

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

DÖTERYUM OKSİTİN SICAKLIK, GAMA VE
ULTRAVİYOLE MARUZİYETLERİNE KARŞI YAĞ
ASİTLERİ PROFİLİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra EKMEKÇİ

İstanbul
Haziran- 2022

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

DÖTERYUM OKSİTİN SICAKLIK, GAMA VE ULTRAVİYOLE
MARUZİYETLERİNE KARŞI YAĞ ASİTLERİ PROFİLİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra EKMEKÇİ

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi İsmail Hakkı TEKİNER

İstanbul
Haziran – 2022

TEZ ONAYI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Beslenme ve Diyetetik Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr. Öğr. Üyesi İsmail Hakkı TEKİNER

Üye Doç. Dr. Mustafa YAMAN

Üye Doç. Dr. Dilek YALÇIN

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Metin TOPRAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Döteryum Oksitin Sıcaklık, Gama ve Ultraviyole Maruziyetlerine Karşı Yağ Asitleri Profiline Etkilerinin İncelenmesi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Kübra EKMEKÇİ

ÖN SÖZ

Tez çalışmam süresince akademik çalışmaya bakışımda farklı uzak görüşlülük kazandıran Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İsmail Hakkı TEKİNER'e, Eş Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin MUTLU'ya, kıymetli çalışma arkadaşlarım Büşra ÇALIK ve Nesibe Nur YALÇIN'a, eğitim hayatım süresince desteklerini esirgemeyen ebeveynlerim Elmas ve Tevfik EKMEKÇİ'ye ve İPAY Firması Kalite Güvence Sorumlusu Hatice BAĞDAŞ ve Marmara Bölge Satış Sorumlusu Zafer Şevki ERSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Kübra EKMEKÇİ

İstanbul-2022

ÖZET

**DÖTERYUM OKSİTİN SICAKLIK, GAMA VE ULTRAVİYOLE
MARUZİYETLERİNE KARŞI YAĞ ASİTLERİ PROFİLİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Kübra EKMEKÇİ

Yüksek Lisans, Beslenme ve Diyetetik

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İsmail Hakkı TEKİNER

Haziran, 2022 -82 Sayfa

Döteryum oksit (D_2O) doğada eser miktarda (%0,015) bulunan, nükleer reaktörlerde reaksiyon hızını ve ısı salınımını kontrol etmek için kullanılan normal suyun bir izotopudur. D_2O , biyoloji, tıp, farmasötik, veterinerlik ve biyoteknoloji alanlarında değerlendirilmek için araştırılmaya başlanmıştır. Ancak beslenme alanında çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu çalışmada, D_2O 'nun, sıcaklık, gamma ve ultraviyole maruziyetlerine karşı yağ asitleri profiline etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, dört adet cam şişeye 40 ml pastörize yumurta sarısı (PYS) (kontrol grubu) ile sıcaklık, gama ve ultraviyole maruziyetleri içinse ayrı üç adet cam şişeye (deney grubu) ise 40 ml PYS ve 6 ml D_2O konulmuş ve ağzaları kapatılmıştır. Şişeler 20 rpm/250 s Orbital çalkalayıcıda karışmaya bırakılmıştır. Karıştırmadan sonra, örnekler, 61,5°C/24 saat etüvde bekletilmiş ve ortalama 10 kGy (min. 5 kGy, maks. 15 kGy)/180 dk gama ile 120 dk (280-400 nm) ultraviyole ışımaya maruz bırakılmıştır. Stres uygulamaları sonrası gaz kromatografi-kütle spektrometri (GC-MS) yöntemi ile örneklerin doymamış yağ asitleri kompozisyonu (linolenik, linoleik, oleik, araşidonik ve dokosaheksaenoik asit) yarı-kantitatif analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, D_2O eklenmiş örneklerde doymamış yağ asitlerinin ısıl işleme karşı ortalama %98,9, gama ve UV radyasyona karşı ise sırasıyla ortalama %97,5 ve %96,0 oranlarında degrade olmadığını göstermiştir. Özetle, D_2O 'nun beslenme biliminde besin öğelerinin stabilitesine potansiyel etkisinin ileri testler ile araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Döteryum oksit, Doymamış Yağ Asitleri, Gamma, Ultraviyole, Sıcaklık

ABSTRACT

INVESTIGATION OF EFFECTS OF DEUTERIUM OXIDE ON FATTY ACIDS PROFILE AGAINST TEMPERATURE, GAMMA AND ULTRAVIOLET EXPOSURE

Kübra EKMEKÇİ

Master, Nutrition and Dietetics

Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. İsmail Hakkı TEKİNER

June, 2022- 82 Pages

Deuterium Oxide (D_2O) is an isotope of the regular water present at trace amounts (0.015%) in nature that is used to control the reaction kinetics and heat released in the nuclear reactors. The potential utilization of D_2O has been investigated in biological, medical, pharmaceutical, veterinary, and biotechnological fields. However, it remains unclear in the nutritional area. This study aims to evaluate the effect of D_2O on the unsaturated fatty acids composition of the pasteurized egg yolk (PEY) exposed to temperature, gamma, and ultraviolet stress factors. Four glass bottles (control group) were filled with 40 ml of PEY only. In comparison, three separate glass bottles (experimental group) were prepared with 40 ml of PEY and 6 ml of D_2O against Temperature, gamma, and ultraviolet radiation exposures, respectively. The bottles were allowed for shaking at 20 rpm/250 s and then separately exposed to temperature 61.5°C for 24 h, gamma radiation (ave. 10 kGy/180 min; min. five kGy and max. 15 kGy), and ultraviolet radiation for 120 min by ta UV light source (280-400 nm). After that, the samples' unsaturated fatty acid composition (linolenic, linoleic, oleic, arachidonic, and docosahexaenoic acid) was determined semi-quantitatively by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The findings revealed that the average undegraded frequencies of the unsaturated fatty acids, including D_2O , were 98.9% under temperature, 97.5% under gamma, and 96% under ultraviolet. In summary, we concluded that the potential stabilizing effect of D_2O on nutrients from the nutritional science aspect should be examined with further tests.

Keywords: Deuterium oxide, Unsaturated Fatty Acids, Gamma, Ultraviolet, Temperature

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	ii
ÖN SÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
-------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

DÖTERYUM OKSİT, STRES FAKTÖRLERİ VE YAĞ ASİTLERİ	3
2.1 Yağ Asitlerinin Yapısı ve Özellikleri.....	3
2.1.1 Doymuş Yağ Asitleri.....	5
2.1.1.1 Bütirik Asit.....	6
2.1.1.2 Kaproik Asit	7
2.1.1.3 Kaprilik Asit.....	7
2.1.1.4 Kaprik Asit	8
2.1.1.5 Laurik Asit	9
2.1.1.6 Miristik Asit	10
2.1.1.7 Palmitik Asit	11
2.1.1.8 Stearik Asit.....	11
2.1.2 Tekli Doymamış Yağ Asitleri	13
2.1.2.1 Oleik Asit	13
2.1.2.2 Palmitoleik Asit.....	14
2.1.3 ω -6 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri	15
2.1.3.1 Linoleik Asit	15
2.1.3.2 α - Linolenik Asit	16
2.1.3.3 Araşidonik Asit	17
2.1.4 ω -3 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri	18

2.1.4.1 Dokosaheksaenoik Asit.....	18
2.1.4.2 Eikosapentaenoik Asit.....	19
2.1.4.3 Dokosapentaenoik Asit	20
2.2 Yağ Asitlerinin Stres Faktörlerine Karşı Davranışları.....	20
2.2.1 Sıcaklık.....	21
2.2.2 Gama ve Ultraviyole Işımaları	23
2.2.3 Diğer Stres Faktörleri	25
2.3 Yumurta ve Nutrisyonel Değeri.....	25
2.4 Döteryum Oksit ve Özellikleri.....	27

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM.....	31
3.1 Gereç	31
3.1.1 Döteryum Oksit	31
3.1.2 Pastörize Yumurta Sarısı	31
3.2 Yöntem(ler).....	32
3.2.1 Örnek Hazırlama	32
3.2.2 Isıl İşlem Maruziyeti	33
3.2.3 Gama Işıması Maruziyeti	33
3.2.4 Ultraviyole Işıması Maruziyeti.....	33
3.2.5 GC-MS ile Yağ Asitleri Analizi.....	33
3.2.5.1 Gereç	33
3.2.5.2 Örnek Hazırlama	34
3.2.6 İstatistik Analiz.....	35

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR.....	36
4.1 Sıcaklık Maruziyeti Bulguları	36
4.1.1 Tekli Doymamış Yağ Asitleri Sıcaklık Bulguları	36
4.1.2 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri Sıcaklık Bulguları.....	36
4.2 Gama Işıması Maruziyeti Bulguları	37
4.2.1 Tekli Doymamış Yağ Asiti Bulguları	37
4.2.2 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri Bulguları.....	37
4.3 Ultraviyole Işıması Maruziyeti Bulgular	38
4.3.1 Tekli Doymamış Yağ Asiti Bulguları	38

4.3.2 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri	38
4.4 İstatistik Bulgular	39

BEŞİNCİ BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA	40
--	-----------

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ.....	48
-------------------	-----------

KAYNAKÇA	49
-----------------------	-----------

EKLER.....	69
-------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ.....	71
----------------------	-----------

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Yağ Asitleri.....	4
Tablo 2.2: Yumurta ve Yumurta Sarısının Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	27
Tablo 2.3: D ₂ O Üzerine Alanyazında Mevcut Araştırmalar.....	30
Tablo 3.1: Ürünün Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları	32
Tablo 3.2: GC-MS Parametreleri	34



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Karboksilik Asit.....	3
Şekil 2.2: Bütirik Asit	6
Şekil 2.3: Kaproik Asit.....	7
Şekil 2.4: Kaprilik Asit	7
Şekil 2.5: Kaprik Asit.....	8
Şekil 2.6: Laurik Asit	9
Şekil 2.7: Miristik Asit.....	10
Şekil 2.8: Palmitik Asit	11
Şekil 2.9: Stearik Asit	12
Şekil 2.10: Oleik Asit.....	14
Şekil 2.11: Palmitoleik Asit	15
Şekil 2.12: Linoleik Asit	16
Şekil 2.13: α - Linolenik Asit.....	17
Şekil 2.14: Araşidonik Asit.....	17
Şekil 2.15: Dokosaheksaenoik Asit	19
Şekil 2.16: Eikosapentaenoik Asit	19
Şekil 2.17: Dokosapentaenoik Asit.....	20
Şekil 2.18: Elektromanyetik Dalga Spektrumu.....	24
Şekil 3.1: İPAY SBÜ 02 PYS	31
Şekil 4.1: Sıcaklık uygulaması sonrası degrade olmayan tekli doymamış yağ asiti oranı (%).....	36
Şekil 4.2: Sıcaklık uygulaması sonrası degrade olmayan çoklu doymamış yağ asitleri oranı (%).....	36
Şekil 4.3: Gama ışınması sonrası degrade olmayan tekli doymamış yağ asiti oranı (%).....	37
Şekil 4.4: Gama ışınması sonrası degrade olmayan çoklu doymamış yağ asitleri oranları (%).....	37
Şekil 4.5: UV ışınması sonrası degrade olmayan tekli doymamış yağ asiti oranı (%)	38
Şekil 4.6: UV ışınması sonrası degrade olmayan çoklu doymamış yağ asitleri oranları (%).....	38

KISALTMALAR LİSTESİ

AA	: Araşidonik Asit
AHA	: American Hearth Association
AI	: Günlük Alım
ALA	: Alfa Linoleik Asit
cis- MUFA	: cis- Tekli Doymamış Yağ Asidi
ÇDYA	: Çoklu Doymamış Yağ Asidi
DHA	: Dokosaheksaenoik Asit
DPA	: Dokosapentaenoik Asit
DYA	: Doymuş Yağ Asitleri
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
HDL	: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
İPAY	: İzmir Pastörize Yumurta
LA	: Linolenik Asit
UZYA	: Uzun Zincirli Yağ Asitleri
LDL	: Düşük Yoğunluklu Lipoproteinler
OZYA	: Orta Zincirli Yağ Asidi
PA	: Palmitik Asit
PYS	: Pastörize Yumurta Sarısı
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TDYA	: Tekli Doymamış Yağ Asitleri
UV	: Ultraviyole
Vb	: Ve birçok
Vd	: Ve diğerleri
YA	: Yağ Asidi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Su (H_2O), canlı fizyolojik süreçleri için yaşamsal öneme sahip bir maddedir. Normal su iki hidrojen (H) ve bir oksijen (O) atomundan oluşur. 1930'larda keşfedilen döteryum oksit (D_2O) doğal sudaki hidrojen atomlarının yaklaşık %0,015'ini oluşturmaktadır. Ağır su (Döteryum oksit, D_2O) ve normal su birbirlerinin izotopları olup, fiziko-kimyasal özellikler bakımından farklılık gösterirler. D_2O molekülü endüstri, biyoloji ve tıpta büyük bir ilgi uyandırmaktadır. D_2O , H_2O 'dan nispeten daha viskoz olup ve daha yüksek erime ve kaynama noktalarına sahiptir, ancak diğer fiziksel özelliklerdeki farklılıklar bu kadar belirgin değildir (Bila vd., 2017).

Yüksek ortam sıcaklığı ve soğuk zincirin kırıldığı iklim koşullarında biyomoleküllerin ve dokuların korunması son derece önemlidir (Singha vd., 2014). Bu bağlamda, D_2O ; aşı, enzimler, antijenler, antikor vb. biyolojik makromoleküllerin sıcaklık ve zamana bağlı stabiliteyi korumak için kullanılmaya başlanmıştır. İlaveten, D_2O 'nun bakteriler, mayalar ve küfler gibi mikroorganizmaların gelişme hızını düşürmektedir (Kleemann vd., 2020).

