, hijyenik kalite artar.
- Hasat sonrası uygulanan radyasyon gıdanın olgunlaşmasını geciktirir ve filizlenme önlenir.
- Gıdalarda asla toksik kalıntı bırakmaz, amaca göre dozu ve süresi ayarlanarak ışınlama kolaylıkla kontrol edilebilir.
- Gıdanın besin değerinde kayda değer bir kayıp olmaz, vitaminlerde ufak kayıplar olabilir fakat bunlar da ışınlama işlemi sırasında şartların ayarlanması ile (düşük sıcaklık, oksijenin uzaklaştırılması) kontrol edilebilir.
- Diğer muhafaza metotları ile kullanılabilir.
- Diğer muhafaza metotlarına göre çok daha az enerji kullanılır.
- Gıda katkı maddesi yerine kullanılabilir.
- Çok düşük dozlar ile patojenlerin toksin oluşturması engellenebilir.

Bu avantajlarından ötürü ışınlama uygulamaları dünyada gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır (Anonim 2003).

Türkiye’de ışınlama işlemine 1999 yılında Gıda Işınlama Yönetmeliği yayımlanarak onay verilmiştir (Anonim 1999).

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği’ne göre gıda ışınlama işlemi; gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi,

azaltılması, yok edilmesi, gıdanın raf ömrünün uzatılması, olgunlaşma süresinin kontrolü veya müteakip işlemlerdeki istenen değişiklikleri sağlamak amaçlarından bir veya birkaçı için belirlenmiş ışınlama dozunda, uygun teknolojik ve hijyenik koşullarda yapılır (Anonim 1999).

Günümüzde 43 ülke birçok gıdanın ışınlanmasını kanunen kabul etmiş bulunmaktadır (Anonim 2003).

Tüm pozitif taraflarına ve avantajlarına rağmen yapılan çalışmalar, bazı uygulamalarda yüksek dozlarda ürünün kimyasal karakterinde, renk ve lezzet özelliklerinde bazı değişiklikler meydana geldiğini göstermektedir. Örneğin süt ürünlerinde organoleptik değişiklikler olabildiği, pektin gibi polisakkaritlerin radyasyonla parçalanması ile açığa çıkan serbest kalsiyumun ürünlerde yumuşamaya neden olduğu ortaya konmuştur. Ancak bu olumsuzluklar yüksek dozlarda kullanımın sonuçlarıdır ve ışınlamanın sağladığı avantajlarla mukayese edildiğinde göz ardı edilebilir problemler olduğu söylenebilir. Kaldı ki iyonize edici radyasyonda, her bir kGy ışınlama dozu, gıdada bulunan on milyon kimyasal bağdan sadece altısını kırabilmektedir (Anonim 2003).

Bu araştırmanın amacı, ülkemizde yağlı tohumlar arasında önemli üretim potansiyeline sahip ayçiçeği ve kanola tohumlarının gama ışınları ile farklı dozlarda ışınlanmaları sonucunda yağ kalitesi özelliklerinde meydana gelebilecek bazı değişikliklerin belirlenmesidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Işınlama işlemi gıda muhafaza metodu olarak kabul görmesinin ardından son yıllarda birçok araştırmaya konu olmuştur. Birçok farklı gıda grubu üzerinde farklı dozlarda uygulanan ışınlama işlemi sonrasında ürünlerin farklı kalite kriterleri değerlendirilmiştir (Lacroix ve Outtara 2000).

Farklı gama ışınlama dozlarının, kırmızı pul biberin bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada güneşte ve fırında kurutulmuş üretilen kırmızı pul biber örnekleri 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanarak 10 ay süresince depo edilmiş, her iki ayda bir numunelerin mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu kalite kriterleri değerlendirilmiştir. Her iki kurutma yöntemiyle üretilen kırmızı pul biberlerin toplam aerobik mezofil bakteri sayısının ışınlamayla logaritmik olarak azaldığı ve depolama ile de değişmediği gözlenmiştir. Ürünlerin ışınlama ile sterilizasyon dozlarının 7,5 kGy ve 10 kGy olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında kırmızı pul bibere uygulanan ışınlama işleminin ürünün renk kalitesine az da olsa olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, pul bibere uygulanacak optimum ışınlama dozunun 10 kGy olduğunu ve bu işlem sonucu ürünün kalitesi korunarak daha uzun süre muhafaza edildiğini göstermiştir. Sonuç olarak kırmızı pul biberde ışınlamanın meydana getirdiği kimyasal değişimlerin sağladığı mikrobiyal kaliteye kıyasla olumsuz olduğu belirtilmiştir (Topuz 2002).

Bir araştırmada elma çeşitlerinin 0,1 kGy ile 0,6 kGy arasındaki değerlerde ışınlanması ve 24 °C'de 6 ay depolanması sonucundaki fizikokimyasal ve organoleptik kalitesindeki değişimler araştırılmış, 0,1 kGy dozunun duyu özellik, doku özelliği, asitlik ve C vitamini içeriği bakımından en iyi sonucu verdiği, depolama süresinin belirgin olarak uzadığı belirlenmiştir (Bhushan ve ark. 1998).

Yapılan birçok çalışma ile gıda ışınlama işleminin mikroorganizma faaliyetlerini inhibe ettiği, mikrobiyal yükü azalttığı ortak sonucu ortaya çıkmıştır (Monk ve ark. 1995). Çizelge 2.1'de mikroorganizmalar üzerinde iyonize radyasyon uygulamasının yaklaşık öldürücü dozları verilmiştir.

Çizelge 2.1. İyonize Radyasyonun Yaklaşık Öldürücü Dozları (Anonim 2003)

Organizma	Yaklaşık öldürücü doz (kGy)
Insects	0,22 - 0,93
Virüsler	10 - 40
Yeasts (fermentative)	4 - 9
Yeasts (film)	3,7 - 18
Molds (with spores)	1,3 - 11
Bakteri (patojen)	
Mycobacterium tuberculosis	1,4
Staphylococcus aureus	1,4 - 7,0
Cornybacterium diphtheriae	4,2
Salmonella spp.	3,7 - 4,8
Bakteri (saprophytes)	
Gram-negative	
Escherichis coli	1,0 - 2,3
Pseudomonas aeruginosa	1,6 - 2,3
Pseudomonas fluorescens	1,2 - 2,3
Enterobacter aerogenes	1,4 - 1,8
Gram-positive	
Lactobacillus spp.	0,23 - 038
Streptococcus faecalis	1,7 - 8,8
Leuconostoc deaxtranicum	0,9
Sarcina lutea	3,7
Bakteri sporları	
Bacillus substillus	12 - 18
Bacillus coagulans	10
Clostridium botulinum (A)	19 - 37
Clostridium botulinum (E)	15 - 18
Clostridium perfringer	3,1
Putrefactive anaerobe 3679	23 - 50
Bacillus stearothermophilus	10 - 17

Hanis ve arkadaşları (1989), yaptıkları bir araştırmada suda çözülen vitaminlerden ışınlamaya en duyarlı olanının tiamin (B1) ve en dirençli olanının riboflavin (B2) olduğunu saptamıştır. 0,5 kGy'lik uygulama vitaminler üzerine herhangi bir etki yapmamışken, yüksek dozlarda kayıp gözlenmiştir. 10 kGy ışınlama dozunda tiamindeki kayıp -15 °C'de % 45 ve 10 °C'de % 57 iken riboflavindeki kayıp -15 °C'de % 14 ve 10 °C'de % 27 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada 6,65 kGy'lik bir dozda pişmiş tavuklarda tiamin kaybı % 36,9 olarak belirlenmiştir.

1923'de ışınlanmış gıdaların tüketimine yönelik çalışmalara başlanmıştır. Günümüze kadar fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler ile ilgili 1905 temel çalışma yapılmıştır. Birleşik Gıda Işınlama Komitesi (JECFI) 1980 yılında o güne kadar ışınlanmış gıdaların insan sağlığı yönünden güvenilirliği konusunda yapılan araştırmaları incelemiş, 10 kGy'lik doza kadar iyonize radyasyonla muamele edilmiş herhangi bir gıdanın sağlık yönünden güvenilir olduğu ve bu nedenle gıdanın özel besinsel ya da mikrobiyolojik sorunlara neden olmayacağı kararını vermiştir. Bunun dışında gıdada besinsel ve duyuşsal belirgin bir kayıp olmayacağı da yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Alkan 2003).

Yapılan bir başka çalışmada ışınlama işleminin çörek otunun bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik özelliklerine ve yağ asidi kompozisyonuna etkisi incelenmiş, inceleme için 2,5 kGy, 6 kGy, 8 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlama işlemi uygulanmıştır. Araştırmada ışınlama dozu arttıkça numunelerdeki yağ oranı, iyot sayısı, kırılma indisi ve ransimat değerlerinde azalma görülmüştür. Yağ asidi kompozisyonunda ise, palmitik, stearik, oleik, linoleik yağ asitlerinin miktarlarında azalış ve *trans* formlarında ise artış görülmüştür. Işınlama dozu arttıkça mikroorganizma yükü azalmıştır. Uygulanan 10 kGy ışınlama ile toplam mezofil canlı bakteri sayısı ile maya ve küf sayısının belirlenemeyecek seviyelere indiği tespit edilmiştir (Çolak 2006).

Işınlama özellikle baharatlar için uygun bir muhafaza metodudur. Çünkü oldukça fazla mikroorganizma yüküne sahiptirler. Kimyasal fumigantlarla dezenfekte edilen baharatlarda uçucu bileşenlerde kayıp olabileceğinden dolayı ısı işlem uygulanamaz. Işınlama, baharatlarda tat ve koku değişikliğine neden olmamasından ötürü tercih edilmektedir (Anonim 2003).

Hanis ve ark. (1989), yaptıkları çalışma ile ışınlama dozu ve sıcaklığının artması ile istenmeyen koku ve lezzet oluşumunun arttığını ancak besin değerinde önemli bir değişim olmadığını saptamışlardır.

Karabiber ile yapılan bir çalışmada 10 kGy, 20 kGy ve 30 kGy dozlarında ışınlama işlemi sonrasında depolamanın da ardından uçucu yağ içeriğinde sistematik hiçbir değişiklik olmadığı belirlenmiştir (Piggot ve Othman 1993).

Işınlamanın bir sonucu olarak gıdada oksijen radikalleri oluşabilir. Bu radikaller gıdalarda yağ oksitlerini meydana getirmektedir (Ahn ve ark. 1998).

Yağ oksitleri gıdaya kötü koku ve tat verebilir veya yağlarla ilgili problemler ortaya çıkarabilir. Bu nedenle yağ ve su içeriği yüksek olan bazı gıdalara, et ve bazı süt ürünlerine ışınlama önerilmemekte veya uygun koşullarda kontrol altında yapılmasına izin verilmektedir (Farkas 1998).

Yapılan çalışmalar yağ içeriği yüksek olan bazı gıdalarda ışınlamanın acılaşmaya yol açtığını göstermiştir (Anonim 2003).

Etler yapılarındaki fosfolipidlerde bulunan çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonundan dolayı oksidatif bozulmaya çok duyarlıdır (Gireux ve Lacroix 1998). Işınlama, ette bol miktarda suyu iyonize etmektedir, böylece serbest radikaller oluşmaktadır ve oluşan serbest radikaller lipid ve proteinlerin bozulmasına yol açabilmektedir. Bu, ışınlanmış etlerde istenmeyen tat gelişimine neden olmaktadır. Çoklu doymamış yağ asitleri hızla okside olduğundan ışınlama esnasında önlem alınması gerekmektedir (Gireux ve Lacroix 1998).

Lagunas-Solar (1995), yaptığı çalışmada pişirme, konserveleme ve dondurma işlemleriyle ışınlama işleminin ürünün fiziksel ve duyu kalitesinde daha az değişikliğe neden olduğunu bildirmiştir.

FDA 10-60 kGy dozlarda yirmi değişik ambalaj materyalinde ışınlama işlemine izin vermiştir (Anonim 2003).