Döteryumun benzersiz özellikleri, biyolojik sistemler üzerinde önemli bir etki yaratabileceğini göstermiştir. İnsan sağlığı ile ilgili, D_2O , pankreas kanserine karşı terapötik ajan (Bader vd., 2008), toplam vücut suyunun belirlenmesi (Bila vd., 2016) ve makromoleküllerin, hücrelerin ve dokunun termal stabilitesinin artırılması gibi çok çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. D_2O , normal su ile organizma fizyolojisi süreçlerinde benzer roller oynamakla birlikte, yüksek dozlarında toksik etki gösterebilir (Pfrimer vd., 2011). D_2O 'nun lipid oksidasyon hızı üzerindeki etkisi olan ve yağ oksidasyonu neticesi üretilen volatil organik bileşiklerin (VOC) ortaya çıkışındaki rolü olduğu görülmüştür (Kim vd., 2014).

Yumurta birçok kültürde temel gıda maddesidir. Kaliteli protein, lipid, vitamin ve mineral içeriği ile zengin bir besin kaynağıdır (Simeanu vd., 2019). Yumurta sarısı lipidleri, nispeten yüksek konsantrasyonda çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) nedeniyle oksidasyona daha duyarlıdır (Abreu vd., 2014).

Özellikle oda sıcaklığında uzun süreli depolama, yumurtalarda kalite ve besin ögesi kaybı (Akyurek ve Okur, 2009), lipid ve protein oksidasyonu gibi çeşitli değişikliklere neden olabilir (Botsoglou vd., 2013; Ren vd., 2013). Çeşitli çalışmalar, işleme yöntemlerinin yumurta sarısının lipid oksidasyonunu önemli ölçüde etkilediğini ve çırpılmış yumurtalarda, katı yumurtalara kıyasla oksidasyon seviyelerinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (Cortinas vd., 2003). Yapılan bir çalışmada yumurtaların ısı işleminin sonucunda ÇDYA içeriğinde azalma olduğunu bildirmiştir. Şimdiye kadar tavuk yumurtası depolaması sırasında lipitlerin lipolizi ve oksidasyonu hakkında çok az sistematik bilgi bulunmaktadır.

Beslenme bilimi alanında ise D₂O'nun önemli besin ögesi moleküllerinin stabilitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalara rastlanmamaktadır (Pant vd., 2020). Bu çalışmada, D₂O'nun, sıcaklık, gamma ve ultraviyole maruziyetlerine karşı yağ asitleri profiline etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

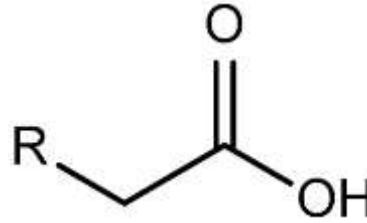
İKİNCİ BÖLÜM

DÖTERYUM OKSİT, STRES FAKTÖRLERİ VE YAĞ ASİTLERİ

2.1 Yağ Asitlerinin Yapısı ve Özellikleri

Yağ asitleri (YA), bir ucunda bir karboksil grubu ve diğer ucunda bir metil grubu bulunan, değişen uzunluklarda ve doymamışlık derecelerinde (çift bağların varlığı) hidrokarbon zincirleridir. Karbonlar genellikle karboksil grubundan metil (ω veya n) grubuna kadar numaralandırılır. Hidrokarbon zincirinin uzunluğu 2 ila 30 karbon arasında değişebilir. Kısa zincirli yağ asitleri 6'dan az karbona sahiptir, orta zincirli yağ asitleri (OZYA) 6-12 karbona sahiptir ve uzun zincirli yağ asitleri (UZYA) 12'den fazla karbona sahiptir. Doymamışlığın derecesi bir çift bağdan (tekli doymamış yağ asitleri veya TDYA'lar) iki veya daha fazlasına (çoklu doymamış yağ asitleri veya ÇDYA'lar) kadar değişebilir. ÇDYA'lardaki çift bağların dizisi genellikle değişen metilen grupları tarafından kesintiye uğrar. Çift bağların sayısı, konumu ve yönelimi, YA zincirini eğiltebilir, böylece lipid membranlardaki paketlenmesini ve erime sıcaklığı gibi biyofiziksel özelliklerini değiştirebilir (Şekil 2.1) (Stice, 2019).

Şekil 2.1' de karboksilik asit fonksiyonel grubunun kimyasal yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Karboksilik Asit

Kaynak: PubChem, 2022a

Yağ asitlerinin sistematik isimlendirmesi, yaygın isimleri ve kısaltmalarının gösterimi ile ilgili bilgi Tablo 2.1' de sunulmaktadır.

Tablo 2.1: Yağ Asitleri

Doymuş yağ asitleri		
Sistemantik İsimlendirme	Yaygın İsim	Kısaltma
Bütanoik asit	Bütirik asit	4:0
Heksanoik asit	Kaproik asit	6:0
Oktanoik asit	Kaprilik asit	8:0
Dekanoik asit	Kaprik asit	10:0
Dodekanoik asit	Laurik asit	12:0
Tetradekanoik asit	Miristik asit	14:0
Pentadekanoik asit	Pentadesilik asit	15:0
Heksadekanoik asit	Palmitik asit	16:0
Heptadekanoik asit	Margarik asit	17:0
Oktadekanoik asit	Stearik asit	18:0
Cis-Tekli Doymamış Yağ Asitleri (Cis-TDYA)		
Sistemantik İsimlendirme	Yaygın İsim	Kısaltma
Heksadekenoik asit	Palmitoleik asit	16:1 Δ 9c
Oktadekenoik asit	Oleik asit	18:1 Δ 9c (n-9; ω 9)
Eikosenoik asit	Gadoleik asit	20:1 Δ 9c
Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (ÇDYA)		
n-6 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (n-6 ÇDYA)		
Sistemantik İsimlendirme	Yaygın İsim	Kısaltma
Oktadekadienoik asit	Linoleik asit	18:2 Δ 9c,12c (n-6; ω 6)
Oktadekatrienoik asit	γ -Linolenik asit	18:3 Δ 6c,9c,12c (n-6; ω 6)
Eikosatetraenoik asit	Araşidonik asit	20:4 Δ 5c,8c,11c,14c (n-6; ω 6)
n-3 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (n-3 ÇDYA)		
Sistemantik İsimlendirme	Yaygın İsim	Kısaltma
Oktadekatrienoik asit	a-Linolenik	18:3 Δ 9c,12c,15c (n-3; ω 3)
Eikosapentaenoik asit	EPA	20:5 Δ 5c,8c,11c,14c,17c (n-3; ω 3)
Dokosapentaenoik asit	DPA	22:5 Δ 7c,10c,13c,16c,19c (n-3; ω 3)
Dokosaheksaenoik asit	DHA	22:6 Δ 4c,7c,10c,13c,16c,19c (n-3; ω 3)
Konjuge Linoleik Asit		
Sistemantik İsimlendirme	Yaygın İsim	Kısaltma
Oktadekadienoik asit	Rumenik asit	18:2 Δ 9c,11t
Oktadekadienoik asit		18:2 Δ 10t,12c

Kaynak: EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010

Farklı gıdaların sağlık etkilerini karakterize etmek için yağ asidi bileşimine dayalı olarak farklı endeksler kullanılabilir. Aterojenite indeksi (IA), ana doymuş (yani, çoğunlukla pro-aterojenik) FA'lerin toplamı ile ana doymamış (yani, çoğunlukla anti-aterojenik) FA'lerin toplamı arasındaki ilişkiyi içerir. Trombojeniklik indeksi (IT), farklı oranlarda pro-trombojenik (yani, çoğunlukla doymuş) ve anti-trombojenik (MUFA'lar, n-3 ve n-6 PUFA'lar) FA'lar içeren gıdaların trombojenik potansiyelini yansıtır (Chen ve Liu, 2020; Szabo vd., 2022).

Kaprik asit bir diyet besin bileşenidir. İnsan patojenik maya *Candida albicans*'ta morfogenez, adezyon ve biyofilm oluşumu gibi virülans faktörlerini inhibe ettiği bildirilmiştir (Jadhav vd., 2017).

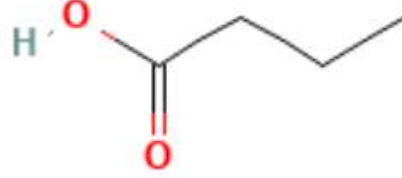
Keton cisimleri kan-beyin bariyerini geçer, nöronlara girer ve oksidatif fosforilasyon yoluyla mitokondride ATP üretilir. Bu nedenle kaprik asit, nörodejeneratif bir hastalık olan ve demansın en yaygın şekli olan Alzheimer Hastalığında (AH) önemli bir besindir (Moura vd., 2020). Kaprik asit genel olarak keton düzeylerinden bağımsız olarak oksidatif stres düzeylerini doğrudan azaltır ve böylece nöronal sağlığı geliştirebilir (Mett ve Müller, 2021). Bu bölümde, YA moleküler yapı çizimleri PubChem veri tabanından alınmıştır (PubChem, 2022a).

2.1.1 Doymuş Yağ Asitleri

Doymuş yağ asitleri (DYA), vücut tarafından sentezlenir ve diyet ile besinlerle alınması elzem değildir. Doymuş yağ, YA zincirlerinin tümü veya ağırlıklı olarak tek bağlara sahip olduğu bir yağ türüdür. MCFA, hindistancevizi yağı, hurma çekirdeği yağı, keçi sütü ve koyun sütü gibi diyet yağı kaynaklarında bulunur ve genellikle diyet formlarında orta zincirli trigliseritler olarak adlandırılır. Klinik ve kemirgen çalışmaları, OZYA alımının, OZYA'nın UZYA'ya göre artan β -oksidasyonu yoluyla kısmen obeziteyi, azaltabileceğini düşündürmektedir (Žáček vd., 2019). OZYA'ların aynı zamanda diyabet, immün sistem ve mikrobiyota üzerine olumlu etkileri olduğu düşünülmektedir (Roopashree vd., 2021).

2.1.1.1 Bütirik Asit

Bütirik asit ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$); kimya, besin, ilaç ve hayvan yemi endüstrilerinde önemli uygulamalara sahip anaerobik bakteriler tarafından doğal olarak üretilen kısa zincirli uçucu bir YA' dir (Şekil 2.2) (Jiang vd., 2018).



Şekil 2.2: Bütirik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022b

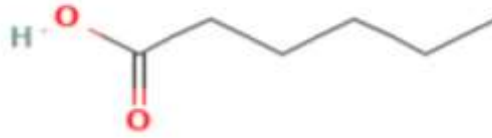
Kısa zincirli yağ asitleri 6'ya kadar karbon atomu içerir. Bunlar arasında, bütirik asit, bağırsak etkilenmesi olan patolojilerde kilit rolü ile öne çıkmaktadır. Bütirik asit, kolonositin ana enerjik substratıdır, kolonda sodyum ve su emilimini uyarır ve bağırsak hücreleri üzerinde trofik etki yaratır. Bütirik asit ile oral takviye kullanımı, inflamatuvar bağırsak hastalıkları ve irritabl bağırsak sendromu gibi patolojilerde umut verici bir tedavi yöntemidir. Kabul edilebilir organoleptik özelliklere sahip biyoyararlı bütirik asit formülasyonları geliştirilmektedir (Manrique Vergara ve González Sánchez, 2017).

Bütirik asit, diyabet tedavisinde kullanılan ilaçların yanı sıra hastalığın olumsuz etkilerine karşı koyarak bağırsak fonksiyonlarını faydalı bir şekilde modüle edebilir (Stachowska vd., 2021).

Son yirmi yılda lipid bozukluklarının etiyolojisinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bununla birlikte, belirli KZYA'ların liporegülatör fonksiyonlarının keşfi, klinik uygulamalarda ilgi uyandırmıştır. Özellikle bütirik asit klinik olarak değerlendirilmiştir. Etki tarzlarının merkezinde BA, bir histon deasetilaz (HDAC) inhibitörü olarak işlev görüyor gibi görünmektedir. Daha fazla araştırma alanları, BA ve PBA'nın adipogenez, lipoliz ve apolipoprotein metabolizması üzerindeki etkilerini içerir (He ve Moreau, 2019).

2.1.1.2 Kaproik Asit

Kaproik asit; yem katkı maddesi, antibiyotik ikamesi ve korozyon önleyici olarak uygulamaları olan ve ayrıca koku, aroma, yakıt ve plastikleştirici üretimi için ham madde olarak kullanılan altı karbonlu OZYA' dır (Şekil 2.3) (Candry vd., 2020).



Şekil 2.3: Kaproik Asit

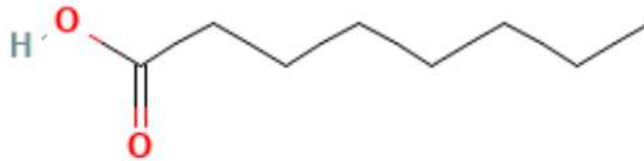
Kaynak: Pubchem, 2022c

İlginç bir şekilde, kaproik asidin hayvanlarda disbiyozis ve patojenik bakterilerin yayılmasına karşı koruma sağladığı daha önceden gösterilmişti. İnsanlarda, fekal kaproik asit düzeylerinin, CVD riski ile ilişkili kronik bir inflamatuvar durum olan Crohn hastalığı aktivitesi ile ters orantılı olduğu yakın zamanda gösterilmiştir (El-Far vd., 2021).

Buna karşılık, kaproik asit (CA) dahil olmak üzere OZYA, TH1 ve TH17 farklılaşmasını destekleyerek, KZYA'ların anti-inflamatuvar aktivitelerini antagonize edebilir (Saresella vd., 2020; Guadamuro vd., 2021).

2.1.1.3 Kaprilik Asit

Kaprilik asit (oktanoik asit, C8:0) OZYA sınıfına aittir. Süt ürünleri ve hindistan cevizi yağı gibi özel yağlar diyetdeki kaprilik asidin doğal kaynaklarıdır (Şekil 2.4) (Lemarié vd., 2018).