Plastik gıda paketleme materyallerinin ışınlanması sonucu plastizerler oluşabilir ve gıdaya geçebilirler. Polivinilklorürden (PVC) yapılmış paketlere 20-50 kGy ışınlama dozu uygulanarak yapılan bir araştırmada yağlara bazı plastizer maddelerin geçişinin normalden fazla olduğu saptanmıştır. Bu nedenle yüksek dozlarda paketten kimyasal geçişi olabileceği gözlenmiştir ve ışınlanacak gıdanın paketleme materyali önceden test edilmelidir (Erkmen 2000). Ambalaj materyali doz sınırları FDA tarafından belirlenmiş ve listelenmiştir (Örneğin çelik ve alüminyum en fazla 60 kGy, plastik en fazla 20 kGy).

Daha önce yağlı tohumlar üzerine yapılan bir takım çalışmalar vardır. Ve çalışmalar sonucu tohumlardaki yağ asidi kompozisyonu, asitlik miktarı, peroksit değeri, tokoferol gibi yağda çözünen vitamin değerleri incelenmiş, incelemeler sonucunda 5 kGy altındaki dozlarda büyük farklılıklar gözlenmemiş, doz arttıkça genel olarak serbest asitlik ve peroksit

değerlerinin arttığı görülmüştür. Yaqoob ve ark. (2010), yaptıkları araştırmada 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, 8 kGy ve 10 kGy dozlarda ışınlanan ayçiçeği ve mısır tohumlarının yağ karakteristiklerini incelemiş, ürünlerin protein, lif değerlerinin önemli ölçüde etkilenmediği tespit etmişlerdir. 10 kGy dozunda kül miktarında artış görülmüş, 6 kGy dozu ve üzerinde yağ içeriğinde bir miktar düşüş görülmüştür. Yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde ayçiçeğinde palmitik asit miktarı önemli ölçüde değişmemiş, stearik asit miktarı artmış, oleik asit miktarı artmış, linoleik asit miktarı azalmıştır. Bu konuda mısır ve ayçiçeğinin benzer özellikler gösterdiği saptanmıştır. Araştırmada radyasyon dozuna paralel olarak iki ürün için de serbest yağ asidi değerinde artış gözlenmiştir. Peroksit değerlerinde ise yine ışınlama dozuna paralel olarak artış gözlenmiştir. Ürünlerdeki E vitamini (tokoferol) değerleri incelendiğinde doz artışına paralel bir düşüş olduğu görülmüştür ancak bu düşüş 6 kGy ışınlama dozuna kadar belirgin değildir. Buna karşın 8 kGy ve özellikle 10 kGy dozlarında iki örnekte de düşüş belirgindir. Çalışmanın önemli diğer sonucu da yüksek dozlarda(10 kGy üzeri) tokoferol gibi yağlardaki önemli ve değerli bileşenlerde bir kısım düşüşler meydana gelebileceği ve ürün özelliklerini korumak için uygun şartlarda ve dozlarda ışınlama işlemi uygulanması gerekliliğidir (Yaqoob ve ark. 2010).

Bitkisel gıdalarda çoklu doymamış yağ asitlerinin serbest radikallere duyarlı olduğu ve iyonize radyasyonun etkisi olarak bir miktar serbest radikal açığa çıktığı bilinmektedir. Bu nedenle yağlarda peroksidasyonu önlemek için iyi stratejiler uygulanması ışınlama işlemi açısından önemlidir (Gökalp ve ark. 2001).

Hong ve ark. (2009), yaptıkları bir araştırmada sığır eti ve zeytinyağındaki oleik asit ve metil oleat gibi bileşikler üzerinde radyasyonun etkisini araştırmışlardır. Örnekler 0-60 kGy arasındaki dozlarda gama ışınlarına maruz bırakılmış ve örneklerin yağ asidi kompozisyonları incelenmiştir. Çalışmada doz artışına paralel olarak örneklerdeki oleik asit miktarlarının azaldığı, metil oleat, transoktadekenoik asit ve stearik asit miktarlarının arttığı gözlenmiştir. Bu bulgular *cis* yapısı ve doymuş konfigürasyonların oluşumunu ışınlama işleminin teşvik ettiğini göstermektedir. Bunun yanında stearik asit oluşumunu ışınlama sırasında uygulanan yüksek sıcaklığın teşvik ettiği ve yine ışınlama sırasında uygulanan radyasyonun dozunun ve sıcaklığın da sığır eti ve zeytinyağında *trans* ve doymuş yağ asidi miktarları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Gölge ve Ova (2007), çam fıstıkları üzerinde yaptıkları araştırmada ürünleri 0,5 kGy, 1 kGy, 3 kGy ve 5 kGy dozlarında ışınlanmış, ardından 3 aylık depolama yapmışlardır. Bu aşamalar sonrasında ürünlerin kimyasal, fiziksel ve duyuşsal karakteristiklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Verilere göre tohumların peroksit değerleri doz artışına bağlı

olarak artmış; fakat renk, yağ asidi kompozisyonu, fiziksel ve duyuşal nitelikler önemli ölçüde değişmemiştir. Oleik ve linoleik asit miktarında ışınlama dozu artışına bağlı olarak bir miktar azalma görölmüş fakat bu değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Yine stearik asit değerinde ışınlama ile önemsiz ölçüde azalma görölmüştür.

Byun ve ark. (1994), soya fasulyelerinde yaptıkları bir araştırmada ışınlama işleminin, ürünün yağ kalitesi özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikleri incelemiştirlerdir. Çalışmada 2,5 kGy, 5 kGy ve 10 kGy ışınlama dozlarında toplam yağ içeriğinde, yağ asidi bileşiminde, asitlik ve peroksit değerlerinde ve *trans* yağ asidi içeriğinde önemli değişimler olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak 10 kGy doz düzeyinde asitlik ve peroksit değerlerinde az miktarda yükselme olduğu görölmüştür. Yine doz düzeyi arttıkça palmitik asit miktarı artmış, linoleik ve linolenik asit değerleri azalmıştır. Oleik asit değeri az miktarda artmış, stearik asit değeri ise önemli oranda değişmemiştir.

Mexis ve ark. (2008), ışınlama işleminin bademlerin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 1 kGy, 1,5 kGy, 3 kGy, 5kGy ve 7,5 kGy dozlarında ışınlanan numunelerin yağ asidi değerlerine bakıldığında doymuş yağ asitlerinde artış olduğu görölmüştür. Doymamış yağ asitlerinden oleik asit miktarı ışınlama dozu artışına paralel olarak azalırken, linoleik asit miktarında istatistiki olarak önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir. Peroksit değeri de doz artışına paralel olarak artmıştır ve başta 0,26 meqO₂/kg iken 7 kGy düzeyinde 2,74 meqO₂/kg olarak ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Bachir (2002), gama ışınlarının cevizlerin küf yükü, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmada serbest yağ asidi değerinin ışınlamayla beraber istatistiki olarak önemli ölçüde arttığını, fakat peroksit değerinde önemli bir değişikliğin olmadığını ortaya koymuştur. Çalışmada ürünün küf yükünün ışınlamanın etkisi ile hafiflediği ve ışınlama sonrasında ürünlerin duyuşal özelliklerinde belirgin bir değişimin olmadığı da gözlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan Armada (orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumu), Oleko (yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumu), Califa (linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumu) ve Elvis (kanola) tohumları Edirne’de bulunan Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nden temin edilmiştir.

Tohumlar laboratuara getirildikten sonra 250’şer g’lık beş eşit parçaya ayrılmış ve polietilen filmler ile birlikte ambalajlanması yapılarak hemen akabinde ışınlama işleminin uygulanacağı erkezky-Tekirdağ’da bulunan GAMMAPAK Sterilizasyon Tic. A.ř. ışınlama tesisine ulaştırılmıştır.

ışınlama işlemi ⁶⁰Co gamma ışını (MDS, Nordion, Kanada) kullanılarak sırasıyla 52, 156 ve 260 dakika süre ile 2,5 kGy, 5,0 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy olarak ifade edilen dozlara tabi tutulmuştur. Absorbans dozları Horwell Amber Perspex dosimeter ile belirlenmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi

İncelenen örneklerin serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde IUPAC 2.201 sayılı Anonim (1987) metot uygulanmıştır.

Yüzde serbest yağ asitliği, yağlarda bağlı olmayan yağ asitleri toplamının oleik asit yüzdesi olarak belirtilmiştir.

3.2.2. Peroksit sayısının belirlenmesi

İncelenen örneklerin peroksit sayısının belirlenmesinde IUPAC 2.501 sayılı Anon. (1987) metot uygulanmıştır.

Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ls olup 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin mili eşdeğer gram olarak miktarıdır.

3.2.3. Yağ Asidi Bileşiminin Belirlenmesi

Örnekler, AOCS (1993)’nin Ce 2-66 nolu metoduna göre BF₃-metanol ile yağ asidi metil esterlerine dnştrlmştir (Anon 1993). Yağ asidi metil esterleri kapiler gaz

kromatografisi cihazına 0,5 µl enjekte edilerek yağ asidi bileşimlerini gösteren kromatogramlar elde edilmiştir. Kapiler gaz kromatografisine ait özelliklerle, seçilecek çalışma parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kapiler gaz kromatografisi : Perkin-Elmer 8320B

Detektör : Alev iyonizasyon detektörü (FID)

Kolon : % 100 sianopropil polisiloksan ile kaplanmış, silika kapiler kolon (CP Sil 88, 50 m x 250 µm i.d., 0.20 µm film; Chrompack, Middelburg, Hollanda)

Sıcaklıklar;

Detektör : 250 °C

Kolon : 177 °C

Enjeksiyon bloğu : 250 °C

Gazlar;

Taşıyıcı gaz(Helyum) : 1 ml/dk.

Hava : 250 ml/dk.

Hidrojen : 35 ml/dk.

Elde olunan pikler göreceli çıkış zamanlarına göre tanımlanmış, alanları ise integratör vasıtasıyla her yağ asidinin bütün içindeki oransal niceliği olarak hesaplanmıştır (Hışıl, 1988).

3.2.4. α-Tokoferol Analizi

Tokoferol analizi izokratik koşullarda HPLC sisteminde gerçekleştirilmiştir (AOAC 2000). Kullanılan tüm çözücüler HPLC saflıkta, diğer kimyasallar ise analitik saflıktadır. Ekstraktlar (25 µl) 5-µm silika dolgulu kolondan (250 x 4,6 mm), etil asetat/asetik asit/hekzan (1:1:198 v:v:v) mobil fazı kullanılarak geçirilmiştir. Akış hızı 1,5 ml dak⁻¹ olarak belirlenmiş ve floresans dedektörü, 290 nm absorpsiyon ve 330 nm emisyon dalga boylarına ayarlanmıştır. Standart α-tokoferol (Sigma–Aldrich; 0 - 10 µg mL⁻¹; R² = 0,999) kullanılarak kalibrasyon grafiği çizilmiş ve örneklere ait alıkonma zamanı standartla karşılaştırılarak tespit edilmiştir.

3.2.5. Sterol Analizi

500 mg yağ örneği, 25 mL metanol ile hazırlanmış 2M potasyum hidroksit ile su buharı banyosunda 1 saat sabunlaştırılmış ve karışıma su eklendikten sonra sabunlaşan maddeler üç kez hekzan ile ekstrakte edilmiştir. Kuru sodyum sülfat (Na_2SO_4) eklendikten sonra 1 saat beklenmiştir. 500 μL örnek, 100 μL BSTFA (Bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide)/ TMSI (Trimethyl Chlorosilan) (4:1, v:v) karışımı ile karıştırılmış ve steroller ekstrakte edilmiştir. 0,8 mL örnek, CP-SİL 24 CB kolon (60m x 0,32 mm x 1,00 μm) bulunan GC sisteminde analiz edilmiştir. Sıcaklık programı şu şekildedir: 50 °C'de 2 dak beklemekte, 60 °C dak^{-1} hız ile 245 °C'ye çıkmakta ve bu sıcaklıkta 1 dak beklemekte, 3 °C dak^{-1} hız ile 275 °C'ye çıkmakta ve bu sıcaklıkta 35 dak beklemektedir. Taşıyıcı gaz olarak 0,8 mL dak^{-1} hızında helyum kullanılmıştır. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırasıyla, 280 ve 300°C'ye ayarlanmış ve örnekler 1:25 split oranı ile enjekte edilmiştir (Kamm ve ark. 2002).

3.2.6. İstatistiki Analizler

Ayçiçeği ve kanola tohumu örneklerinin varyans analizleri yapılmıştır. Önemli bulunan varyasyon kaynakları Duncan testine tabi tutularak karşılaştırmaları yapılmıştır. Varyans analiz tablolarının oluşturulması, SPSS İstatistik Paket Programı kullanılarak yapılmıştır (Soysal 1992).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri

Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlanmamış kontrol numunesi, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında gama iyonize ışınlarına maruz bırakılan örneklerinin serbest asitlik ve peroksit değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde ışınlama dozu arttıkça örneklerin serbest asitlik değerlerinin arttığı görülmektedir. Başlangıçta %0,82 olan serbest asitlik, 10 kGy doz düzeyinde % 0,05 artarak % 0,87’ye yükselmiştir ve istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Peroksit değerlerine bakıldığında değerlerin ışınlama ile arttığı, kontrol numunesi ile 5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerin peroksit değerleri arasındaki farkların sırasıyla 0,22 meqO₂/kg ve 0,52 meqO₂/kg olduğu belirlenmiştir (P<0,05).

Bulduğumuz sonuçlar, Gölge ve Ova’nın (2007) çam fıstıkları üzerinde yaptıkları çalışmada peroksit değerleri üzerine bulmuş oldukları sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

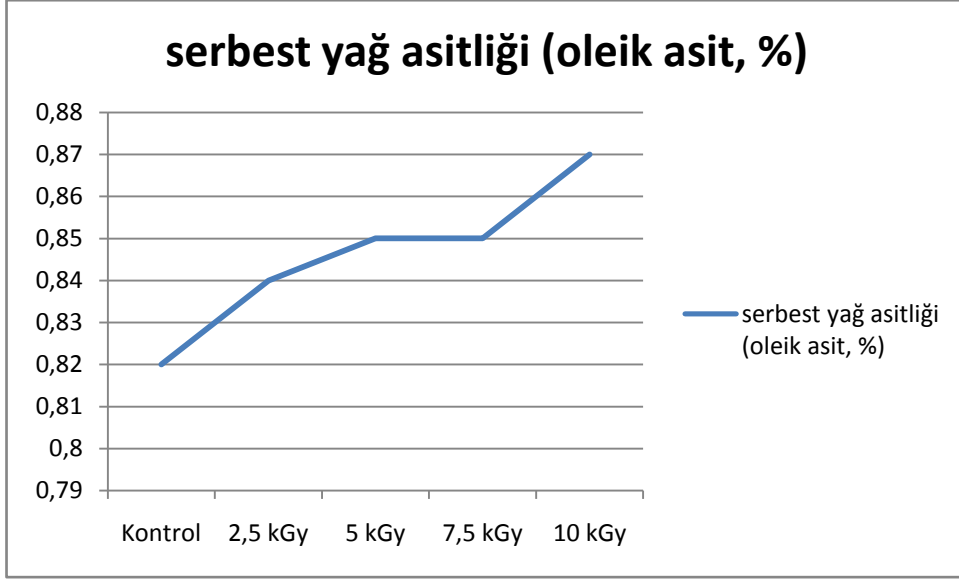
Örneklerin serbest asitlik ve peroksit değerlerindeki değişim grafik halinde Şekil 4.1 ve Şekil 4.2.’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri.

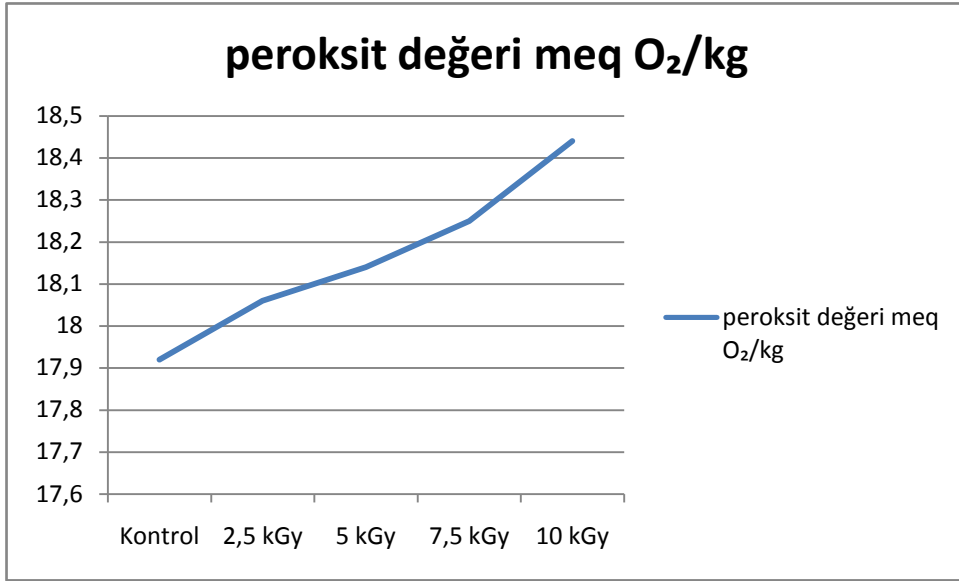
Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	Serbest Yağ Asitliği (oleik asit, %)	Peroksit Değeri (meqO ₂ /kg)
Armada	Kontrol	0,82 ± 0,05	17,92 ± 0,07b
	2,5	0,84 ± 0,04	18,06 ± 0,08b
	5	0,85 ± 0,04	18,14 ± 0,10ab
	7,5	0,85 ± 0,04	18,25 ± 0,13ab
	10	0,87 ± 0,05	18,44 ± 0,12a
	Işınlama Etkisi	NS	*

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

*P<0,05 düzeyinde önemli; **P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4.1. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının işnleme dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği



Şekil 4.2. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının işnleme dozlarına göre peroksit değerleri grafiği

4.2. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri

Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının kontrol ve 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ışınlanan örneklerinin serbest asitlik ve peroksit değerleri Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde başlangıçta % 2,56 olarak bulunan asitlik değerinin 10 kGy'lik ışınlama sonrasında % 3,00'a kadar yükseldiği ve istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Örneklerin peroksit değerleri incelendiğinde ise kontrol numunesinde 17,00 meqO₂/kg olan değer 7,5 kGy dozunda 18,20 meqO₂/kg ve 10 kGy dozunda 19 meqO₂/kg değerlerine kadar yükseldiği görülmüştür ($P<0,01$).

Byun ve ark.'nın (1994) yaptıkları çalışmada ışınlanan örneklerin peroksit değerlerinin, bizim çalışmamız ile benzerlik gösterdiği ortaya konmuştur.

Değerlerin değişimi grafiksel olarak Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri.

Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	Serbest Yağ Asitliği (oleik asit, %)	Peroksit Değeri (meqO ₂ /kg)
Oleko	Kontrol	2,56 ± 0,05c	17,00 ± 0,20d
	2,5	2,64 ± 0,03c	17,38 ± 0,13cd
	5	2,70 ± 0,02bc	17,86 ± 0,18bc
	7,5	2,86 ± 0,06ab	18,20 ± 0,23b
	10	3,00 ± 0,06a	19,00 ± 0,28a
	Işınlama Etkisi	**	**

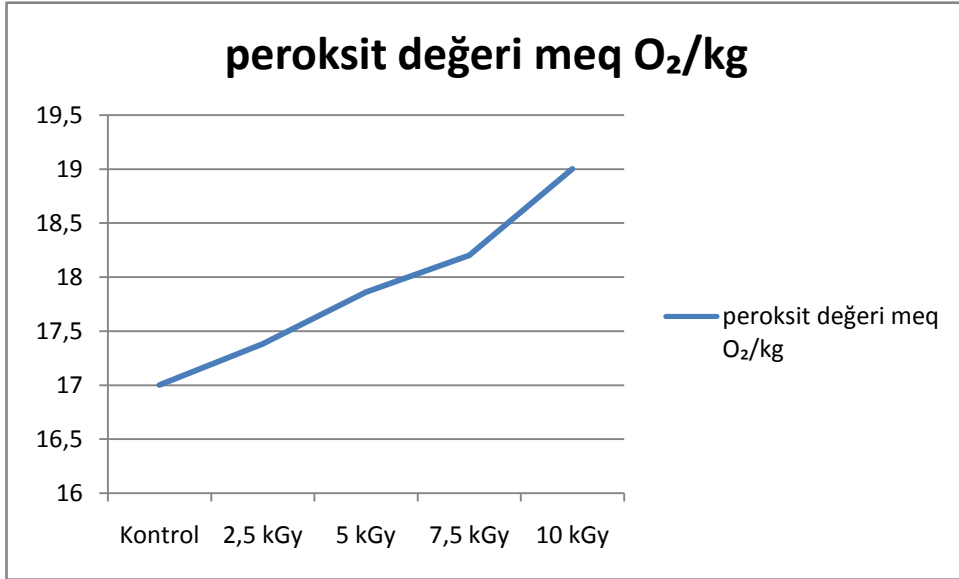
Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

* $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli; NS önemli

Çizelgeye göre yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinde, orta oleik asit içerikli örneklerin aksine serbest yağ asidi değerinde ışınlama ile beraber yükselme meydana gelmiştir. Peroksit değeri de orta oleik asit içerikli örneklere göre daha fazla yükselmiştir. Bu durumda oleik asit içeriğinin fazla olması serbest asitlik ve peroksit değerleri üzerinde etkili olduğu sonucuna varılabilir. Bu değerlerin artması, acılaşmaya ve bozulmaya yol açtığından yağ kalitesi için olumsuz bir durumdur.



Şekil 4.3. Yüksek oleik asit içerikli Oleko ayçiçeği tohumlarının işnılama dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği



Şekil 4.4. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının işnılama dozlarına göre peroksit değerleri grafiği

4.3. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri

Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozuna bağlı serbest asitlik ve peroksit değerlerindeki değişim Çizelge 4.3.'de görülmektedir. Çizelgeye göre serbest asitlik değerlerine bakıldığında 7,5 kGy dozunda asitlik, kontrol numunesine göre % 0,11 artmışken 10 kGy dozunda % 0,25 artmıştır ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Peroksit değerlerine bakıldığında da yine doz düzeyi arttırıldıkça peroksit değerleri de artmıştır ($P<0,01$).

Değerlerin grafiksel değişimi Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'daki gibidir.

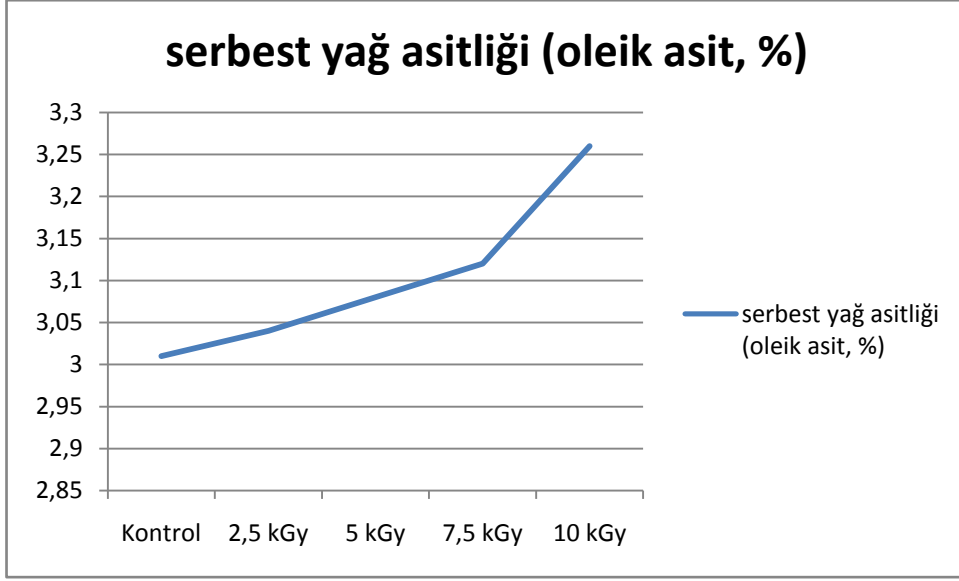
Çizelge 4.3. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri.

Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	Serbest Yağ Asitliği (oleik asit, %)	Peroksit Değeri (meqO ₂ /kg)
Califa	Kontrol	3,01 ± 0,07b	15,60 ± 0,14b
	2,5	3,04 ± 0,04b	15,81 ± 0,04b
	5	3,08 ± 0,05ab	16,62 ± 0,32a
	7,5	3,12 ± 0,02ab	16,70 ± 0,28a
	10	3,26 ± 0,08a	17,20 ± 0,25a
	Işınlama Etkisi	**	**

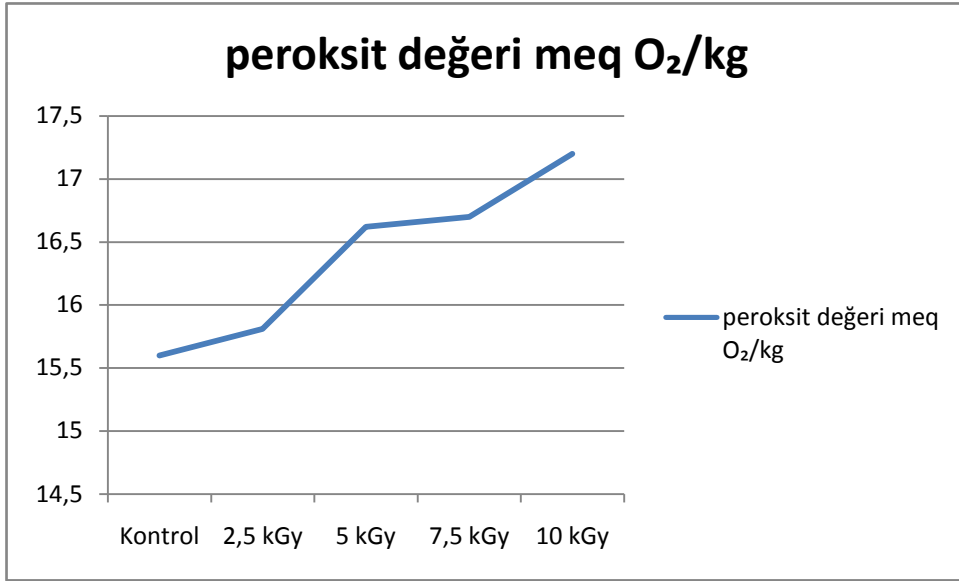
Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

* $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli; NS önemsiz

Linoleik asit içerikli örneklerde, oleik asit içeriği yüksek olan örneklerde olduğu gibi serbest asitlik değerinde artış görülmüştür. Yine peroksit değeri de ışınlama dozuna bağlı olarak artmıştır. Bu örneklerde de, çoklu doymamış yağlardan linoleik asit oranının yüksek olması serbest asitlik ve peroksit değerine etki etmiştir.



Şekil 4.5. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği



Şekil 4.6. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre peroksit değerleri grafiği

4.4. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri

Son olarak kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest asitlik ve peroksit değerleri Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir. Ayçiçeği örneklerinde olduğu gibi ışınlama dozuna paralel olarak örneklerin serbest asitlik miktarlarında artış gözlenmiştir. Serbest asitlik değeri 10 kGy doz düzeyinde ışınlanan numunede kontrol numunesine göre % 0,30 artmıştır (P<0,05).

Peroksit değerlerine bakıldığında 10 kGy dozunda ışınlanan numunede peroksit değeri, kontrol numunesine göre 2,00 meqO₂/kg fazla bulunmuştur ve bu değer istatistiki olarak önemlidir (P<0,01).

Değerlerin grafiksel durumu Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'deki gibidir.

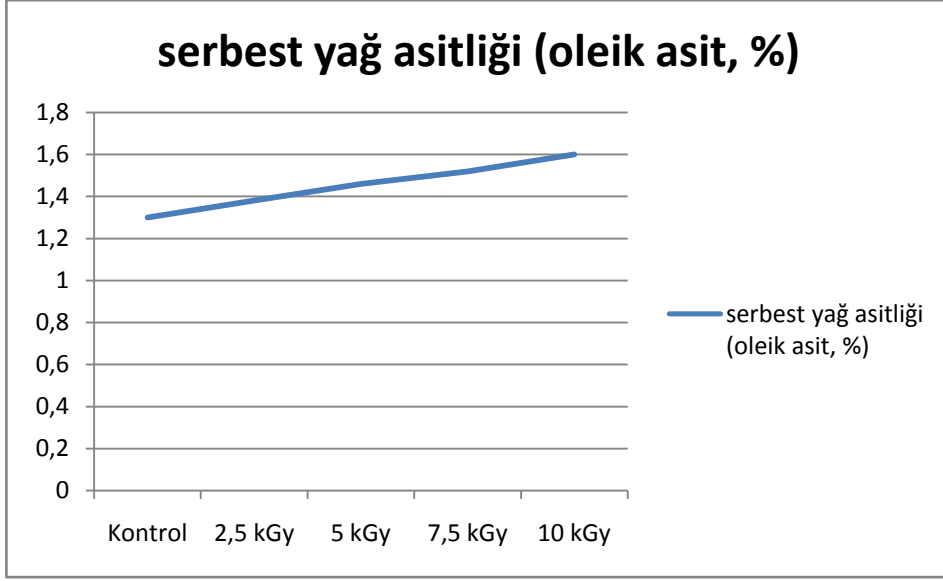
Çizelge 4.4. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri.

Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	Serbest Yağ Asitliği (oleik asit, %)	Peroksit Değeri (meqO ₂ /kg)
Elvis	Kontrol	1,30 ± 0,04b	12,00 ± 0,20c
	2,5	1,38 ± 0,05ab	12,48 ± 0,46bc
	5	1,46 ± 0,07ab	12,80 ± 0,04bc
	7,5	1,52 ± 0,11ab	13,36 ± 0,03ab
	10	1,60 ± 0,06a	14,00 ± 0,37a
	Işınlama Etkisi	*	**

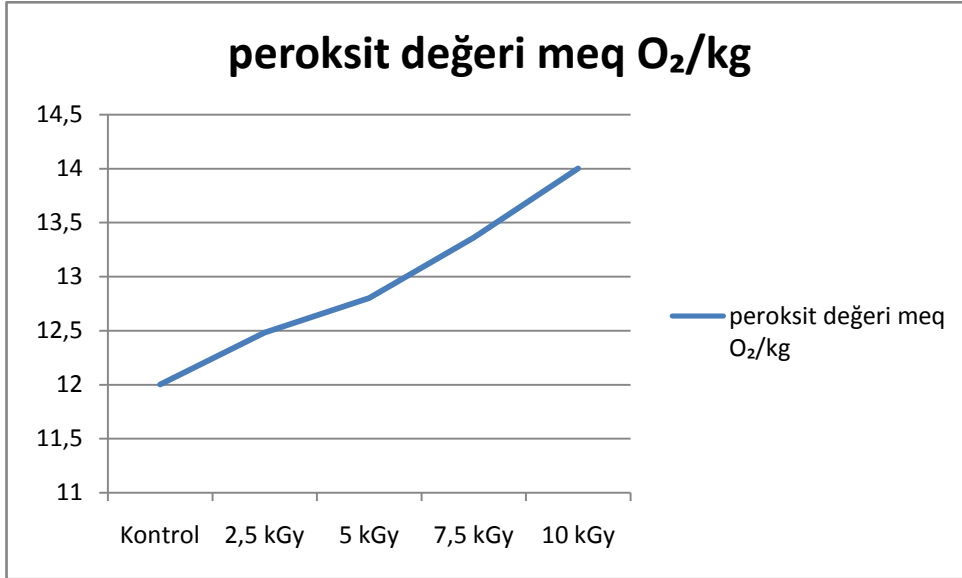
Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

*P<0,05 düzeyinde önemli; **P<0,01 düzeyinde önemli; NS önemsiz

Çoklu doymamış yağ oranı fazla olan kanola tohumlarında ışınlama işlemi ile serbest asitlik ve peroksit değeri artış göstermiştir. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinde serbest asitlik değeri önemli ölçüde değişmemişken diğer örneklerde artmıştır. Doymamış yağ asidi içeriği fazla olan örneklerde asitlik ve peroksit değerleri daha fazla yükselme eğilimi göstermişlerdir.



Şekil 4.7. Kanola tohumlarının işnılama dozlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği



Şekil 4.8. Kanola tohumlarının işnılama dozlarına göre peroksit değerleri grafiği

4.5. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri

Araştırmada sadece miktar açısından önemli olan palmitik, stearik, oleik ve linoleik yağ asitlerinin doz artışına bağlı olarak % oranlarında meydana gelen değişimler istatistiki olarak ele alınmıştır. Diğer yağ asitleri minör düzeyde oldukları için istatistiksel analize tabi tutulmamışlardır. Buna göre ışınlama dozu arttıkça doymuş yağ asitlerinden palmitik ve stearik asit miktarlarının arttığı, doymamış yağ asitlerinden olan oleik ve linoleik asit miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,01$).

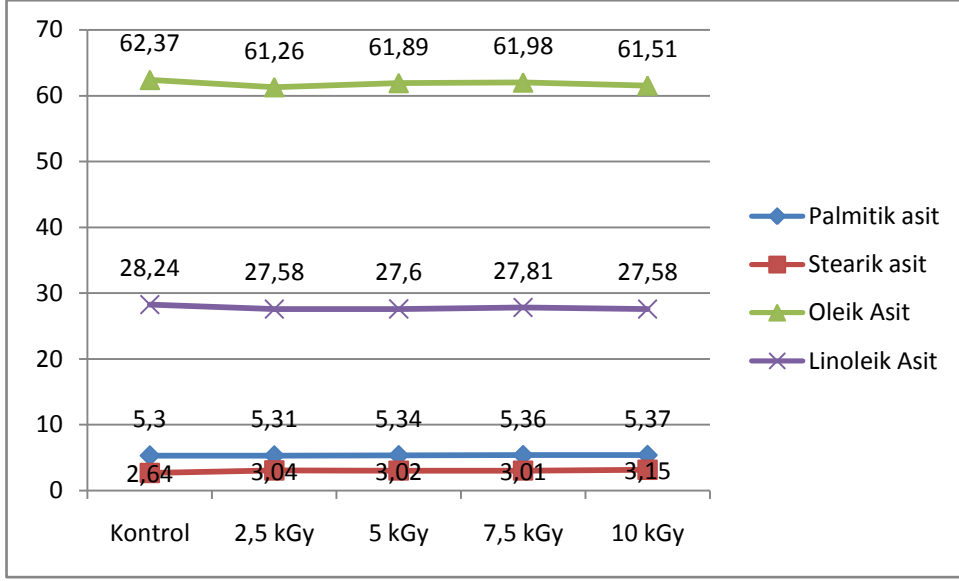
Orta oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinin ışınlama dozlarına bağlı yağ asidi değerleri Çizelge 4.5.'de gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde öncelikle oleik asit miktarında doz artışına bağlı bir düşüş olduğu, linoleik asit miktarında bir miktar düşüş olduysa da belirgin bir değişim olmadığı ve linolenik asit miktarında da önemsiz düzeylerde değişiklik olduğu görülmüştür. Doymuş yağ asitlerinden stearik asit miktarında ışınlama dozu arttıkça bir miktar yükselme olmuştur. Diğer yağ asitlerindeki değişimler önemsiz düzeydedir ($P<0,01$). Değerler Şekil 4.9. grafik üzerinde incelenmiştir.