Şekil 2.4: Kaprilik Asit

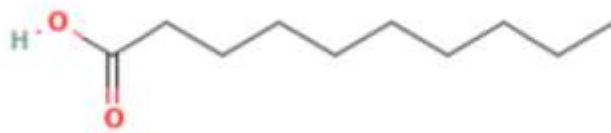
Kaynak: Pubchem, 2022ç

Kaprilik asit Hindistancevizi ve keçi sütünde yüksek oranda bulunur. Aynı zamanda grelin hormonunun translyasyon sonrası değiştiricisidir ve insan dokularında eser miktarlarda üretilir. Kaprilik asit, HGG ile ilişkili nöbetlerin tedavisinde kullanılan ve epidemiyolojik gözlemlere göre GBM hastalarında sağkalımı artırabilen antiepileptik valproik asidin düz zincirli bir izomeridir. Test edilen valproik asit analogları arasında kaprilik asit, in vitro olarak C6 astrositoma hücre büyümesini bloke eden en güçlü moleküldür ve in vivo Pozitron Emisyon Tomografisi ile gösterildiği gibi glial hücreler içinde seçici olarak birikir. Kaprilik asit, hem sağlıklı karaciğerde hem de kötü huylu karaciğer hücrelerinde glikolizi bloke eder, bu ikincisinde daha belirgindir ve ayrıca kan şekerini düşürür. Kaprilik asit, çeşitli nörodejeneratif hastalık modellerinde nöroprotektif ve mitokondri koruyucu etkiler uygular. Klasik ketojenik metabolik tedavi sırasında toksik olmayan seviyelerde kaprilik asit enjeksiyonları, mitokondriyal ve diğer metabolik yolların farklı programlanması yoluyla antitümör eylemleri güçlendirebilir ve sistemik toksisiteyi azaltabilir (Lemarié vd., 2018; Altınoz, Ozpınar ve Seyfried, 2020; Seyfried vd., 2021).

Kaprilik asit, bağırsak yolunda eksojen kolesterol emilimini azaltabilir ve kan kolesterolü metabolizmasını iyileştirebilir (Xu vd., 2018).

2.1.1.4 Kaprik Asit

Kaprik asit (dekanoik asit veya C10 olarak da bilinir), diyet yağlarında yaygın olarak bulunan orta zincirli trigliserit olan YA' lerinden biridir (şekil 2.5) (Shoji vd., 2022).



şekil 2.5: Kaprik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022d

Kaprik asit bir diyet besin bileşenidir. İnsan patojenik maya *Candida albicans*'ta morfogenez, adezyon ve biyofilm oluşumu gibi virülans faktörlerini inhibe ettiği bulunmuştur (Jadhav vd., 2017).

Keton cisimlerinin oluşumundan sorumlu mekanizmalardan biri, portal sistem tarafından hızla emildiğinden ve karaciğerde beta oksitlendiğinden, keton cisimleri oluşturan fazla asetil-koA ürettikleri için, normal öğünlere eklendiğinde bile kaprik asit kullanımınıdır. Keton cisimleri kan-beyin bariyerini geçer, nöronlara girer ve oksidatif fosforilasyon yoluyla mitokondride ATP üretir. Bu nedenle kaprik asit, nörodejeneratif bir hastalık olan ve demansın en yaygın şekli olan Alzheimer hastalığında (AH) da önemli bir besindir (Moura vd., 2020). Kaprik asit genel olarak keton düzeylerinden bağımsız olarak oksidatif stres düzeylerini doğrudan azaltır ve böylece nöronal sağlığı geliştirebilir (Mett ve Müller, 2021).

2.1.1.5 Laurik Asit

Laurik asit en güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip OZYA' dır. Hindistan cevizi ve hurma çekirdeği yağları laurik asitin temel kaynakları olarak kabul edilir (Şekil 2.6) (Borrelli vd., 2021).



Şekil 2.6: Laurik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022e

Alzheimer hastalığı, hasta beyinlerindeki Ap fibrillerinin varlığı ile ilişkili olsa da, ajanların öncüleri, gözenekler oluşturabilen veya hücre zarlarını başka şekilde bozabilen çözümler oligomerler olması daha olasıdır. Laurik asit, hem halka benzeri hem de fiçı biçimli modelleri stabilize eder, etkisi fiçı benzeri modeller için halka benzeri oligomerlere göre daha güçlüdür (Khatua, Jana ve Hansmann, 2021).

Laurik asit (LA; C12:0) orta zincirli doymuş bir yağ asididir ve hindistancevizi ve palmye yağları gibi tropikal yağların ana bileşenidir ve düşük yoğunluklu lipoprotein-kolesterolü (LDL-C) ve yüksek yoğunluklu lipoprotein-kolesterolü (HDL-C) yükselten yağ asidi olduğundan kolesterol yükseltici etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak, LA toplam kolesterol seviyelerini artırır ve KVH riskini tahmin etmek için önemli olan toplam kolesterol / HDL-C oranında iyileşmelere yol açar ve daha yüksek HDL kolesterol ile KVH riskini düşürür. Bu nedenle, LA'nın dislipidemi açısından kardiyovasküler etkisi, zarar vermekten çok iyi huylu olabilir (Alfhili ve Aljuraiban, 2021).

Laurik asit tedavisi, onkojenik miRNA'nın ekspresyonunu baskılar ve bazı tümör baskılayıcı miRNA'ların ekspresyonunu önemli ölçüde yukarı regüle eder. Onkojenik miRNA'lar, hücre döngüsü faz geçişi, apoptotik sinyal yolu, hücre büyümesi, oksidatif strese yanıt, immün yanıtı aktive eden hücre yüzeyi protein sinyal yolu, sikline bağımlı protein kinaz aktivitesi, epidermal büyüme faktörü reseptörü sinyal yolları vb. gibi kanserle ilişkili yolu düzenler. Laurik asit, miRNA'ların ifadesini değiştirerek bir antikanser ajanı olarak çalışır (Verma vd., 2020).

2.1.1.6 Miristik Asit

Uzun zincirli DYA olan miristik asit (14:0), süt yağında en bol bulunan yağ asitlerinden biridir (%10'un üzerinde) (Verruck vd., 2019). Bu YA vücutta yağ biriktirmesiyle bilinir ancak tüketimi de kalp damar sağlığını olumlu etkiler. Bu davranış, büyük ölçüde diyetdeki DYA ve basit diyet karbonhidratları arasındaki dengeden etkilenir (Ruiz-Núñez vd., 2016). Miristik asit, insan vücudundaki önemli metabolik süreçleri kontrol eden translasyon sonrası protein değişiklikleri ve mekanizmalarında doğrudan yer alır (Lemarié vd., 2018; Ruiz-Núñez vd., 2016).

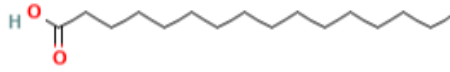


Şekil 2.7: Miristik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022f

2.1.1.7 Palmitik Asit

Palmitik asit (PA), moleküler formülü $C_{16}H_{32}O_2$ olan 16 karbonlu uzun zincirli DYA' dir (Fatima vd., 2019). PA, diyetle bulunan ve endojen olarak sentezlenen DYA' dir. Toplam YA içeriğinin %44-52'sini oluşturur Erişkinlerde sıklıkla kronik hastalık üzerinde olumsuz etkileri olduğu düşünülse de 16:0 protein palmitoilasyonunda ve sinyal moleküllerinde çok önemli rollere sahip zar, salgı ve taşıma lipidlerinin temel bir bileşenidir (Şekil 2.8) (Innis, 2016).



Şekil 2.8: Palmitik Asit

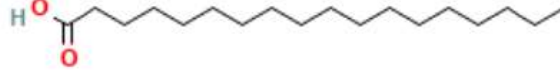
Kaynak: Pubchem, 2022g

PA aynı zamanda, fıstık yağındaki toplam yağ asidi içeriğinin yaklaşık %13'ünü, tereyağında %65'ini, domuz yağında %42'sini, don yağında %53'ünü, soya fasulyesinde %15'ini oluşturan birçok yaygın diyet yağında bulunan yaygın bir doymuş yağ asididir. PA insan vücudundaki en yaygın doymuş yağ asididir ve vücuttaki doymuş yağ asitlerinin yaklaşık olarak %65'ini ve serumdaki toplam yağ asitlerinin %28-32'sini oluşturur. Ortalama olarak, 70 kg'lık sağlıklı bir erkek, 3,5 kg PA'dan oluşur. Vücudumuzdaki PA, diyetle sağlanır veya karbonhidratlardan, amino asitlerden ve diğer yağ asitlerinden endojen olarak sentezlenir. Son kanıtlar, insan diyetinde yaygın bir yağ asidi olan palmitik asidin (PA), moleküler düzeyde birçok hastalığın ilerlemesini ve gelişimini düzenleyen bir sinyal molekülü olarak hareket ettiğini göstermektedir (Fatima vd., 2019; Meng vd., 2019; Ghezzal vd., 2020).

2.1.1.8 Stearik Asit

Stearik asit, $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ formülüyle gösterilen DYA' dir. Çoğu hayvan ve bitkiden elde edilen katı-sıvı yağlarda, ekseriya gliserid stearin şeklinde bulunur. Sanayide yağların su buharıyla hidrolize uğratılmasıyla elde edilir. İçinde bir miktar PA ve oleik asit, yabancı madde olarak kalır. Saf madde olarak fraksiyonlu

destilasyonla ayrılabilir. Stearik asit ve bileşikleri, özellikle tuzları (stearatları) ticari öneme sahiptir (Uçurum ve Malgır, 2017). Batı diyetinde PA' den sonra en çok tüketilen DYA' dir. Stearik asit hayvansal kaynaklı besinlerde ve kakaoda yüksek oranda bulunur (Şekil 2.9) (van Rooijen ve Mensink, 2020).



Şekil 2.9: Stearik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022ğ

Yapılan çalışmalarda; DYA alımının, bağışıklık yollarının aktivasyonu yoluyla proinflatuar mediatörlerin aktivitesini ve/veya konsantrasyonunu arttırdığı gösterilmiştir (DiNicolantonio ve O'Keefe, 2017; Berg, Seyedsadjadi ve Grant, 2020).

Stearik asit alımı, profibrotik sinyali düzenleyerek antifibrotik aktivite gösterebilir (Kim vd., 2021).

Oleik asit/DYA oranı, obez olmayan bireylerde insülin direnci için yararlı bir belirteç olabilir (Moriyama vd., 2021).

Bununla birlikte, diyetle stearik asit alımı ateroskleroz riskini artırmaz ve hatta LDL kolesterolü düşürür. Dolaşımdaki stearik asitin artan seviyeleri, kan basıncının düşmesi, kalp fonksiyonlarının iyileşmesi ve kanser riskinin azalması ile ilişkilidir. Diğer doymuş yağ asitlerinden farklı olarak ve doymuş yağ asitlerinin zararlı olduğuna dair olan genel inancın aksine, stearik asitin insan sağlığı üzerinde bazı faydalı etkileri olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, moleküler mekanizmaları net değildir. Yakın zamanda stearik asitin mitokondriyal morfolojiyi düzenlediğini ve Drosophila'da ve insan hücrelerinde sinyal yolu aracılığıyla işlev gördüğü görülmüştür (Senyilmaz-Tiebe vd., 2018; van Rooijen vd., 2021).

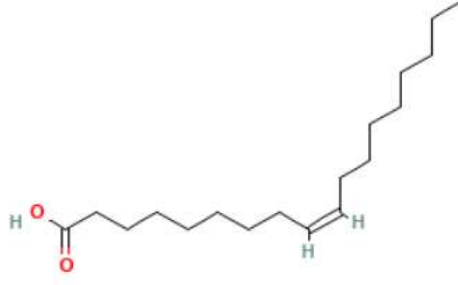
2.1.2 Tekli Doymamış Yağ Asitleri

DYA'leri hidrokarbon zincirinde çift bağ içermezken, doymamış YA bir ile beş çift bağ içerir. Bir çift bağa sahip olanlar, Tekli Doymamış Yağ Asitleri (TDYA) olarak bilinmektedir. Diğer YA gibi, TDYA da bağırsaktan neredeyse tamamen emilir ve oksitlenir (enerji üretimi için), diğer YA'lerine dönüştürülür veya doku lipidlerine dahil edilir. İnsanlar TDYA'yı vücutlarında sentezleyebilir. TDYA içeriği yüksek olan besinlerden başta zeytinyağı olmak üzere badem, fındık, ceviz, avokado diyetle alınan başlıca besin kaynaklarıdır. Yüksek yağlı diyet alımı ile serbest YA ve hepatik de novo lipogenez artmaktadır (Yalçımın Öcal, 2019). TDYA'nin düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol üzerindeki etkileri nötral olmasına karşın, yüksek yoğunluklu lipoproteini (HDL) artırıcı etki etmektedir. TDYA kalp damar hastalıkları risk faktörlerinin iyileştirilmesinde rol oynadığı için doymuş yağların tüketiminin azaltılması, TDYA'nin tüketiminin artırılması gereklidir. Ancak, bu olumlu etkilerine rağmen TDYA miktarının toplam enerjinin %20'sini geçmemesi gerektiği belirtilmektedir (Çakmakçı ve Kahyaoğlu, 2012).

2.1.2.1 Oleik Asit

Oleik asit, çoğu hayvansal ve bitkisel kaynaktan bulunan TDYA, omega-9 uzun zincirli bir YA' dir. Oleik asit, hayvan dokularında, doku veya türden bağımsız olarak en çok bulunan serbest YA'lerinden biridir (Şekil 2.10) (Pompura vd., 2021).

Oleik asit, insanlarda endojen olarak sentezlenebildiği için esansiyel bir YA değildir. DY/ TDYA oranı, hücre büyümesi ve farklılaşmasının düzenlenmesini etkilemektedir. Oleik asit (18:1 n-9), zeytinyağındaki toplam YA'nın %49 ila %83'ünü temsil eder (Piccinin vd., 2019). İnsan sütü doğal olarak yüksek oleik asit içermektedir. Süt yağının baskın formu (>%99) trigliseritler şeklindedir. Dünya çapında yapılan geniş popülasyona dayalı çalışmalarda gözlemlenen en yaygın YA' dir (Chetta vd., 2021).