Byun ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada ışınlanmış soya fasulyelerindeki palmitik asit miktarının ışınlama işlemi ile arttığını, linoleik ve linolenik asit değerlerinin ise azaldığını bildirmişlerdir. Bizim bulduğumuz sonuçlarda farklı olarak linolenik asit değerinde bir azalma olmamıştır. Yaptıkları çalışmada çalışmamızdan yine farklı olarak oleik asit değerinde önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.5. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak)

Yağ asidi (%)	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy	7,5 kGy	10 kGy
Kaproik asit C6:0	-	-	-	-	-
Kaprilik asit C8:0	-	-	-	-	-
Kaprik asit C10:0	-	-	-	-	-
Laurik asit C12:0	-	-	-	-	-
Miristik asit C14:0	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00
Palmitik asit C16:0	5,30 ± 0,01c	5,31 ± 0,00bc	5,34 ± 0,01ab	5,36 ± 0,00a	5,37 ± 0,01a
Palmitoleik asit C16:1	0,07 ± 0,00	0,15 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,00
Margarik asit C17:1	0,04 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,05 ± 0,00
Heptadesanoik asit C17:1	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Stearik asit C18:0	2,64 ± 0,01c	3,04 ± 0,00b	3,02 ± 0,01b	3,01 ± 0,00b	3,15 ± 0,01a
<i>Trans</i> C18:1	-	-	-	-	-
Oleik asit C18:1	62,37 ± 0,01a	61,26 ± 0,00e	61,89 ± 0,01c	61,98 ± 0,00b	61,51 ± 0,01d
<i>Trans</i> C18:2	-	-	-	-	-
Linoleik asit C18:2	28,24 ± 0,01a	27,58 ± 0,00b	27,60 ± 0,00b	27,81 ± 0,01b	27,58 ± 0,01b
Araşidik asit C20:0	0,22 ± 0,00	0,32 ± 0,00	0,26 ± 0,01	0,25 ± 0,00	0,27 ± 0,01
Linolenik asit C18:3	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,04 ± 0,00
Ekosenoik asit C20:1	0,12 ± 0,01	0,35 ± 0,00	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,00	0,20 ± 0,01
Behenik asit C22:0	0,62 ± 0,00	1,18 ± 0,00	0,95 ± 0,01	0,75 ± 0,00	1,23 ± 0,00
Erusik asit C22:1	0,07 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,14 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Lignoserik asit C24:0	0,15 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,30 ± 0,00
Nervonik asit C24:1	-	-	-	-	-

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,01)



Şekil 4.9. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği

4.6. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri

Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının yağ asidi değerleri Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir. Değerlere göre Linoleik asit miktarı ışınlama dozu arttıkça azalmış % 2,21 iken 10 kGy dozunda % 1,56'ya düşmüştür. Oleik asit miktarı % 89,66 iken 7,5 kGy dozunda % 89,63'e ve 10 kGy dozunda % 88,66'ya kadar düşmüştür. Palmitik asit değeri kontrol numunesinde % 3,56 iken 10 kGy dozunda % 3,68 olarak bulunmuştur. Stearik asit değeri ise başta % 2,86 ve 10 kGy dozunda % 2,94 olarak bulunmuştur ($P < 0,01$).

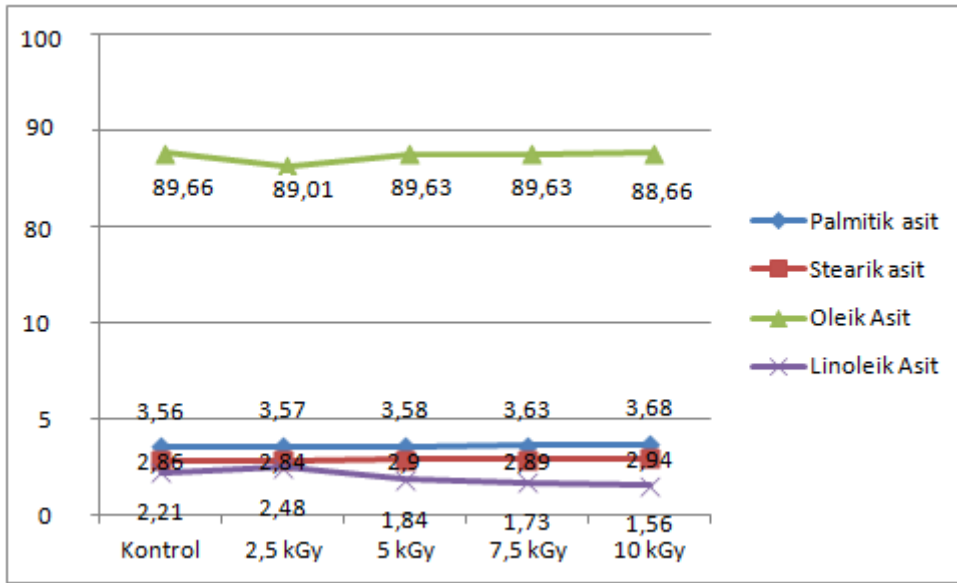
Bulduğumuz sonuçlar, Gölge ve Ova'nın (2010) yaptıkları çalışmada buldukları sonuçlarla oleik ve linoleik asit düzeyinde benzerlik göstermiştir. Fakat doymuş yağ asitlerinden stearik ve palmitik asitlerde farklı bulunmuştur.

Şekil 4.10.' da bazı doymuş ve doymamış yağ asitlerinin ışınlama işlemi ile değişimi grafik üzerinde incelenmiştir.

Çizelge 4.6. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak)

Yağ asidi (%)	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy	7,5 kGy	10 kGy
Kaproik asit C6:0	-	-	-	-	-
Kaprilik asit C8:0	-	-	-	-	-
Kaprik asit C10:0	-	-	-	-	-
Laurik asit C12:0	-	-	-	-	-
Miristik asit C14:0	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	-	0,06 ± 0,00
Palmitik asit C16:0	3,56 ± 0,00c	3,57 ± 0,01c	3,58 ± 0,00c	3,63 ± 0,01b	3,68 ± 0,01a
Palmitoleik asit C16:1	0,07 ± 0,00	0,1 ± 0,00	0,12 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,20 ± 0,00
Margarik asit C17:1	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	-	0,08 ± 0,00
Heptadesanoik asit C17:1	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	-	0,1 ± 0,00
Stearik asit C18:0	2,86 ± 0,01cd	2,84 ± 0,00d	2,90 ± 0,01b	2,89 ± 0,00bc	2,94 ± 0,01a
<i>Trans</i> C18:1	-	-	-	-	-
Oleik Asit C18:1	89,66 ± 0,00a	89,01 ± 0,01b	89,63 ± 0,01a	89,63 ± 0,00a	88,66 ± 0,01c
<i>Trans</i> C18:2	-	-	-	-	-
Linoleik Asit C18:2	2,21 ± 0,02b	2,48 ± 0,01a	1,84 ± 0,01c	1,73 ± 0,01d	1,56 ± 0,00e
Araşidik asit C20:0	0,18 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,37 ± 0,01
Linolenik Asit C18:3	0,04 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,07 ± 0,00
Ekosenoik asit C20:1	0,15 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,35 ± 0,01
Behenik asit C22:0	0,90 ± 0,01	0,97 ± 0,01	0,93 ± 0,01	0,95 ± 0,01	1,12 ± 0,00
Erusik asit C22:1	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	-	0,12 ± 0,00
Lignoserik asit C24:0	0,21 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,47 ± 0,01
Nervonik asit C24:1	0,01 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,22 ± 0,00

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,01)



Şekil 4.10. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlatma dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği

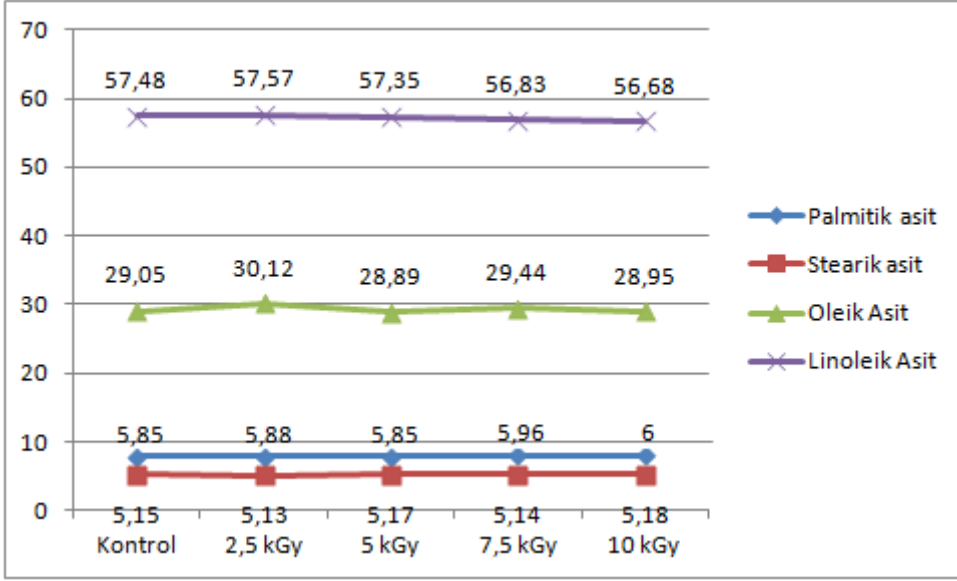
4.7. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlatma dozlarına göre yağ asidi değerleri

Linoleik asit içerikli ayçiçeği örneklerinin ışınlatma dozlarına göre yağ asidi miktarları Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir. Linoleik asit değerinin kontrol numunesinde % 57,48 iken 7,5 kGy dozunda % 56,83 ve 10 kGy dozunda % 56,68 olduğu görülmüştür. Oleik asit değeri ise kontrol numunesinde % 29,05 iken 10 kGy dozunda % 28,95 olarak bulunmuştur. Doymuş yağ asitlerinden palmitik asit değeri kontrol numunesinde % 5,85 iken 10 kGy dozunda % 6,00, stearik asit değeri de % 5,15 iken 10 kGy dozunda % 5,18 olarak bulunmuştur ($P < 0,01$).

Çizelge 4.7. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak)

Yağ asidi	Kontrol	2,5 kGy	5 kGy	7,5 kGy	10 kGy
Kaproik asit C6:0	-	-	-	-	-
Kaprilik asit C8:0	-	-	-	-	-
Kaprik asit C10:0	-	-	-	-	-
Laurik asit C12:0	-	-	-	-	-
Miristik asit C14:0	0,07 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,08 ± 0,00
Palmitik asit C16:0	5,85 ± 0,00d	5,88 ± 0,00c	5,85 ± 0,01d	5,96 ± 0,01b	6,00 ± 0,00a
Palmitoleik asit C16:1	0,06 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,12 ± 0,00	0,17 ± 0,00
Margarik asit C17:1	-	-	-	-	-
Heptadesanoik asit C17:1	-	-	-	-	-
Stearik asit C18:0	5,15±0,00abc	5,13 ± 0,01c	5,17 ± 0,01ab	5,14 ± 0,01bc	5,18 ± 0,02a
<i>Trans</i> C18:1	-	-	-	-	-
Oleik Asit C18:1	29,05 ± 0,01c	30,12 ± 0,00a	28,89 ± 0,00e	29,44 ± 0,01b	28,95 ± 0,01d
<i>Trans</i> C18:2	-	-	-	-	-
Linoleik Asit C18:2	57,48 ± 0,01b	57,57 ± 0,01a	57,35 ± 0,01c	56,83 ± 0,01d	56,68 ± 0,01e
Araşidik asit C20:0	0,33 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,42 ± 0,01
Linolenik Asit C18:3	0,04 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,09 ± 0,00	0,06 ± 0,00
Ekosenoik asit C20:1	0,06 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,19 ± 0,01
Behenik asit C22:0	0,78 ± 0,01	0,5 ± 0,00	0,81 ± 0,01	0,81 ± 0,01	0,98 ± 0,01
Erusik asit C22:1	-	-	0,37 ± 0,00	-	-
Lignoserik asit C24:0	0,35 ± 0,00	0,20 ± 0,00	0,42 ± 0,00	0,45 ± 0,00	0,53 ± 0,00
Nervonik asit C24:1	0,78 ± 0,01	0,23 ± 0,00	0,61 ± 0,00	0,64 ± 0,00	0,76 ± 0,00

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,01)



Şekil 4.11. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği

Çizelge ve tablolar incelendiğinde ayçiçeği örneklerinin genelinde ışınlama işleminin oleik ve linoleik asit değerlerinde düşüşe neden olduğu fakat linolenik asit değerinde düşüş olmadığı, yüksek oleik asit ve linoleik asit içerikli örneklerde linolenik asit oranının bir miktar arttığı görülmektedir. Palmitik ve stearik asit değerleri ise artmıştır.