Şekil 2.10: Oleik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022h

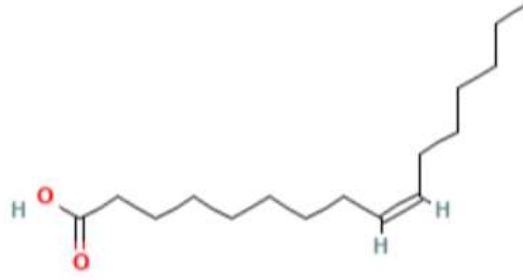
2.1.2.2 Palmitoleik Asit

Heksidekenoik asidin pozisyonel izomerleri, anti-inflamatuar özelliklere YA'leri olarak kabul edilir. Bunlardan en iyi bilineni palmitoleik asit (cis-9-heksadekenoik asit, 16:1 ω -7) metabolik hastalıklarda önemli faydalı etkileri olan bir lipokin olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.11) (Astudillo vd., 2020).

Fare modellerinde, palmitoleik asidin bir anti-inflamatuar aracı olarak rolünü ve insülin duyarlılığı ile pozitif bir korelasyonu destekleyen güçlü kanıtlar mevcuttur ancak insanlarda karşıt sonuçlar bildirilmiştir. Bazı çalışmalar, dolaşımdaki palmitoleat düzeylerinin insülin duyarlılığı ve azalmış inflammatuar belirteçlerle pozitif korelasyon gösterdiğini belirtirken diğerleri dolaşımdaki palmitoleat düzeylerinin, hepatositlerde yağ birikimini destekleyen hepatik steatoz ve yağlanma derecesi ile korele olduğunu göstermiştir. Açıkça, murin ve in vitro çalışmalar tarafından önerilen palmitoleik asidin umut verici terapötik potansiyelini doğrulamak için insanlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (de Souza vd., 2018). Palmitoleik asit aynı zamanda, güçlü adipozom indükleyicileridir. Hücre-hücre temas sinyalizasyonunda, lipid metabolizmasının düzenlenmesinde ve inflammatuar mediatörlerin sentezi ve salgılanmasının kontrolünde önemli rollere sahiptir (Tsai vd., 2021). Palmitoleik asit, dolaşımdaki lipoproteinlerde ve hücre zarlarında bulunabilir (Souza vd., 2020).

Palmitoleik asit, cis ve trans formlarında olup alınan toplam enerjinin %4'ünden daha azına katkı vermektedir. Kan lipit havuzunda en yaygın bulunan ikinci TDYA olarak öne çıkmakta ancak günlük diyetinde düşük miktarlarda

bulunmaktadır. Belirgin olarak bulunduğu bir besin olmamakla birlikte diyet kaynakları arasında somon (%6/100 g YA'leri), morina karaciğer yağı (%7/100 g YA'leri) ve makademya yağı (%17/100 g YA'leri) yer almaktadır. Transpalmitoleatın diyet kaynaklarında ise kısmi hidrojenize yağlar ve süt ürünleri bulunmaktadır (Bodur, 2021).



Şekil 2.11: Palmitoleik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022ı

2.1.3 ω -6 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri

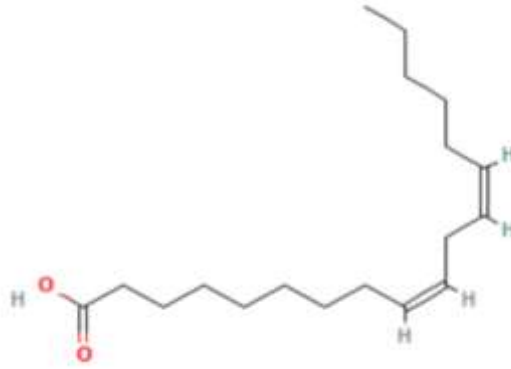
Çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA), zincirinde birden fazla çift bağ içeren ve karbon zincirindeki ilk çift bağın konumuna göre omega-3 (ω -3) ÇDYA'lar ve ω -6 ÇDYA'lar olarak sınıflandırılan KZYA'lardır (Kim ve Kim, 2020). ω -6 yağ asitleri Amerikan diyetinde yaygın olarak kullanılan yağların büyük bir bileşenidir. Baskın ω -6 YA, esansiyel YA linoleik asittir (LA; 18:2 ω -6 YA); α -linolenik asit (ALA; 18:3 ω -3 YA) diğer esansiyel YA'dır. LA, toplam diyet ÇDYA'larının %80-90'ını oluşturur. Soya fasulyesi yağı, ayçiçeği yağı ve mısır yağı, ω -6 ÇDYA'larda yüksektir (Maki vd., 2018).

2.1.3.1 Linoleik Asit

ÇDYA'lar, ω -3 fraksiyonlarına (ana sentez yolu α -linolenik asitten gelir) ve linolenik asitten sentezlenen ω -6 ayrılır. Linoleik asit, γ -linolenik asit (GLA), dihomo-gama-linolenik asit ve son olarak araşidonik asit (AA) biyosentezi ile sonuçlanan desaturaz yoluyla ω -6'ya metabolize edilebilir (Szczyko vd.,2020). Batı diyetinde en bol tüketilen ω -6 ÇDYA, linolenik asittir (Shrestha vd., 2020).

Esansiyel YA, linolenik asit alımının arttırılması LDL kolesterolünü düşürür ve ayrıca hipertansiyon riskini azaltır. Bu nedenle, linolenik asit “kalp ve damar dostu” temel diyet YA olarak kabul edilir (Şekil 2.11) (Edin vd., 2020).

Linolenik asit için önerilen diyet alımını sağlamak için yeterli bilimsel bilgi bulunmadığından yeterli alımlar (AI) olarak sağlanır. Bu nedenle, erkekler ve kadınlar için (19-50 yaş) AI'ler sırasıyla 17 g/d ve 12 g/d linolenik asittir. 51 ila 70 yaş arasındaki erkekler ve kadınlar için AI'ler sırasıyla 14 g/gün ve 11 g/gün linolenik asittir. AHA, koroner kalp hastalık riskini azaltmak için yetişkinler için linolenik asit %5 ila %10'unun tüketilmesini önermektedir. Bu YA kaynakları; yağsız et ve kümes hayvanları, az yağlı süt ürünleri, bitkisel yağlar, kabuklu yemişler, tohumlar ve balık gibi besinleri içerir (Froyen ve Burns-Whitmore,2020).



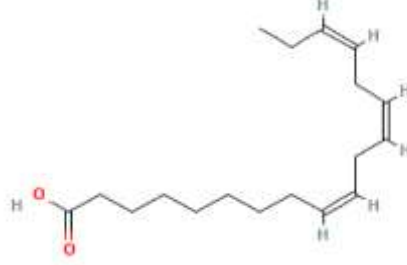
Şekil 2.12: Linoleik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022i

2.1.3.2 α - Linolenik Asit

Alfa linolenik asit (ALA) ve LA, bitki kaynaklarında bulunan en yaygın temel ÇDYA'lardır. Bu YA soya fasulyesi, kabuklu yemişler, kanola yağları, keten tohumu ve diğer bitkisel besin kaynaklarında kolaylıkla bulunur. ALA, her ikisi de anti-inflamatuar özelliklere sahip olan eikosapentaenoik aside (EPA) ve daha az oranda dokosaheksaenoik aside (DHA) metabolize olan bir ω -3 all-cis -9,12,15-oktadekatrienoik asittir. -cis -9,12-oktadekadienoik asit, araşidonik aside ve ardından inflamatuvar yanıtlarda rol oynayan bazı prostaglandinlere,

lökotrienlere ve tromboksanlara metabolize edilir (Şekil 2.13) (Naghshi vd., 2021).

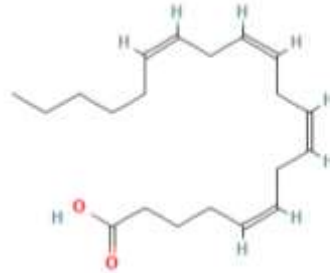


Şekil 2.13: α - Linolenik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022j

2.1.3.3 Araşidonik Asit

Eicosa-5,8,11,14-tetraenoik asit olarak da adlandırılan Araşidonik Asit (AA), ω -6 ÇDYA' dir ve esas olarak hücre zarında fosfolipidler şeklinde bulunur (Wang vd., 2019). AA ve türevleri, besin metabolizmasını bağışıklık ve iltihaplanma ile ilişkilendirir. Böylece obezite, diyabet, alkole bağlı olmayan yağlı karaciğer hastalığı ve kardiyovasküler hastalık gibi sık görülen hastalıkların ortaya çıkmasında ve ilerlemesinde kilit rol oynar. Çeşitli besinler, insanlar için eksojen bir AA kaynağı olarak hizmet eder. Yağsız et ve et yağları, yumurta, somon ve ton balığı yüksek konsantrasyonlarda AA içerir ve AA ayrıca esas olarak bitkisel yağlar ve cevizlerde bulunan esansiyel bir YA olan LA'dan elde edilir (Şekil 2.14) (Sonnweber vd., 2018).



Şekil 2.14: Araşidonik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022k

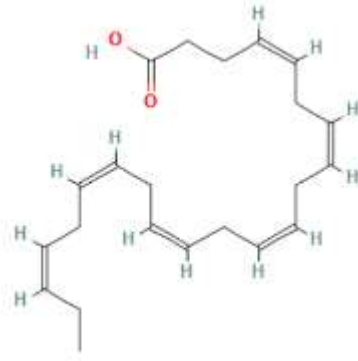
2.1.4 ω -3 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri

Ω -3 YA' leri, CDYA ailesindedir. Metil karbon bir numara olarak sayılırsa, üç numaralı karbondaki bulunan hidrokarbon (asil) zincirinin metil ucuna en yakın çift bağın varlığı ile karakterize edilir ve buna göre adlandırılırlar. İşlevsel olarak en önemli ω -3 yağ asitleri, eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5 ω -3) ve DHA (22:6 ω -3) olarak görünmektedir ancak dokosaheksaenoik asit (DPA; 22:5 ω -3) için roller de ortaya çıkmıştır (Calder, 2018). EPA ve DHA'nın (ve ayrıca DPA'nın) en iyi besin kaynağı deniz ürünleri özellikle yağlı balıklardır. Balinalar ve foklar gibi deniz memelilerinin balina yağı ve dokuları da önemli miktarlarda EPA ve DHA içerir. Balık yağları, morina karaciğeri yağı, kril yağı ve bazı alg yağları dahil olmak üzere çeşitli takviyeler EPA ve DHA içerir. Diyetten EPA ve DHA alımı balık tüketiminden güçlü bir şekilde etkilenir çünkü genel olarak balık ve özellikle yağlı balıklar bu yağ asitlerinin en zengin diyet kaynaklarıdır. Sonuç olarak, yetişkinler arasında EPA + DHA alımı farklı popülasyonlar arasında farklılık gösterir ve çoğu Batı ülkesinde düşüktür. Genellikle yağsız balık yiyenlerde EPA + DHA alımının $<0,2$ g/gün olduğu kabul edilir (Innes ve Calder, 2020).

2.1.4.1 Dokosaheksaenoik Asit

Dokosaheksaenoik asit (DHA), insan beynindeki lipidlerin yaklaşık %30'unu oluşturan temel bir ω -3 YA' dir. DHA, bitki kaynaklı ω -3 yağ asitlerinden sentezlenebilmesine rağmen bu metabolik yol insanlarda etkisizdir. Bu nedenle, insan beynindeki çoğu DHA, deniz ürünlerinden veya supplementlerden sağlanır (Şekil 2.15) (Lauritzen vd., 2016; Patrick, 2019).

Temel bir ω -3 YA olan DHA; beyinde, sinir dokularında ve retinada benzersiz bir şekilde yoğunlaşmıştır ve normal nörolojik gelişim ve fonksiyon için gereklidir. DHA eksikliği; alzheimer, parkinson, şizofreni ve depresyon dahil olmak üzere çeşitli nörolojik bozukluklarla ilişkilidir (Sugasini vd., 2017).

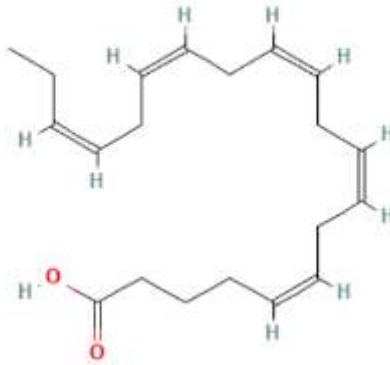


Şekil 2.15: Dokosaheksaenoik Asit

Kaynak: Pubchem, 20221

2.1.4.2 Eikosapentaenoik Asit

YA' lerinin özel kimyasal yapısı önemli biyolojik özelliklerini yansıtmaktadır. Eikosapentaenoik Asit (EPA), membran fosfolipidlerinde ω -6 YA'yi AA'yı ikame ederek hücre zarlarının fiziksel özelliklerini değiştirebilir. Ayrıca, EPA'nın metabolizmasından antitrombotik ve antiinflamatuvar lipid araçları üretilebilir; EPA, DPA ve DHA oluşturarak daha da metabolize edilebilir. EPA hem trigliserit hem de kolesterol seviyelerini düşürür. EPA, HDL anti-oksidan ve anti-inflamatuvar fonksiyonlarını destekler (Şekil 2.16) (Crupi ve Cuzzocrea, 2022).