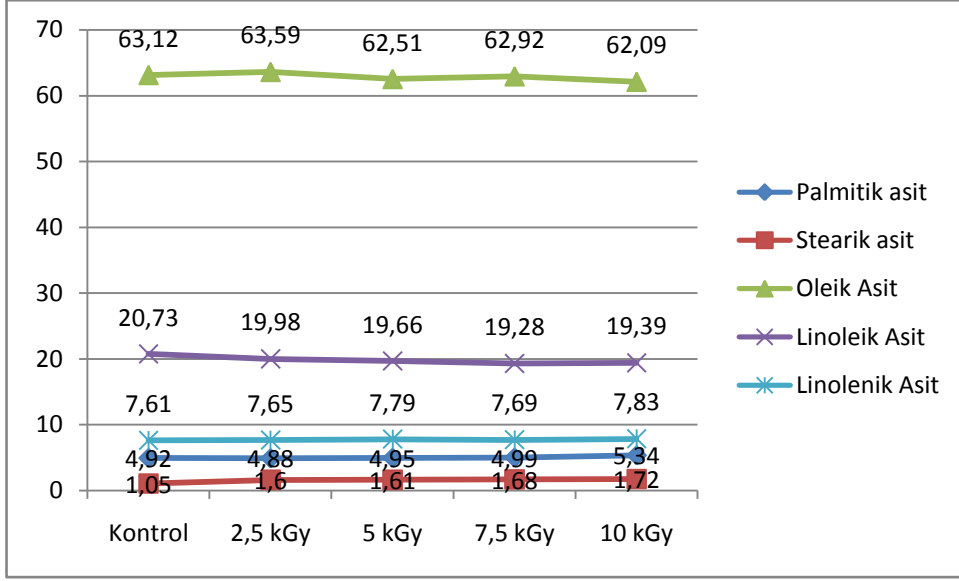
4.8. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri

Kanola tohumlarının yağ asidi değerleri Çizelge 4,8.'deki gibidir. Çizelgeye bakıldığında linolenik asit miktarının ışınlama dozuna paralel olarak arttığı, kontrol numunesinde % 7,61 iken 10 kGy dozunda % 7,83 olduğu görülmektedir. Oleik asit miktarları 5 kGy doz düzeyi ve üzerinde ışınlanmayan örneğe göre düşmüştür. Linoleik asit miktarı da başta % 20,73 iken ışınlama dozuna paralel olarak düşmüş ve 10 kGy doz düzeyinde % 19,39 olarak bulunmuştur ($P < 0,01$). Doymuş yağ asitlerinden stearik asit değeri ışınlamayla beraber artmıştır. Palmitik asit değeri ise özellikle 10 kGy doz düzeyinde belirgin olarak artmıştır ($P < 0,01$). Şekil 4.12.'de değişiklikler grafik üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre yağ asidi değerleri (Toplam yağ içerisinde % olarak)

Yağ asidi (%)	0 kGy	2,5 kGy	5 kGy	7,5 kGy	10 kGy
Kaproik asit C6:0	-	-	-	-	-
Kaprilik asit C8:0	-	-	-	-	-
Kaprik asit C10:0	-	-	-	-	-
Laurik asit C12:0	-	0,04 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,24 ± 0,00	0,29 ± 0,00
Miristik asit C14:0	0,05 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,12 ± 0,00	0,15 ± 0,00
Palmitik asit C16:0	4,92 ± 0,01c	4,88 ± 0,01d	4,95 ± 0,01c	4,99 ± 0,01b	5,34 ± 0,01a
Palmitoleik asit C16:1	0,23 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,25 ± 0,00	0,3 ± 0,00	0,35 ± 0,00
Margarik asit C17:1	0,06 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00
Heptadesanoik asit C17:1	0,07 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,06 ± 0,00
Stearik asit C18:0	1,05 ± 0,01d	1,60 ± 0,01c	1,61 ± 0,00c	1,68 ± 0,01b	1,72 ± 0,01a
<i>Trans</i> C18:1	-	-	-	-	-
Oleik Asit C18:1	63,12 ± 0,00b	63,59 ± 0,00a	62,51 ± 0,01d	62,92 ± 0,01c	62,09 ± 0,00e
<i>Trans</i> C18:2	-	-	-	-	-
Linoleik Asit C18:2	20,73 ± 0,01a	19,98 ± 0,00b	19,66 ± 0,01c	19,28 ± 0,01e	19,39 ± 0,00d
Araşidik asit C20:0	0,49 ± 0,00	0,45 ± 0,00	0,59 ± 0,00	0,58 ± 0,00	0,58 ± 0,00
Linolenik Asit C18:3	7,61 ± 0,01c	7,65 ± 0,00bc	7,79 ± 0,01a	7,69 ± 0,01b	7,83 ± 0,01a
Ekosenoik asit C20:1	1,33 ± 0,00	1 ± 0,00	1,57 ± 0,00	1,48 ± 0,00	1,48 ± 0,00
Behenik asit C22:0	0,23 ± 0,01	0,11 ± 0,00	0,55 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,31 ± 0,01
Erusik asit C22:1	-	-	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00
Lignoserik asit C24:0	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,14 ± 0,01	0,21 ± 0,00	0,25 ± 0,00
Nervonik asit C24:1	-	-	0,01 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,06 ± 0,00

Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,01)



Şekil 4.12. Kanola tohumlarının işinlama dozlarına göre bazı yağ asidi değerleri grafiği

Kanola tohumlarında diğer örneklere benzer olarak oleik ve linoleik asit değerleri işinlamaya bağlı olarak azalmış, palmitik stearik ve linolenik asit değerleri artmıştır. Çoklu doymamış yağ asitlerinden linolenik asit değerinin artması yağda peroksit ve asitlik değerini etkileyen bir durumdur çünkü yapılarındaki çift bağlar nedeni ile doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerine göre kimyasal olarak daha reaktiftirler. Bu reaktivite yağ asidi zincirindeki çift bağ sayısına göre artmaktadır (Gökalp ve ark. 2001). Örneğin, bu çalışmada işinlama işlemi ile doymamış yağ asidi ve çift bağ sayısı fazla olan yağları içeren örneklerin serbest asitlik değerleri orta oleik asit içerikli ayçiçeği örneklerine göre daha fazla artmıştır.

4.9. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumları Çizelge 4,9.'da incelendiğinde α tokoferol miktarı ışınlamanın her dozunda bir miktar düşmüş, sitosterol miktarı ise doz artışına paralel olarak artmıştır ve istatistiki olarak bu değişimler önemlidir ($P<0,01$). Delta5- avenasterol ve kampesterol miktarları ilk numuneye göre yüksektir. Stigmasterol değerleri 5 kGy doz düzeyi üzerinde artmıştır Brassikasterol, Delta7- avenasterol değerleri ise ışınlama ile her dozda düşmüştür. Değerler Şekil 4.13'te incelendiğinde en belirgin değişimlerin Delta5- avenasterol, brassikasterol, α tokoferol ve sitosterol örneklerinde olduğu görülmektedir ($P<0,01$).

Bulduğumuz sonuçlar Yaqoob ve ark.'nın (2010) yaptıkları araştırmada buldukları sonuçlar ile α tokoferol düzeyinde benzerlik göstermektedir.

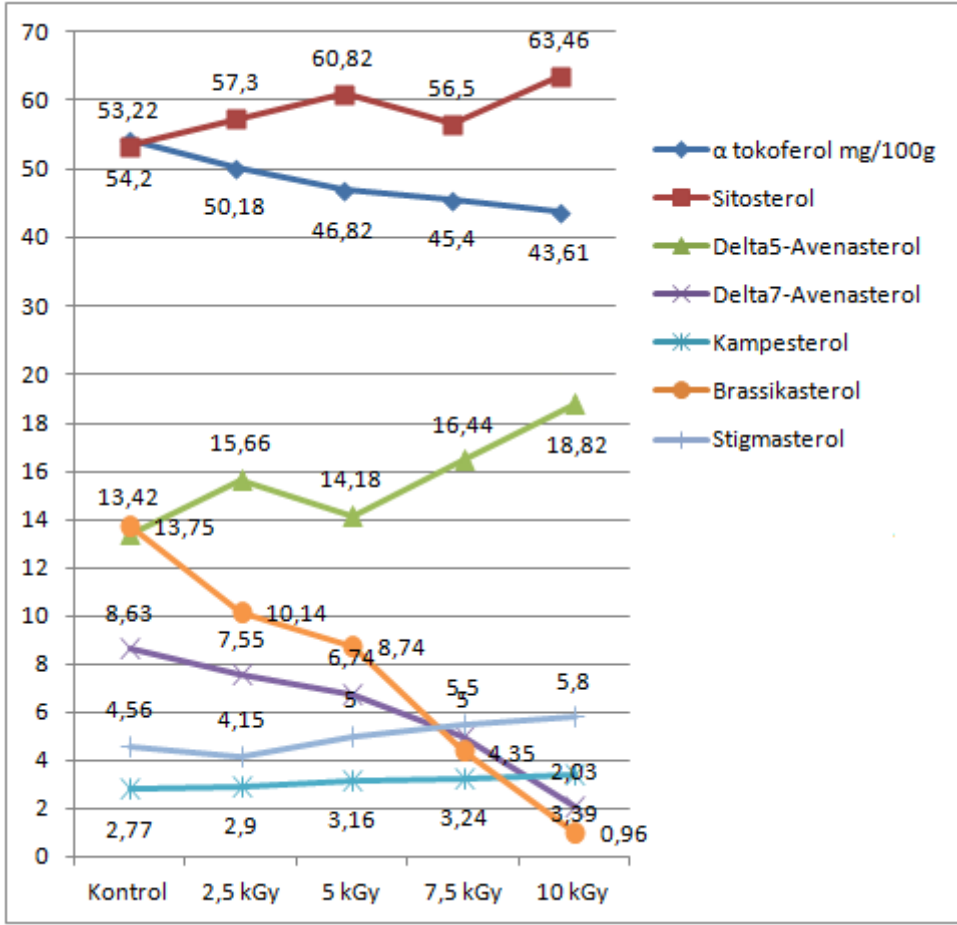
Çizelge 4.9. Orta oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	α tokoferol mg/100g	Sterol Kompozisyonu (%) ¹					
			Sitosterol	Delta5-Avenasterol	Delta7-Avenasterol	Kampesterol	Brassikasterol	Stigmasterol
Armada	Kontrol	54,20 ± 0,01a	53,22 ± 0,02e	13,42 ± 0,02e	8,63 ± 0,01a	2,77 ± 0,01e	13,75 ± 0,01a	4,56 ± 0,02d
	2,5	50,18 ± 0,00b	57,30 ± 0,02c	15,66 ± 0,01c	7,55 ± 0,00b	2,90 ± 0,00d	10,14 ± 0,01b	4,15 ± 0,01e
	5	46,82 ± 0,01c	60,82 ± 0,00b	14,18 ± 0,00d	6,74 ± 0,01c	3,16 ± 0,01c	8,74 ± 0,00c	5,00 ± 0,01c
	7,5	45,40 ± 0,00d	56,50 ± 0,01d	16,44 ± 0,02b	5,00 ± 0,01d	3,24 ± 0,02b	4,35 ± 0,17d	5,50 ± 0,01b
	10	43,61 ± 0,01e	63,46 ± 0,01a	18,82 ± 0,00a	2,03 ± 0,01e	3,39 ± 0,03a	0,96 ± 0,01e	5,80 ± 0,02a
	Işınlama etkisi	**	**	**	**	**	**	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

* $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli; NS: Önemli değil

¹Tespit edilemeyen diğer steroller: Kolesterol, Sitostanol, Delta5,24-Stigmastadienol, Delta7-Stigmastenol, Delta5,23-Stigmastadienol



Şekil 4.13. Orta oleik asit içerkli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değeri grafiği

4.10. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Çizelge 4.10. incelendiğinde yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarında ışınlama sonrasında α -tokoferol miktarının armada tohumlarına nazaran daha az miktarda düştüğü görülmektedir ancak düşüş istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Sitosterol miktarı başta % 52,24 iken 2,5 kGy dozunda % 50,68 bulunmuş, 10 kGy dozunda ise % 57,58'e yükselmiştir ($P<0,01$). Delta7- avenasterol ışınlamanın her dozunda artarken Delta5-avenasterol, kampesterol, brassikasterol ve stigmasterol miktarları genel olarak düşmüştür ($P<0,01$).

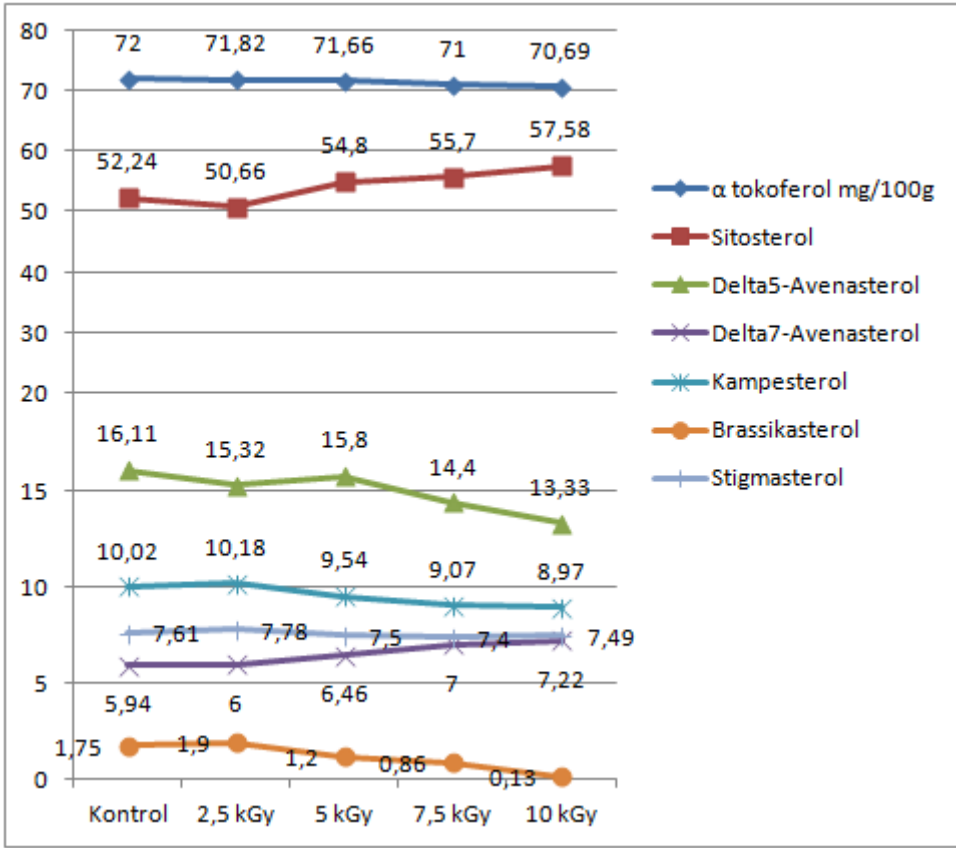
Çizelge 4.10. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	α tokoferol mg/100g	Sterol Kompozisyonu (%) ¹					
			Sitosterol	Delta5-Avenasterol	Delta7-Avenasterol	Kampesterol	Brassikasterol	Stigmasterol
Oleko	Kontrol	72,00 ± 0,01a	52,24 ± 0,02d	16,11 ± 0,02a	5,94 ± 0,01e	10,02 ± 0,01b	1,75 ± 0,01b	7,61 ± 0,00b
	2,5	71,82 ± 0,01b	50,68 ± 0,01e	15,32 ± 0,01c	6,00 ± 0,01d	10,18 ± 0,01a	1,90 ± 0,02a	7,78 ± 0,02a
	5	71,66 ± 0,01c	54,80 ± 0,03c	15,80 ± 0,02b	6,46 ± 0,01c	9,54 ± 0,00c	1,20 ± 0,01c	7,50 ± 0,02c
	7,5	71,00 ± 0,01d	55,70 ± 0,05b	14,40 ± 0,03d	7,00 ± 0,00b	9,07 ± 0,01d	0,86 ± 0,00d	7,40 ± 0,01d
	10	70,69 ± 0,01e	57,58 ± 0,04a	13,33 ± 0,01e	7,22 ± 0,01a	8,97 ± 0,01e	0,13 ± 0,01e	7,49 ± 0,01c
	Işınlama etkisi	**	**	**	**	**	**	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

* $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli; NS: Önemsiz

¹Tespit edilemeyen diğer steroller: Kolesterol, Sitostanol, Delta5,24-Stigmastadienol, Delta7-Stigmastenol, Delta5,23-Stigmastadienol



Şekil 4.14. Yüksek oleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α-tokoferol ve sterol değerleri grafiği

4.11. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının α -tokoferol ve sterol değerleri Çizelge 4.11 ve Şekil 4.15.'de incelendiğinde α -tokoferol miktarının ışınlama ile her dozda düştüğü görülmektedir. Yine sitosterol miktarının da 2,5 kGy hariç diğer dozlarda düştüğü görülmüştür ve başta % 58,62 olan değer 10 kGy dozunda % 51,53 olarak bulunmuştur ($P<0,01$). Orta ve yüksek oleik asit içeriğine sahip ayçiçeği tohumlarına nazaran linoleik asit içeriği yüksek olan ayçiçeği tohumlarında sitosterol değerinin artmadığı görülmektedir. Diğer sterol değerleri genel olarak ışınlamaya bağlı yükseliş göstermiştir ($P<0,01$).

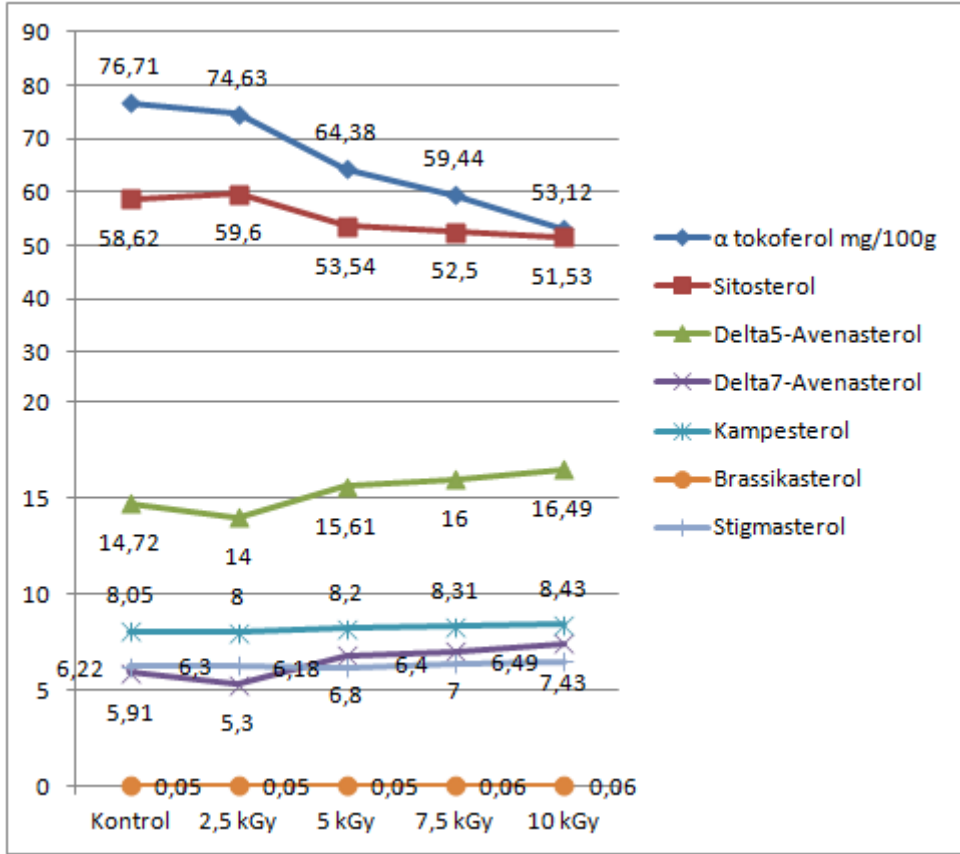
Çizelge 4.11. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	α tokoferol mg/100g	Sterol Kompozisyonu (%) ¹					
			Sitosterol	Delta5-Avenasterol	Delta7-Avenasterol	Kampesterol	Brassikasterol	Stigmasterol
Califa	Kontrol	76,71 ± 0,00a	58,62 ± 0,01b	14,72 ± 0,01d	5,91 ± 0,00d	8,05 ± 0,01d	0,05 ± 0,00	6,22 ± 0,00d
	2,5	74,63 ± 0,01b	59,60 ± 0,00a	14,00 ± 0,01e	5,30 ± 0,01e	8,00 ± 0,01e	0,05 ± 0,00	6,30 ± 0,01c
	5	64,38 ± 0,02c	53,54 ± 0,02c	15,61 ± 0,01c	6,80 ± 0,02c	8,20 ± 0,01c	0,05 ± 0,01	6,18 ± 0,01e
	7,5	59,44 ± 0,02d	52,50 ± 0,02d	16,00 ± 0,02b	7,00 ± 0,01b	8,31 ± 0,01b	0,06 ± 0,01	6,40 ± 0,01b
	10	53,12 ± 0,01e	51,53 ± 0,02e	16,49 ± 0,01a	7,43 ± 0,01a	8,43 ± 0,01a	0,06 ± 0,01	6,49 ± 0,01a
	Işınlama etkisi	**	**	**	**	**	**	NS

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

* $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli; NS: Önemsiz

¹Tespit edilemeyen diğer steroller: Kolesterol, Sitostanol, Delta5,24-Stigmastadienol, Delta7-Stigmastenol, Delta5,23-Stigmastadienol



Şekil 4.15. Linoleik asit içerikli ayçiçeği tohumlarının işinlama dozlarına göre α-tokoferol ve sterol değerleri grafiği

4.12. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Son olarak elvis tohumlarının Çizelge 4.12.'de incelenen α -tokoferol ve sterol değerlerine göre califa tohumlarına benzer şekilde ışınlama ile α -tokoferol miktarının ve 5 kGy hariç sitosterol miktarının düştüğü görülmektedir ($P<0,01$). Delta7-Avenasterol başta % 31,47 iken 10 kGy dozunda % 2,68 bulunmuş ve önemli oranda azalmıştır. Kampesterol başta % 3,57 iken 10 kGy dozunda % 38,59 ve brassikasterol başta % 0,71 iken 10 kGy dozunda % 7,14 bulunmuş ve önemli oranda artmıştır ($P<0,01$).

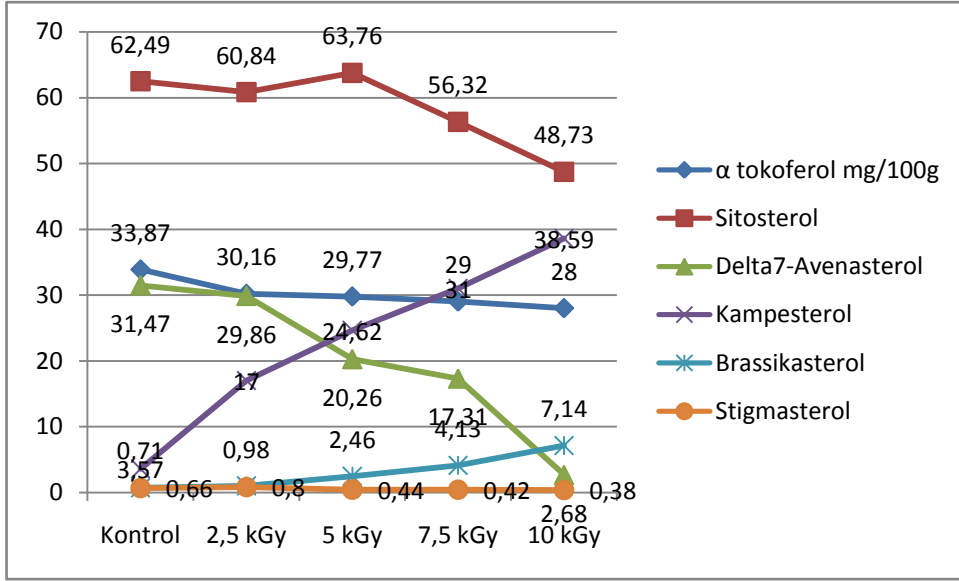
Çizelge 4.12. Kanola tohumlarının ışınlama dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri