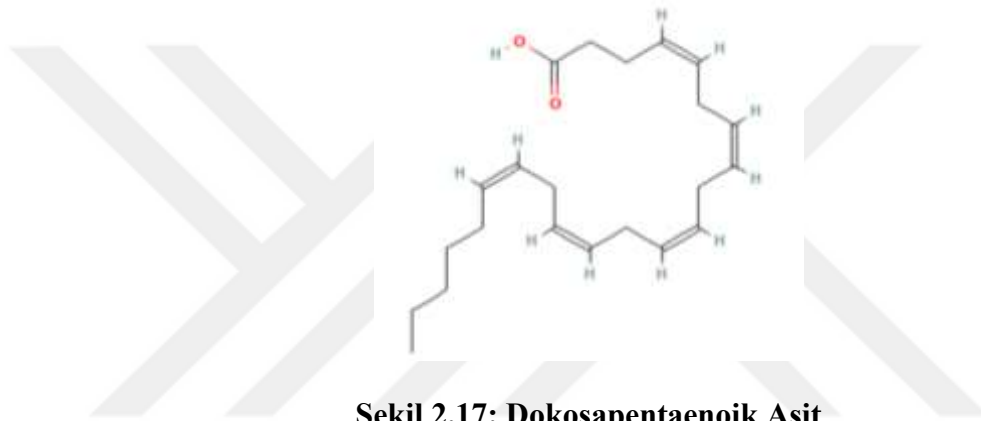


Şekil 2.16: Eikosapentaenoik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022m

2.1.4.3 Dokosapentaenoik Asit

Dokosapentaenoik asit (DPA, 22:5 ω -3), EPA ve DHA arasındaki ara ω -3 ÇDYA 'dır. DPA balık yağında da mevcuttur ancak nispeten küçük miktarlarda bulunur ve bu nedenle daha az çalışılmaktadır. Ancak, DPA katılımının trombosit agregasyonunu azalttığı, lipid metabolizmasını iyileştirdiği ve çeşitli hücre ve hayvan modellerinde inflamasyonu azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca DPA, kolorektal karsinom hücrelerinde anti-proliferatif ve pro-apoptotik etkiler göstermiştir. Bazı çalışmalar, DPA'nın insan vücudundaki EPA ve DHA için depolama deposu olduğunu öne sürmektedir (Şekil 2.17) (Dijk vd., 2019).



Şekil 2.17: Dokosapentaenoik Asit

Kaynak: Pubchem, 2022n

2.2 Yağ Asitlerinin Stres Faktörlerine Karşı Davranışları

Lipid oksidasyonu biyolojik sistemlerin bütünlüğünü olumsuz etkiler ve gıdalarda kalitenin bozulmasına neden olur. Oksidatif kararsızlık, potansiyel olarak toksik bileşiklerin oluşumuna yol açan, dolayısıyla lipid veya lipid içeren gıdaları insan sağlığı için uygun olmayan hale getiren, sakıncalı tatlar, besin ve biyoaktif kayıpları içerir. Geri dönüşü olmayan hücresel ve doku etkileri, çok sayıda hastalığın patofizyolojisi ve iltihaplanma, mutajenez, ateroskleroz, karsinogenez ve yaşlanma süreci dahil olmak üzere çeşitli sağlık koşulları, insan gıdalarındaki yağ asidi oksidasyon ürünleri ile ilişkilidir (Javed vd., 2018).

Besinlerde lipid oksidasyonu oto-oksidasyon, ısı, ışık ve enzimatik oksidasyon yolları ile gerçekleşebilir. Ayrıca, lipid sınıflarından ÇDYA 'lar ve kolesterol içerenler oksidasyona karşı daha savunmasızdır. Lipid oksidasyonu doğal bir

süreç olmakla birlikte, başlatıcıların ve/veya inhibitörlerin varlığı oksidasyon sürecinin kapsamını belirler (Jackson ve Penumetcha, 2019). Oksidasyon ürünleri istenmeyen tatlara, renk ve doku değiştirmeye ve besinlerin besin değerlerinin düşmesine neden olur. Lipid oksidasyonu, lipid bazlı besinlerin kalitesinin bozulmasına neden olan ana etmenlerden biridir (Hematyar vd., 2019).

2.2.1 Sıcaklık

Çoklu kimyasal reaksiyonlardan oluşan lipit oksidasyonu, diğer kimyasal reaksiyonlarda da olduğu gibi zaman ve sıcaklık değişiminden etkilenir. Hidropeoksitlerin ayrışması sıcaklık artışı ile hızlanır. Sıcaklık dalgalanmaları da hücre dışı buz kristallerinin oluşumuna yol açarak hücre bozulması artırır bu da pro-oksidan bileşikler salınmasına neden olarak oksidasyonu hızlandırır (Domínguez vd., 2019).

Püskürtmeli kurutucunun aşırı sıcak koşulları (> 180 °C), yumurta kuru tozunun kalitesini düşürür. Aşırı koşullar, yüksek lipid oksidasyonu nedeniyle PUFA'ların kaybına ve depolama stabilitesinin azalmasına sebep olur (Javed vd., 2018).

Yenilebilir katı ve sıvı yağların ısıtılması/kızartılması ve yeniden kullanılması, trans yağ asitlerinin (TFA) oluşumu gibi kimyasal değişikliklere neden olur. Kızartmada kullanılan yüksek sıcaklık, lipidlerin termal ayrışma nedeniyle çeşitli kimyasal ve fiziksel değişikliklere uğramasına neden olur. Derin kızartma sırasında, katı/sıvı yağ sürekli olarak hava varlığında yüksek sıcaklıklara maruz kalır ve hidrolizasyona, oksidasyona ve polimerizasyona uğrar, bu da kalitede bozulmaya neden olur ve böylece sadece duyuusal değil aynı zamanda besinsel özelliklerde de değişikliklere neden olur (Bhardwaj vd., 2016).

Yağların oksidatif stabilitesi, yağ asidi kompozisyonları ve antioksidan oranı ile belirlenir. Yağ asitlerinin stabilite üzerindeki etkisi, esas olarak doymamışlık derecesine ve daha az derecede de doymamış fonksiyonların triaçilgliserol molekülündeki konumuna bağlıdır (Kamal-Eldin, 2006).

Oksidasyon, aroma ve ekşime ile sonuçlanan yağ bozulmasının önde gelen nedenlerinden biridir. Yağın ısıtılması sırasında bazı bozunma ürünlerinin

oluşumu ile karmaşık bir termolitik ve oksidatif reaksiyon modeli oluşur. Bu reaksiyonlar yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişikliklere yol açar. Yağların ısıtma sırasında özelliklerindeki değişimlerin izlenmesi, Yağlardaki termal oksidasyon değişimlerinin değerlendirilmesinde etkili bir yöntemdir (Abbas Ali vd., 2017).

Yağın türü, yağ asidi profillerindeki farklılık nedeniyle yağdaki değişiklikleri ve ısıl işlem sırasındaki stabilitesini de etkiler. DYA'lar doymamış yağ asitlerinden daha karardır ve benzer şekilde MUFA'lar PUFA'lara kıyasla daha karardır (Dordevic vd., 2020).

Yemeklik yağların YA bileşimi insan sağlığında önemli bir rol oynar. Esansiyel yağ asitleri (EFA'lar) insan vücudunda sentezlenemez ve diyetimizle alınmalıdır. Isıtma sırasında, farklı yağ asitleri ve triaçilgliserollerin oksidasyonu, polimer veya siklik bileşik oluşumu, uçucu bileşiklerin kaybı ve polisiklik aromatik hidrokarbonların oluşumu gibi birçok kimyasal süreç meydana gelir. Isıtma işlemi sırasında, bitkisel yağların ÇDYA içeriği azalırken, DYA içeriği genellikle artar (Szabo vd., 2022).

Yağ stabilitesi, işleme ve depolama sırasında oksidasyona karşı bir dirençtir. Duyusal özellikler veya oksidasyon sürecinin ani hızlanması açısından kritik oksidasyon noktasına ulaşmak için gereken süre olarak ifade edilebilir. Oksidasyon duyusal kaliteyi etkileyen düşük moleküler bileşikler ürettiğinden, oksidasyon stabilitesi; yağ kalitesini ve raf ömrünü belirlemek için önemli bir göstergedir. Bu bileşikler, yağın hem tüketiciler hem de endüstriyel kullanım için daha az kabul edilebilir veya tamamen kabul edilemez hale gelmesine neden olur. Oksidasyon sırasında esansiyel yağ asitleri bozulur ve toksikolojik olarak istenmeyen bileşikler ve oksitlenmiş polimerler oluşabilir. Oksidasyonun yağların tadı, besin kalitesi ve güvenliği üzerinde büyük etkisi vardır. Yağ oksidasyonu, yağ asidi bileşimi, işleme, ısı veya ışık enerjisi, oksijenin varlığı, konsantrasyonu ve türü (triplet – $3O_2$ ve singlet – $1O_2$), serbest yağ asitleri, mono- ve diasilgliseroller, geçiş metalleri, peroksitler, termal olarak oksitlenmiş bileşikler, pigmentler ve antioksidanlar. Bu faktörler etkileşimli olarak yağın oksidasyonunu etkiler ve her birinin bireysel etkisini ayırt etmek zordur (Soukup ve Kouřimská, 2019; Blasi vd., 2021).

2.2.2 Gama ve Ultraviyole Işımaları

Işınlama, iki iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan mekanizma kategorisi aracılığıyla elektromanyetik radyasyonla ilgilidir. X ışınları, elektron ışınları ve gama ışınları iyonlaştırıcı radyasyon biçimleridir. İyonlaştırıcı radyasyon, bir süreç olarak, elektronları atomlardaki normal yörüngelerinden çıkarırken yüklü atomlar veya moleküller (iyonlar) üretir. Radyasyonun etkileri göz önüne alındığında, bu birincil iyonların ayrışması veya komşu moleküllerle reaksiyona girmesi (ikincil etkiler) ana gıda bileşenlerini kimyasal olarak bozabilir. Işınlanmış trigliseritlerden (lipidler) ve yağ asitlerinden çeşitli ürünler oluşur. Ayrıca, üretilen radikaller birbirleriyle reaksiyona girebilir ve rekombine ürünler oluşturabilir. Lipitlerin doğası, antioksidanların varlığı ve radyasyon koşulları, oksidasyon reaksiyonlarının oluşumunu etkilemede önemli roller oynayabilir. Önceki araştırmalar iyonlaştırıcı radyasyon türlerinin oksidasyona neden olabileceğini göstermiştir (Golmakani, Tahsiri ve Alavi, 2018).

UV, görünür ışık, mikrodalga ve kızılötesi içeren iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar, atomları ve molekülleri iyonize edecek kadar güçlü değildir. UV radyasyonu, lipid oksidasyon sürecini aktive eden reaksiyonların farklı bir başlatıcısıdır. Bununla birlikte, UV radyasyonu kolayca serbest radikal üretmez (Alothman, Bhat ve Karim, 2009).

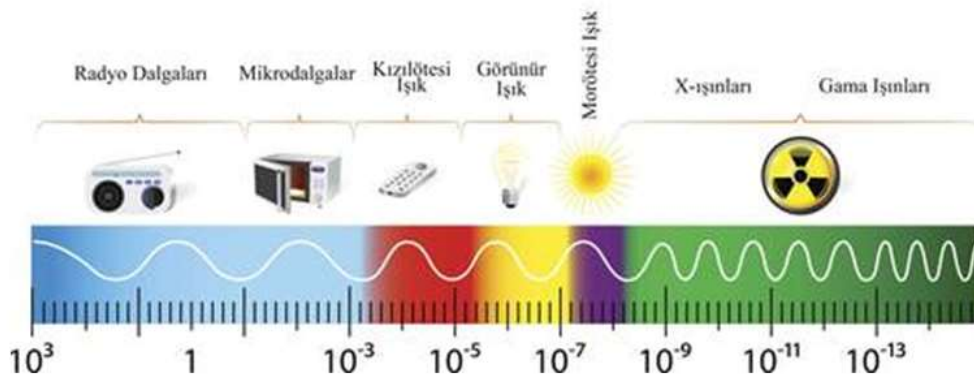
Bir atomun yüksek enerjili çekirdeğinin elektromanyetik radyasyon yayması radyoaktivite olarak tanımlanır. Radyasyon, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon (radyo dalgaları, görünür ışık ve ısı) ve bir atomu iyonize etmek için yeterli enerjiye sahip iyonlaştırıcı radyasyon olarak ikiye ayrılabilir. Hem iyonlaştırıcı hem de iyonlaştırıcı olmayan radyasyon organizmalar için zararlı olabilir ancak iyonlaştırıcı radyasyon daha zararlıdır. Çünkü üretilen iyonlar doğrudan deoksiribo nükleik asit ve diğer moleküllere zarar verebilir (Møller ve Mousseau, 2012).

Bir diğer radyasyon türü de gama (γ)'dır. γ radyasyonu bir tür iyonlaştırıcı radyasyondur ve makromoleküllerin yapısını ve özelliklerini değiştirmek için yaygın olarak kullanılır (Nassour ve Ayash, 2021). γ radyasyonunun çeşitli

biyolojik sistemlerde lipid peroksidasyonunu arttırdığı gözlemlenmiştir (Kiang, Fukumoto ve Gorbunov, 2012).

Bu elektromanyetik radyasyonlardan biri ultraviyole (UV)'dir. Dünya yüzeyine ulaşan UV ışınları, farklı enerji ve nüfuz etme kapasitesi ile karakterize edilen iki tür UVB (280-320 nm) ve UVA (320-400 nm) radyasyon içerir ve ayrıca fosfolipit ve seramidlerin metabolizmasında çeşitli değişikliklere yol açarlar (Dalmau vd., 2018). Bakteriler üzerinde yapılan bir çalışmada UVR maruziyetinin, lipidler, lipid oksidasyonu ile ilişkili metil gruplarında bir artışa neden olduğu ve ayrıca lipid bileşiminde, gaz kromatografisi ile doğrulanan değişikliklere yol açtığı gözlemlenmiştir (Santos vd., 2013).

UV ışınlamasının sonucu, redoks dengesizliğini oksidatif koşullara kaydırmaktır bu da proteinler ve lipidler dahil olmak üzere keratinosit bileşenlerinin oksidatif modifikasyonu ile sonuçlanır (Gruber, 2016). UV oksidatif stresin en yaygın etkilerinden biri, fosfolipidlerin peroksidasyonuna yol açan ÇDYA'nın oksidasyonu ve bunların oksidatif parçalanma ve siklizasyon ürünlerinin üretilmesidir (Atalay vd., 2020; Jarocka-Karpowicz vd., 2020). Yapılan bir çalışmada UVA ve UVB radyasyonunun, esas olarak LPC ve PLA2 aktivitesinin yukarı regülasyonu, sıçan keratinositlerinde oksidatif stresi artırarak membran fosfolipidlerinin enzime bağlı ve ROS'a bağlı metabolizmasını etkilediğini göstermektedir (Łuczaj vd., 2020).