Örnekler	Işınlama Dozu (kGy)	α tokoferol mg/100g	Sterol Kompozisyonu (%) ¹					
			Sitosterol	Delta5-Avenasterol	Delta7-Avenasterol	Kampesterol	Brassikasterol	Stigmasterol
Elvis	Kontrol	33,87 ± 0,01a	62,49 ± 0,04b	-	31,47 ± 0,01a	3,57 ± 0,01e	0,71 ± 0,01e	0,66 ± 0,01b
	2,5	30,16 ± 0,01b	60,84 ± 0,02c	-	29,86 ± 0,01b	17,00 ± 0,00d	0,98 ± 0,02d	0,80 ± 0,01a
	5	29,77 ± 0,01c	63,76 ± 0,02a	-	20,26 ± 0,01c	24,62 ± 0,01c	2,46 ± 0,02c	0,44 ± 0,01c
	7,5	29,00 ± 0,01d	56,32 ± 0,04d	-	17,31 ± 0,01d	31,00 ± 0,01b	4,13 ± 0,01b	0,42 ± 0,01cd
	10	28,00 ± 0,01e	48,73 ± 0,01e	-	2,68 ± 0,01e	38,59 ± 0,03a	7,14 ± 0,00a	0,38 ± 0,01d
	Işınlama etkisi	**	**	-	**	**	**	**

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir

* $P<0,05$ düzeyinde önemli; ** $P<0,01$ düzeyinde önemli; NS: Önemsiz

¹Tespit edilemeyen diğer steroller: Kolesterol, Sitostanol, Delta5,24-Stigmastadienol, Delta7-Stigmastenol, Delta5,23-Stigmastadienol



Şekil 4.16. Kanola tohumlarının ışınlatma dozlarına göre α -tokoferol ve sterol değerleri grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak ışınlama işleminin yağlı tohumlarda tatbikinin, ürünün genel anlamda serbest asitlik ve peroksit değerlerinde bir miktar artışa neden olduğu ve bu artışın özellikle 7,5 kGy doz ve üzeri uygulamalarda belirginleştiği görülmüştür. Serbest asitlik düzeyi oleik asit içeriği yüksek olan oleko çeşidi ayçiçeği tohumlarında ışınlama dozuna bağlı olarak diğer örneklerle kıyasla biraz daha fazla artmıştır.

Örneklerin yağ asidi kompozisyonları incelendiğinde ışınlama işleminin düşük dozlarda büyük farklılıklara yol açmadığı, yüksek doz uygulamalarında özellikle çoklu doymamış ve doymuş yağ asitlerinin artma eğilimi gösterdiği, oleik ve linoleik asit değerlerinin ise azaldığı belirlenmiştir.

α -tokoferol ve sterol değerleri incelendiğinde ışınlamanın genelinde α -tokoferol miktarının Califa tohumlarında en belirgin olmakla beraber düştüğü, sitosterol miktarının ise özellikle 7,5 ve 10 kGy dozlarında Armada ve Oleko tohumlarında yükseldiği, Califa ve Elvis tohumlarında düştüğü görülmüştür. Diğer sterol değerleri ışınlama ile farklı tohumlarda değişkenlik göstermiş, belirgin olarak Elvis tohumlarında Delta7- avenasterol miktarı düşerken kampesterol miktarı yükselmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Acar J. (1999). Mikroorganizmaların öldürülmesi. "Alınmıştır: Gıda Mikrobiyolojisi.(ed) Ünlütürk, A., Turantaş, F., Mangi Tan Basımevi, İzmir, 241-246."
- Ahn D.U. Olson D.G. Lee J.I. Jo C. Wu C. ve Chen X. (1998). Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatile in pork paties. J. Food Sci., 63, 15-19.
- Alkan H. (2003). Türkiye’de Endüstriyel Gama Işınlaması Uygulamaları, <http://www.gamma-pak.com.tr / kitap2003/19htm> (erişim tarihi: 17.03.2005).
- Alkan H.(1994). Gamma-Pak Co⁶⁰ Isınlama Tesisi Güvenlik Analiz Raporu.
- Anonim (1987). IUPAC-Standard Methods for The Analysis of Oils, Fats and Derivates, Edited by C. Paquat and A. Hautfenne 7th edn., Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford, London, Edinburg.
- Anonim (1993). AOCS, Offical methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society, 3rd edn., method Ce.2-66.
- Anonim (1997). High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy, a joint FAO/IAEA/WHO study group. Geneva, Switzerland. <http://www.who.int/foodsafety/publications> (erişim tarihi: 01 02 2008).
- Anonim (1999). Gıda Işınlama Yönetmeliği 6.11.1999, 23868 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim (2003). Ankara Nükleer Tarım ve Hayvancılık Araştırma Merkezi, Gıda Işınlama Kursu Notları, ANKARA 2003.
- Anonim (2008). Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal Üretim İstatistikleri, www.tuik.gov.tr (erişim tarihi: 25.04.2008).
- Anonim (2010). Tarım Türk Dergisi, Sayı:21, 52-54.

AOAC (2000). Official methods of analysis, 17th edn. Gaithersburg, MD, USA.

Bachir M.A. (2002). Effect of gamma irradiation on fungal load, chemical and sensory characteristics of walnuts, *Journal of Stored Products Research* Vol. 40 355-362.

Beaulieu M. Beliveau M. D'Aprano G. ve Lacroix M. (1999). Dose rate effect of gamma irradiation on phenolic compounds, polyphenol oxidase (PPO) and browning of mushrooms (*Agaricus Bisphorus*). *J. Agric. Food Chem.*, 47, 2537-2543.

Bhushan B. ve Thomas P. (1998). Quality of apples following gamma irradiation and cold storage. *Int. J. Food Sci.* 49, 485-492.

Byun M.W. Kang I.J. Kwon J.H. Hayashi Y. Mori T. (1994). Physicochemical properties of soybean oil extracted from gamma irradiated soybeans, *Radiat. Phys. Chem.* Vol. 47, No:2, 301-304.

Çolak F.A. (2006). Işınlamanın çörekotunun (*Nigella sativa L.*) bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

Diehl J.F (1995). *Safety of Irradiated Foods*, Marcel Dekker, New York.

Elgün A. Ertugay Z. (1992). Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları No:718, Ziraat Fak. Yayınları No:297 Erzurum.

Erkmen O. (2000). Kaliteli ve güvenli gıda üretimi için ışınlama yöntemi. *Dünya Gıda Dergisi*, Şubat, 58-61.

Farkas J. (1988). *Irradiation of dry food ingredients*. CRC Press, FL, 1-9, 25-36.

Farkas J. (1989). Microbiological safety of irradiated foods. *Int. J. Food Microbiol.*, 9, 1-15.

Farkas J. (1998). Irradiation as a method for decontaminating food a review, *International Journal of Food Microbiology*, 44, 189-204.

- Giroux M. Lacroix M. (1998). Nutritional adequacy of irradiated meat: a review. *Food Research Int.*, 31, 257-264.
- Gökalp H.Y. Ünsal M. Nas S. (2001). Bitkisel Yağ Teknolojisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:005, Denizli.
- Gölge E. Ova G. (2007). The effects of food irradiation on quality of pine nut kernels, *Radiation Physics and Chemistry* Vol. 77 365-369.
- Hagenmaier R.D. ve Robert A.B. (1997). Lowdose irradiation of cut iceberg lettuce in modified atmosphere packaging. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2864-2868.
- Hanis T. Jelen P. Klir P. Mnukova J. Perez B. ve Pesek M. (1989). Poultry meat irradiation. Effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms. *J. Food Prot.*, 52, 26-29.
- Hanis T. (2000). Bruyn IN The Application of High Dose Food Irradiation in South Africa, *Radiation Physics and Chemistry*.
- Hışıl Y (1988). Enstrumental Analiz Teknikleri. Ege Ün. Müh. Fak., çoğaltma yayın, 55, İzmir.
- Hong S.I. Kim J.Y. Cho S.Y. Park H.J. (2009). The effect of gamma irradiation on oleic acid in methyl oleate and food, *Food Chemistry*, 121, 93-97.
- Kamm W. Dionisi F. Fay L.B. Hischenhuber C. Schmarr H.G. Engel K.H. (2002). Rapid and simultaneous analysis of 16-0-methylcafestol and sterols as makers for assessment of green coffee bean authenticity by on-line LC-GC. *Journal of American Oil Chemist Society* 79, 1109-1113.
- Korel F. Orman S. (2005). Gıda ışınlanması, uygulamaları ve tüketicinin ışınlanmış gıdaya bakış açısı, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Dergisi* 9, 2, 19-27.

- Lacroix M. and Ouattara B. (2000) Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products – a review. *Food Research International*, 33, 719-724.
- Lagunas-Solar M.C. (1995). Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status, *Journal of Food Protection*, 58, 186-192.
- Mexis S.F. Badeka A.V. Chouliara E. Riganakos K.A. Kontominas M.G. (2008). Effect of gamma irradiation on the physicochemical and sensory properties of raw unpeeled almond kernels, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 87-92.
- Monk J.D. Beuchad L.R. Doyle M.P. (1995). Irradition inactivation of foodborne microorganisms, *Journal of Food Protection*, 58, 197-208.
- Olson D.G. (1998). Irradiation of Food, *Food Technology*, 52, 1, 56-62.
- Piggott J.R. and Othman Z. (1993). Effect of irradiation on volatile oils of black pepper, *Food Chem.*, 46, 115-119.
- Piskol ve Koca (1980). *Yem Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Ayçiçeği Tohumu ve Küspeleri 5-15, Ankara.
- Robertson J.A. Morrison W.H. Yon B.G. Shaw R.L. (1978). Flavor and chemical avaluation of potato chips fried in sunflower, cottonseed and palm oils. *Journal of Food Science* 43, 2, 420-423.
- Robertson J.A. Chapnon G.U. Wilson R.L. (1978). Relation of days after flowering to chemical composition and physiologian maturity of sunflower seed. *Journal of the American Oil Chemist's Society* 266-269
- Seung In Hong, Jee Young Kim, Seung Yong Cho, Hyun Jin Park (2010). The effect of gamma irrediation on oleic acid in methly oleate and food, *Food Chemistry* 121, 93-97.

- Soysal İ. (1992). Biyometrinin Temel Prensipleri, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fak. Yayınları, No:95, Tekirdağ.
- Sung W.C. (2005). Effect of gamma irradiation on rice and its food products. Radiat. Phys. Chem. 73, 224-228.
- Swern D. (1982). Baily's industrial oil and fat products, AWiley Interscience Publication, 2, 1-69.
- Taşan M. Geçgel Ü. (2007). Bitkisel yağların minör bileşenleri fitosteroller, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ.
- Topuz A. (2002). Farklı Gama Işınlama Dozlarının ve Depolamanın Kırmızı Pul Biberin (*Capsicum annuum L.*) Bazı Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya.
- Ünlütürk A. (1999). Genel İlkeler, kontaminasyonun önlenmesi ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Mikrobiyolojisi 165-170, İzmir.
- Yaqoob N. Bhatti I.A. Anwar F. Asi M.R. (2010). Oil Quality characteristic of irradiated sunflower and maize seed, Eur.J. Lipid Sci. Technol. 112, 488-495.

ÖZGEÇMİŞ

Pınar ÇATAL

1987 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2008 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden, 2010 yılında Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Dış Ticaret Bölümü'nden mezun oldu. 2008-2011 yılları arasında özel sektörde Gıda Mühendisi olarak çalıştı. 2011 yılı ocak ayı itibariyle özel sektörde Sorumlu Yönetici olarak görev yapmaktadır.

TEŞEKKÜR

Öncelikle araştırma konumun belirlenmesi ve yürütülmesinde büyük emek harcayan, her adımı bizzat takip ederek destek olan danışman hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Ümit GEÇGEL'e teşekkür ederim.

Sayın bölüm başkanım Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ'ye, hocalarım Doç. Dr. Murat TAŞAN, Doç. Dr. İsmayil YILMAZ ve Doç. Dr. Tuncay GÜMÜŐ'e ve tüm Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne, ayrıca GAMMA PAK A.Ő. ve Marmara Araştırma Merkezi'ne teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca yanımda olan ve daima destek olan eşim Murat ÇATAL'a, babam Nihat GÜLTEKİN'e, annem Fatma GÜLTEKİN'e, kardeşim Osman Nuri GÜLTEKİN'e ve yazım aşamasında uslu durduğu için biricik oğlum Ertuğrul Yavuz'a gönülden teşekkürler.

Pınar ÇATAL
2012-Tekirdağ