Şekil 2.18: Elektromanyetik Dalga Spektrumu

Kaynak: Ocak, 2015

UV-C, kullanımı kolay, maliyeti düşük, toksik kalıntı oluşturmeyen, uygun dozlarda uygulandığında ürünlerin besinsel ve duyuşsal özelliklerini koruyan, gelişmekte olan bir termal olmayan teknolojidir. UV-C'nin etkisi esas olarak gıdanın tipine ve kullanılan doza bağılıdır. Farklı ultraviyole (UV-C) dozlarının (0.103 ve 0.305 J/cm²) etkisi, 11 gün boyunca 4 ± 1 °C'de Nil tilapia filetolarında yağ asitleri (FA) bileşimi ile araştırıldı. L* değerleri ve lipid oksidasyonu UV-C ışığından etkilenmedi (P > 0.05). Düşük bir UV-C dozu ile muamele edilmiş filetolar, muamele edilmemiş muadillerine göre daha fazla (P < 0.05) toplam ÇDYA içermiştir. Bu nedenle, toplam ÇDYA miktarını ve genel beslenme kalitesini iyileştirmek için alternatif bir işleme yöntemi olarak tilapia filetolarında düşük bir UV-C dozu önerilebilir (Monteiro vd., 2017).

Uzun zincirli yağ asitleri doğada her yerde bulunur ve hidrofobik kuyrukları ve hidrofilik baş grupları nedeniyle yüzey aktif moleküllerdir. (Shrestha vd., 2018).

2.2.3 Diğer Stres Faktörleri

Lipazlar belli pH değerlerinde katalitik olarak aktiftir. Lipazların çoğı için optimum pH 7-8 arası değışir. Mikrobiyolojik kaynaklı lipazların pH kararlılık aralığı 6,0-7,5 civarındadır. Enzimlerin aktiviteleri, ortamın hidrojen iyon derişimine bağılı olarak değışmektedir. Enzimatik tepkimenin hızının en yüksek olduğı ve her enzim için değışik olan bir optimum pH değeri bulunmaktadır. pH değışikliğı ile aminoasit zincirinin iyonik özelliğı değıştiğı için denatüre olan enzimin katalitik aktivitesi kaybolmaktadır (Aydın, 2012).

2.3 Yumurta ve Nütrisyonel Değeri

Yumurta tüketimi yüksek yaşam standardına sahip ekonomik olarak gelişmiş ülkelerde insan başına yüksek tüketim oranına sahip geleneksel bir besindir. Bu nedenle halk sağığı güvenliğı için organik yumurta üretimi ve tüketimi büyük önem taşımaktadır (Mahfuz vd., 2018). Tüketicilerin sağık endişeleri nedeniyle en fazla dikkat ettikleri besin ürünlerinin başında yumurta tüketimi yer almaktadır (Mahfuz vd., 2018). Yumurta endüstrisi oldukça karmaşık ve risklere açık bir hayvansal üretim sistemidir. Bu sistemin sürdürülebilirliğı, sağıklı sürülere sahip olmaya ve güvenilir yumurta üretimine bağılı bulunmaktadır (Özkaya, 2017).

Yumurtalar, insanlara özel sağlık yararları sunan oldukça besleyici bir besin kaynağıdır. Yumurtanın proteinler, lipidler, vitaminler, mineraller ve büyüme faktörleri dâhil olmak üzere gelişmekte olan bir embriyoyu sürdürmek için gerekli tüm besin maddelerini içerdiği bilinmektedir. Ayrıca yumurta, biyolojik değeri yüksek mükemmel bir protein kaynağıdır. Bir dizi çalışma, yumurta proteinlerinin antioksidan, antimikrobiyal ve antihipertansif özellikler dahil olmak üzere birçok önemli biyolojik aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Yumurta akı ve yumurta sarısı; ovalbümin, ovotransferrin, ovomusin, ovomukoid, lizozim, IgY ve fosvitin gibi proteinler açasından zengindir. Yumurta proteinlerinin yeni fonksiyonel aktivitelerini belirlemek ve bu proteinlerden fonksiyonel peptitler üretmek için birçok çalışma yapılmıştır (Lee ve Paik, 2019).

Yumurtanın antibakteriyel, antiviral, kanser önleyici ve hastalıklara karşı koruyucu özellikleri vardır. A, D, E, K ve B vitaminleri ile demir ve fosfor gibi mineral maddeler açasından zengindir ve yeterli ve dengeli beslenme için gerekli olan tüm temel besin maddelerini içerir. Aynı zamanda hayvansal ürünler arasında en iyi protein kalitesine sahiptir ve dört ana besin bileşenine (proteinler, lipidler, gerekli tüm vitaminler (C vitamini hariç) ve minerallere) sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı yumurtalar çeşitli besin türlerinin besinsel zenginleştirilmesi için kullanılmaktadır. Yumurta, embriyonun gelişimi için gerekli tüm büyüme faktörlerini içeren tek besindir. Yumurta kabuğu mineral kaynağı, yumurta akı protein kaynağı ve yumurta sarısı lipid açasından önemli ve fonksiyonel bir biyoaktif bileşendir. Yumurta proteininin biyoyararlanımı diğer besin proteinlerine göre daha yüksektir. Ayrıca, yumurtanın biyoyararlanımı yüksek kolin içeriği, çocukların beyin/zihin gelişiminde ve hafıza güçlenmesinde yaşlanmaya bağlı hafıza kaybı riskini azaltır. Ayrıca ksantofil pigmenti ile katarakt ve kanser riskini azaltır (Dayısoylu ve Sakallı, 2020).

Yumurta sarısının yenilebilir kısımları protein, lipidler ve diğer bileşenlerden oluşur. Yumurta sarısı, toplam taze yumurta ağırlığının yaklaşık %36'sını oluşturur. Lipitler, %62 trigliseritler, %33 fosfolipitler ve %5'ten az kolesterol dâhil olmak üzere, yumurta sarısının kuru maddesinin yaklaşık %65'ini oluşturur. Lutein ve zeaksantin yumurta sarısının rengini verir. Yumurta sarısı proteinleri,

esas olarak lipoproteinler biçiminde, HDL, LDL ve çok düşük yoğunluklu lipoproteinler (VLDL'ler) içerir (Xiao vd., 2020).

Öte yandan yumurta, ömrü kısa ve uzun süre depolanması mümkün olmayan bir besin maddesidir. Yumurtada ω -3 ve konjüge linoleik asit az miktarda bulunmaktadır (Onurlubaş, Gümüş ve Karaca, 2020).

Bütün yumurta ve yumurta sarısının içerdiği YA çeşitleri ve miktarları Tablo 2.2'de sunulmaktadır. Buna göre, toplam YA oranı en fazla olan PA' dir. Tekli doymamış YA oranı en fazla olan oleik asittir. ÇDYA oranı en yüksek olan ise LA'tir.

Tablo 2.2: Yumurta ve Yumurta Sarısının Yağ Asitleri Kompozisyonu

Lipid (g/100g)	Bütün Yumurta	Yumurta Sarısı
Toplam DYA	3.382	8.615
Miristik asit	0.032	0.083
Palmitik asit	2.435	6.211
Stearik asit	0.87	2.249
TDYA	3.905	9.956
Palmitoleik asit	0.213	0.545
Oleik asit	3.648	9.331
Eikosenoik asit	0.022	0.058
ÇDYA	1.892	4.827
Linoleik asit	1.564	4.009
Linolenik asit	0.054	0.124
Araşidonik asit	0.181	0.49
Dokosaheksanoik asit	0.049	0.135
Trans Yağ	0.054	0.098

Kaynak: American Egg Board, 2022

2.4 Döteryum Oksit ve Özellikleri

İlk defa 1930'lu yılların başında 2.Dünya Savaşı sırasında keşfedilen döteryum oksit (D_2O , ağır su) endüstri, biyoloji ve tıp alanlarında büyük bir ilgi uyandırmıştır. D_2O , H_2O ' dan daha viskoz olup, erime ve kaynama sıcaklık değerleri ise daha yüksektir. D_2O , H_2O ile karşılaştırıldığında 2600 kat daha

yüksek nötron yavaşlatıcısıdır. D₂O, nükleer reaktörlerde reaksiyon hızı ve ısını düzenlemek için kullanılmaktadır (Bila vd., 2017).

D₂O, 1931 yılında Urey tarafından keşfedilmesinden bu yana oldukça ilgi çeken bir madde olmuştur. D₂O ve H₂O arasındaki fiziksel özelliklerdeki en dikkate değer fark, önceki sıvının kabaca %10 daha yüksek yoğunluğudur; bu, çoğunlukla döteryumun yaklaşık iki katı kadar ağır olmasının önemsiz bir sonucudur. Döterasyonun bir diğer etkisi, H₂O'ya kıyasla D₂O'da biraz daha güçlü hidrojen (veya döteryum) bağlarının oluşmasıdır. Bu, donma ve kaynama noktalarında sırasıyla 3,8 °C ve 1,4 °C'lik küçük bir artışa ve döterasyondan sonra saf suyun pH'sında 0,44'lük hafif bir artışa neden olur. Karşılaştırıldığında, atmosferik CO₂'nin yalnızca çözünmesi ve ardından açık kaplarda seyreltik karbonik asidin oluşumu, suyun pH'sını birden fazla birim değiştirerek önemli ölçüde daha güçlü bir etki oluşturmaktadır (Ben Abu vd., 2021).

D₂O, H₂O'dan ağır olduğu için bu durum bazı fiziko-kimyasal özelliklerin değişmesine yol açmaktadır. Ayrıca, D₂O'nun ışık soğurma kapasitesi normal H₂O'dan daha düşüktür. Organizmaların D₂O'ya farklı tepkiler verdikleri bilinmektedir. Bazı algler, bakteriler, mayalar ve küfler %100 D₂O'dan oluşan ortamlarda daha yavaş büyüme göstermekte ve fenotipik değişiklikler gerçekleşmektedir (Kleemann vd., 2020).

D₂O, diğer tüm elementler arasında en güçlü kinetik izotop etkilerine sahip olmasının yanı sıra benzersiz fizikokimyasal özellikler sergiler. Ayrıca, döteryum ile muamele edilmiş hücrelerde ve organizmalarda, hücre bölünmesi veya enerji metabolizması gibi temel süreçlerdeki değişiklikler dâhil olmak üzere çok çeşitli morfolojik ve fizyolojik değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu tür değişiklikleri anlamamız hala yetersiz olsa da bazılarının döteryumla zenginleştirilmiş bir ortamda büyümeyi zorlu bir görev haline getirdiği açıktır. Bazı organizmaların ağır suda büyümediği, bazılarının ise zorluk yaşamadığı, ağır suya toleranslarının belirli türlere özgü sınırları olduğu görülmektedir. Döteryumun canlı organizmalar üzerindeki etkileri genel olarak olumsuz olsa da, kararlı izotop etiketli bileşikler veya döteryumlu ilaçlarda olduğu gibi bazı uygulamaları büyük biyoteknolojik potansiyele sahiptir (Kselíková, Vítová ve Bišová, 2019).

Sistemik D₂O uygulaması, döteryum (2H)-stresin farmakolojik indüksiyonu yoluyla malign melanomun büyümesini ve metastazını bozar (Jandova vd., 2021).

D₂O, kimyasal olarak H₂O ile aynı olmasına rağmen, melanom hücreleri üzerinde proapoptotik ve antiproliferatif etkiler gösterir. Bu bulgular, bu ilginç bileşiğe daha yakından bir bakış sağlamaktadır (Kleemann vd., 2020).

Lipid oksidasyonu sırasında nemin aktif bir etkili faktör olarak rolünü değerlendirmek için mısır yağları için D₂O ve D₂O içermeyen suyun oksidatif stabilite ve üst boşluk uçucularının oluşumu üzerindeki etkilerinin belirlendiği bir çalışma yapılmıştır. D₂O, tepe boşluğu oksijen içeriği, CDA, p-AV ve toplam uçucu içerik sonuçlarına dayalı olarak, D₂O içermeyen su içeren yağlara kıyasla mısır yağındaki lipid oksidasyon oranını hızlandırmıştır. D₂O, mısır yağlarında lipid oksidasyon oranını hızlandırmış ve oksidasyon sırasında yağlardan uçucu maddeler oluşturmaya katılıyor sonucuna ulaşılmıştır (Kim, Kim ve Lee, 2014).

Yapılan başka bir çalışmada D₂O ve döteryumsuz su içeren linoleik asit model sistemleri için 30, 60 ve 90 °C uygulamalarının ve oksijen sınırlamasının uçucu madde oluşumu üzerindeki etkileri araştırıldı. D₂O'nun mevcudiyeti, tepe boşluğu oksijeninin tüketimini hızlandırdığı bu da D₂O'nun mevcudiyetinde lipid oksidasyon hızının arttığını göstermiştir (Oh vd., 2015).

D₂O'nun uygulama potansiyelinin araştırıldığı bazı çalışmalar Tablo 2.3'de sunulmaktadır.

Tablo 2.3: D₂O Üzerine Alanyazında Mevcut Araştırmalar

Referans	Açıklama
Vasdev vd. (1994)	%5 D ₂ O'lu su tüketen ratlarda; fruktoz ile verilen döteryum oksitin, yüksek tansiyon gelişimini ve buna bağlı trombosit sitozolik kalsiyum, aortik kalsiyum alımı ve plazma trigliseritlerindeki artışı engellediği gözlemlendi.
Kim vd. (2014)	Döteryum oksitin, mısır yağlarında lipid oksidasyon oranını hızlandırdığı ve oksidasyon sırasında yağlardan uçucu maddeler oluşturmaya katkı sağladığı gözlemlenmiştir.
Oh vd. (2015)	D ₂ O'nun mevcudiyetinde lipid oksidasyon hızının arttığı ispatlanmıştır.
Oh vd. (2016).	α -tokoferolün oksidatif stabilite ve uçucu maddelere döteryum dâhil edilmesi üzerindeki etkileri incelendiğinde döteryum oksit, döteryum içermeyen sudaki numunelere kıyasla linoleik asit oksidasyon oranlarını hızlandırdığı görüldü.
Oh vd. (2017)	Döteryum oksitte hem asetik asit-d hem de TDAE içeren numunelerde oksidatif stabilite, döteryumsuz sudakinden daha düşük çıkmıştır.
Bila vd. (2017)	Tıpta, teknolojiye ve endüstride nükleer enerjinin barışçıl kullanımlarını güçlendiren muazzam olasılıkları olduğu görülmüştür.
Lee vd. (2018).	D ₂ O'lu mısır yağındaki nem içeriğinin, H ₂ O'lu mısır yağındakinden daha düşük olduğu ve nemin lipid oksidasyonundan uçucuların oluşumunu etkileyen önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.
Kselíková vd. (2019)	Bazı uygulamaları büyük biyoteknolojik potansiyele sahiptir.
de Carli vd. (2021)	Kurutma-rehidrasyon işlemiyle, anhidrobiyotik nematod Panagrolaimus superbus'un %99 D ₂ O'yu tolere edebildiğini ve çoğalabildiğini görmüşlerdir.

Kaynak: NCBI- Springer Nature References, 2021

Şu anda, D₂O üzerine yapılan çalışmalar dünya çapında bir "Patent Yarışı"nı harekete geçirmiştir. D₂O'nun biyomedikal ve teknolojik çalışmalarından, bu kararlı izotopun endüstri ve sağlık ekosistemlerindeki potansiyelini gösteren birkaç patent tescil edilmiştir. D₂O, biyoteknoloji, kimya ve tıp dahil olmak üzere farklı alanlarda umut verici bir bileşendir. Ayrıca biyoteknoloji ve insan sağlığı alanındaki önemini bu bileşiği daha da önemli kılmaktadır. (da S Mariano vd., 2018).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

3.1.1 Döteryum Oksit

D₂O (99.9 Atom % D) (Sigma Aldrich 151882-250G, Darmstadt, Almanya) Interlab firması (İstanbul, Türkiye)'nden temin edilmiştir. Ürünün atomik izin işlemi İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi (İZÜ) tarafından hazırlanan yazı ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Nükleer Güvenlik Dairesi Başkanlığı'nın izin yetki belgesi ile tedarik edilmiştir.

3.1.2 Pastörize Yumurta Sarısı

Bir kg pastörize yumurta sarısı (PYS) (İpay SBÜ 02 Likit) tetrapak ambalajında İPAY Yumurta San. ve T.A.Ş (İzmir, Türkiye) tarafından verilmiştir (Şekil 3.1). Firma, ürünün İPAY Kalite Kontrol Laboratuvarı çıkışlı fiziko-kimyasal analiz sonuçlarını da sunmuştur (Tablo 3.1).



Şekil 3.1: İPAY SBÜ 02 PYS

Tablo 3.1: Ürünün Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Özellik	Standart Değeri
Renk, Görünüş	Homojen, sarı renkli sıvı
Tat/ Koku	Kendine has tat ve kokuda
pH	6.0- 7.0
Protein, %	15.5 min
Yağ, %	25.4 min
Kül, %	1.1
Nem, %	63.0 max.
Briks, %	37.0 min
Alfa amilaz aktivitesi	Negatif
3 OH-butirik asit konsantrasyonu	<10 mg/ kg
Laktik asit	<1000 mg/ kg
Yumurta kabuğu ve zar kalıntısı	<100 mg/ kg

3.2 Yöntem(ler)

3.2.1 Örnek Hazırlama

Dört tane 100 ml kapaklı borosilikat cam şişe (Isolab, Boro 3.3 Almanya) hazırlanmak üzere kendileri ve kapakları sırasıyla şu aşamalardan geçmiştir; distile su ile yıkanmış, etüvde kurutulmuş ve örnek hazırlama amacıyla kapakları kapatılarak bekletilmiştir. Şişelere biyogüvenlik kabinde 40 ml PYS pipetle ilave edilmiştir. Birinci şişe örneğinde sadece PYS içermiştir ve kontrol örneği olarak kabul edilmiştir. İkinci şişe (Δ ısıtma işlem örneği), üçüncü şişe (γ ışınma örneği) ve dördüncü şişe (UV ışınma örneği) olarak kodlanmıştır. İşleme maruz kalacak şişelere 6 ml D₂O pipetle ilave edilmiştir. Şişelerin kapakları kapatılarak Orbital çalkalayıcıda (Biosan PSU-20i, Pendik, İstanbul) oda koşullarında 20 rpm/250 s karışmaya bırakılarak beklenilmiştir. Karışma işleminin sonunda şişeler ileri analiz yöntemlerini uygulamak amacıyla 4°C’de beklemeye alınmışlardır.

3.2.2 Isıl İşlem Maruziyeti

Δ ısıtma işlem kodlu örnek etüvde (Nüve EN 055, Ankara, Türkiye) 61,5°C sıcaklıkta 24 saat bekletilmiştir. İşlem sonunda örnek şişe 4°C'de ileri analiz yöntemleri için beklemeye alınmıştır.

3.2.3 Gama Işıması Maruziyeti

Gama ışın (γ) kodlu örnek soğuk zincirde Gammapak Sterilizasyon San. ve Tic. A.Ş. (Çerkezköy, Türkiye) tesisine sevk edilmiştir. Tesiste örnek şişe, Rowe vd. (2018) prosedürü izlenerek 180 dk/ort.10 kGy (maks. 15 kGy, min. 5 kGy, ort. 10 kGy) olacak şekilde γ ışınmasına maruz bırakılmıştır. Maruziyet sonunda örnek şişe soğuk zincirde İZÜ Laboratuvarına getirilerek 4 °C'de ileri analiz yöntemi amacıyla beklemeye alınmıştır.

3.2.4 Ultraviyole Işıması Maruziyeti

Ultraviyole (UV) ışın kodlu örnek İZÜ Laboratuvarında Vital 300W E (Osram 4008321543929, Ausburg, Almanya) (UVA Aralık: 315-400 nm, UVB Aralık: 280-315 ve Toplam Aralık: 280-400 nm) ışık kaynağı altında Rowe vd. (2018) prosedürü izlenerek 120 dk UV ışığa maruz bırakılmıştır. Maruziyet bittiğinde örnek şişe 4 °C'de ileri analiz yöntemleri için beklemeye alınmıştır.

3.2.5 GC-MS ile Yağ Asitleri Analizi

3.2.5.1 Gereç

Esterleşme reaksiyonu temel alınarak PYS numunelerinden gerçekleştirilen analizde total YA profili % cinsinden belirlenmiştir. Belirlenen optimum numune hazırlık prosedürü ile YA' leri, PYS numunesinden ekstraksiyon işlemi ile alınarak esterleşme işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamada kullanılan esterleşme reaktifleri *Jasem Omega Fatty Acids in Serum GC-MS Analysis Kit* kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.2 Örnek Hazırlama

PYS numunelerinin her birinden 500 mg 50 ml'lik falkon tüpe tartılmıştır. Tartım işlemi sonrası optimum ekstraksiyon işleminin gerçekleştiği 1:1 Kloroform: metanol çözücüsü falkon tüpleri içerisine 6 ml eklenmiştir. Çalkalayıcıda 1 saat bekletildikten sonra 2 ml saf su ve 2 ml (1:1) Kloroform: Metanol solventinden eklenerek yarım saat daha çalkalayıcıda tutulmuştur. 3500 rpm'de 10 dk santrifüj edilerek sulu üst faz atılarak organik alt faz üzerine 4 ml 1:1 Kloroform: Metanol eklenerek tekrar santrifüj yapılmıştır. Üst fazdan temiz bir tüpe alınarak içerisine sodyum sülfat katılarak 20 dk bekletilmiştir. Üst faz PTFE filtreden geçirilerek temiz bir tüpe alınarak azot altında uçurulmuştur. 200 µl metanol ile çözülmüş ve numune vial içerisine alınarak esterleşme reaksiyonu yapılmıştır.

Ekstraksiyon işlemi sonrası Jasem Omega Fatty Acids in Serum GC-MS Analysis Kit kullanılarak esterleşme reaksiyonu yapılmıştır. Analiz Agilent 8890-5977B GC-MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir. GC-MS Enstrümanı Analiz Parametreleri Tablo 3.2 gösterilmektedir.

Örneklere ait GC-MS kromotogram grafikleri EK-1'de sunulmaktadır.

Tablo 3.2: GC-MS Parametreleri

Cihaz	Agilent 8890-5977b Msd
Kolon	99% Helyum
Enjeksiyon Hacmi	1µl
Fırın Programı	150 °C'de 5 dk 30 °C'lik artışlarla 250 °C'de 5 dk bekleme
- Inlet Sıcaklığı	240 °C
Elektron Etkisi (EI) İyoinasyon	70 eV
Çözücü Gecikmesi	5.00 min
Mod	Selected-Ion Monitoring (SIM)
Kazanç Faktörü	25
MS Kaynağı	230 °C
MS Dörtlü	150 °C
MSD Transfer Hattı	280 °C

3.2.6 İstatistik Analiz

Sıcaklık, gama ve ultraviyole ışımaya maruz bırakılmış örneklerin YA değişkenleri arasındaki ilişkinin düzeyi parametrik yöntem olan Pearson Korelasyon analizi ile test edilmiştir ($p < 0.01$) (George ve Mallery, 2016). İstatistik analizler için SPSS 20 (IBM Corporation, NY, ABD) paket programı kullanılmıştır.



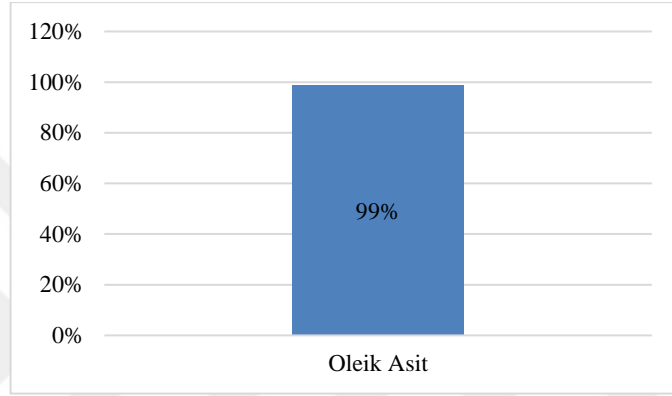
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

4.1 Sıcaklık Maruziyeti Bulguları

4.1.1 Tekli Doymamış Yağ Asitleri Sıcaklık Bulguları

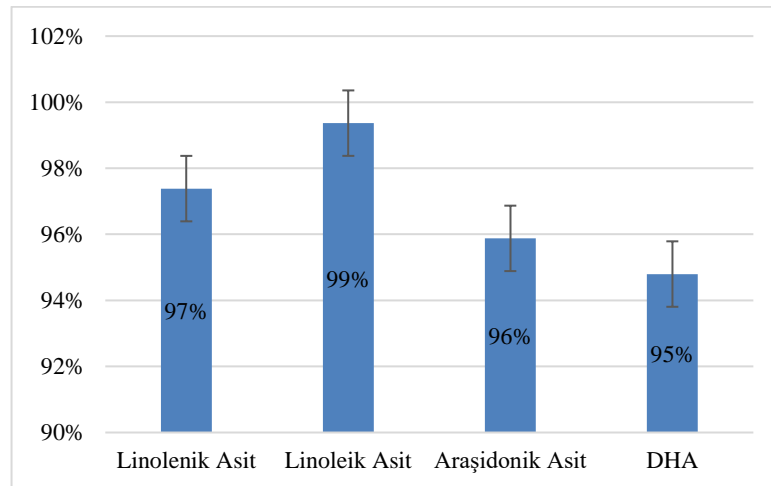
TDYA olan oleik asit sıcaklık uygulaması sonrası degrade olmayan oranı %99 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Sıcaklık uygulaması sonrası degrade olmayan tekli doymamış yağ asiti oranı (%)

4.1.2 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri Sıcaklık Bulguları

ÇDYA olan LA, linoleik asit, AA ve DHA'nın sıcaklık uygulaması sonrası degrade olmayan oranları sırasıyla; %97, %99, %96 ve %95 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2).

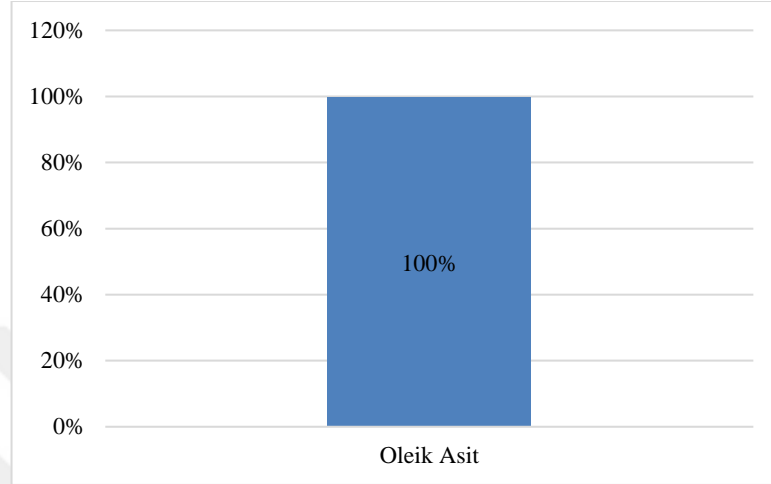


Şekil 4.2: Sıcaklık uygulaması sonrası degrade olmayan çoklu doymamış yağ asitleri oranı (%)

4.2 Gama Işıması Maruziyeti Bulguları

4.2.1 Tekli Doymamış Yağ Asiti Bulguları

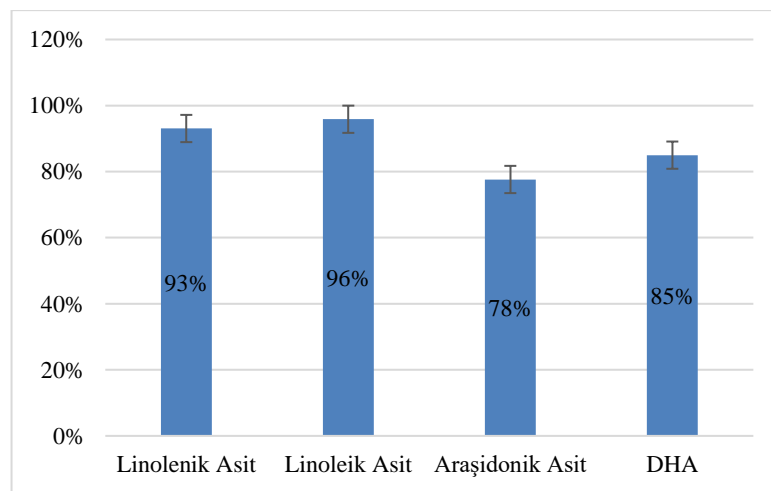
TDYA olan oleik asit γ ışınması sonrası stabil kalan yüzde oranı %100 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Gama ışınması sonrası degrade olmayan tekli doymamış yağ asiti oranı (%)

4.2.2 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri Bulguları

ÇDYA LA, linoleik asit, AA ve DHA'nın gama ışınması sonrası stabil kalan yüzde oranları sırasıyla; %93, %96, %78 ve %85 belirlenmiştir (Şekil 4.4).

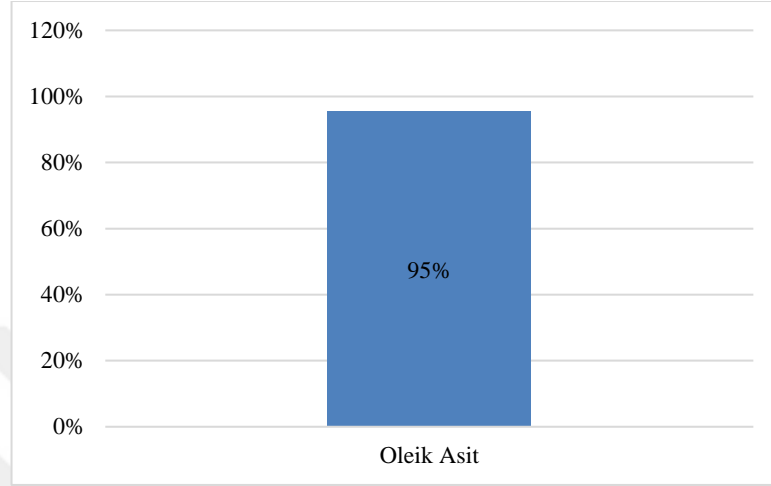


Şekil 4.4: Gama ışınması sonrası degrade olmayan çoklu doymamış yağ asitleri oranları (%)

4.3 Ultraviyole Işıması Maruziyeti Bulgular

4.3.1 Tekli Doymamış Yağ Asiti Bulguları

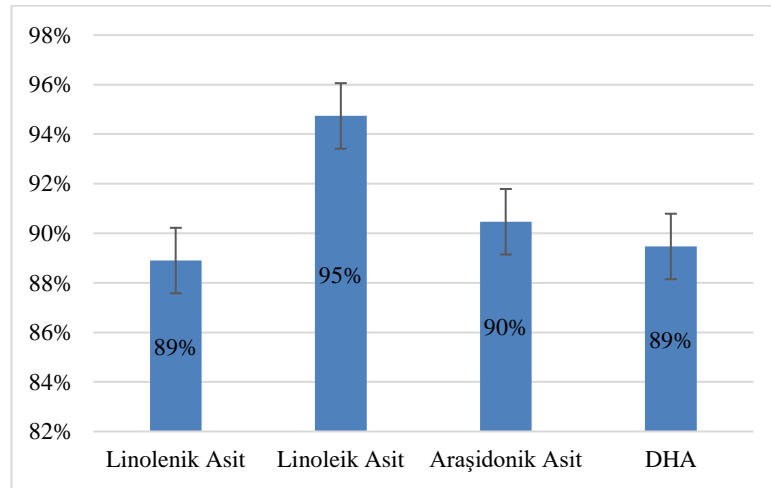
TDYA olan oleik asit UV ışması sonrası stabil kalan yüzde oranı %95 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: UV ışması sonrası degrade olmayan tekli doymamış yağ asiti oranı (%)

4.3.2 Çoklu Doymamış Yağ Asitleri

ÇDYA linolenik asit, linoleik asit, AA ve DHA'nın UV ışması sonrası stabil kalan yüzde oranları sırasıyla; %89, %95, %90 ve %89 belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: UV ışması sonrası degrade olmayan çoklu doymamış yağ asitleri oranları (%)

4.4 İstatistik Bulgular

Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasında aynı yönlü bir ilişki varsa 0 ile 1 arasında, ters yönlü bir ilişki varsa -1 ile 0 arasında değerler alır. Nokta çift serili ilişki katsayısının değeri ne kadar yüksek ise, iki değişken arasındaki ilişki de o kadar kuvvetlidir (Öztuna, Elhan ve Kurşun, 2006).

- γ ve UV ışımaya maruz kalan örneklerin YA değişkenlerinin degradasyona uğramayan yüzdeleri arasındaki ilişkiyi ölçmek için Pearson korelasyon testi yapılmıştır. Test sonucuna göre güçlü pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir ($R=0.8808$, $p=0.048509 < 0.05$).
- γ ve Δ ışımaya maruz kalan örneklerin YA değişkenlerinin degradasyona uğramayan yüzdeleri arasındaki ilişkiyi ölçmek için Pearson korelasyon testi yapılmıştır. Test sonucuna göre anlamlı ilişki olmadığı görülmüştür ($R=0.8006$, $p=0.10363 > 0.05$).
- UV ışımaya ve Δ ısıl işleme maruz kalan örneklerin YA değişkenlerinin degradasyona uğramayan yüzdeleri arasındaki ilişkiyi ölçmek için Pearson korelasyon testi yapılmıştır. Test sonucuna göre anlamlı ilişki olmadığı belirlenmiştir ($R=0.768$, $p=0.129373 > 0.05$).

BEŞİNCİ BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

Bu araştırmada, D₂O'nun sıcaklık, gama ve ultraviyole maruziyetlerine karşı doymamış yağ asitleri profiline etkileri GC-MS metodu ile araştırılmıştır. Elde edilen kromatografi sonuçları D₂O ilavesinin sıcaklık, gama ve ultraviyole maruziyetlerine karşı doymamış yağ asitlerinin stabilitesini ortalama ısıl işleme karşı %98,9, γ maruziyetine karşı %97,5 ve UV maruziyetine karşı %96,0 oranında koruduğunu göstermiştir.

D₂O, başlıca nükleer teknoloji alanında kullanılmaktadır. Ancak, son dönemlerde farmasötik, veterinerlik, biyolojik bilimler, biyoteknoloji ve sağlık alanlarında değerlendirme potansiyeline dönük araştırmacıların ilgisini çekmeyi başarmıştır (Kselíková, Vítová ve Bišová, 2019). Alanyazında, besin ögeleri ve D₂O arasındaki etkileşimleri araştıran yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu konuda tespit edilen birkaç inceleme arasında, mısır yağı uçucu organik bileşikleri ve D₂O (Kim, Kim ve Lee, 2014; Lee vd., 2018), linoleik asit oksidasyonu ve D₂O (Kim, Kim ve Lee, 2014; Oh vd., 2015; Oh vd., 2016) ve asetik asit oksidatif stabilitesi ve D₂O (Oh vd., 2017) ilintili birkaç inceleme olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, özellikle biyolojik bilimlerde D₂O'nun kullanıma girdiği konulara bakıldığında, besin ve beslenme alanlarında değerlendirme potansiyelinin araştırılmasında sakınca bulunmadığını ifade etmek yanlış olmayacaktır. Bizim araştırmamızda, D₂O'nun zorlu radyasyon ve sıcaklık koşulları altında yumurta sarısı içeriği doymamış yağ asitlerinden olan oleik asit, linoleik asit, linolenik asit, araşidonik asit ve DHA'nın stabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmamız, bu yönü ile beslenme ve diyetetik alanında ilk inceleme olmuş ve de ileri araştırmalar yapılması açısından ümit veren bulguları göstermiştir.

Bir besin ögesi için ilk iki önemli ölçüt stabilitesi ve nütrisyonel özellikleridir (Douglas, Zwart ve Smith, 2020). Lipitler, doğru insan beslenmesi için hayati öneme sahip bileşiklerdir. Lipitler, vücudun biyolojik süreçlerine enerji sağlamanın yanı sıra, esansiyel yağ asitleri veya yağda çözünen vitaminler gibi sadece diyetle sağlanabilen çok sayıda madde içerir. Ayrıca, lipitler, gıdaların

arzu edilen birçok özelliğinden sorumludur (Charanyaa, Belur ve Regupathi, 2019).

Lipitler bozulmaya karşı hassas olup, lipit oksidasyonu gıdalarda kalite bozulmalarının mikrobiyal olmayan ana nedenidir. Oksidasyon reaksiyonları, esansiyel yağ asitleri ve vitaminlerin kaybından dolayı sadece etlerin besin değerini azaltmakla kalmaz. Genel olarak, gözlemlenen ilk değişiklik, duyu kalitenin kademeli olarak azalmasıyla sonuçlanır. Bunlar, tüketici kabulünü etkileyen renk, doku ve bayat koku ve lezzetin görünümündeki değişiklikleri içerir (Domínguez vd., 2019). İlâveten, lipit oksidasyonu sonucu toksik bileşikler üretilmekte ve bu toksik bileşiklerin ateroskleroz, kanser, iltihaplanma ve yaşlanma süreçleri dahil olmak üzere çeşitli insan patolojilerine yol açtıkları bilinmektedir (Sarkisyan vd., 2016). Bu bağlamda, lipit hidroperoksitler hücre sitotoksitesine katkıda bulunur ve hidroperoksitlerin düşük konsantrasyonlarının hücreler üzerinde toksik etkiler yaratmaktadır (Vieira, Zhang ve Decker, 2017).

Kolesterol oksidasyon ürünleri ayrıca arteriyel hücreler için kolesterolden daha tehlikelidir ve koroner hastalıklar, mutajenik aktivite ve ateroskleroz ile ilişkilidir (Grebenteuch vd., 2021). Son araştırmalar, lipit oksidasyonundan türetilen aldehitlerin ve oksisterollerin proinflamatuvar, sitotoksik ve mutajenik etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Jackson ve Penumetcha, 2018). Gıdalarda lipit peroksidasyonunun duyarlılığı, lipit bileşimine, prooksidanların ve antioksidanların varlığına, oksijen seviyelerine, sıcaklığa, ışığa ve işleme yöntemlerine bağlıdır. ÇDYA açısından zengin gıdalar lipit oksidasyonuna daha duyarlıdır. Lipit oksidasyonunun tetiklediği olumsuz etkiler göz önüne alındığında, gıda kalitesini iyileştirmek için lipit oksidasyonunu azaltmak veya önlemek için birçok yöntem uygulanmıştır. En yaygın olarak kullanılan yöntem, E vitamini gibi antioksidanların eklenmesidir. Buna ek olarak, bazı bitki biyoaktif bileşiklerinin, özellikle polifenollerin, antioksidan etkilerinin olduğu yaygın olarak rapor edilmiştir. Örneğin, “Northern Spy” çeşidinden hazırlanan elma kabuğu ekstralarının ısı, UV ışık ve peroksil radikallerinin neden olduğu lipit oksidasyonunu azaltmada etkili olduğu bulunmuştur (Tao, 2015).

Bu araştırmada gereç olarak pastörize likit yumurta sarısı kullanılmıştır. Yumurta, insan beslenmesi için ÇDYA'lar içeren yüksek kaliteli lipitlerin iyi bir kaynağıdır. Tavuk yumurtası, yüksek besin değeri nedeniyle popöler yiyeceklerdendir. Yumurtanın yenebilen kısmı (100 gr) yaklaşık 11,2 gr yağ içermektedir (Juhaimi, Uslu ve Özcın, 2017). Ek olarak, yumurta sarısı, besinsel, organoleptik ve fonksiyonel özellikleri (emülsifiye edici, pıhtılaştırıcı ve jelleştirici özellikler) bir araya getirdiği için birçok gıda ürününde tartışmasız etkili bir bileşendir. Yüksek oranda esansiyel yağ asitleri içerir. Yumurta sarısı karmaşık bir yapıya sahiptir ve ısıl işlemlere (55 - 76 °C) daha duyarlıdır (Anton, 2013).

Bizim araştırmamız, insan diyetinde son derece önemli yeri olan yumurta ve tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin (oleik asit, linolenik asit, linoleik asit, araşidonik asit ve DHA) stres faktörleri altında stabilitesini incelemek ve olası insan sağlığına olumsuz etkilerinin önlenmesine dönük ortaya koyduğu bulguları ile alanyazına katkıda bulunmuştur. Örneğin, yumurta sarısında yüksek oranda bulunan oleik asit, DYA'nın neden olduğu iltihaplanmayı önleme kabiliyeti gösterir. Oleik asidin kendine özgü yararlı rolü, koroner kalp hastalığı, romatoid artrit ve kanser dahil olmak üzere çeşitli hastalıklarda gözlenmiştir. Oleik asit tüketimi romatoid artrit gelişme riskini önler. Ayrıca meme dokusu hücrelerinde oleik asit, lipit peroksidasyonunun hücrelerin fosfolipid membranına girişini azaltır. Son olarak, oleik asit, vücudun en yüksek lipit içeriğine sahip organı olan ve beyaz yağ dokusundan sonra gelen beynin gelişiminde çok önemli bir rol oynar. Bu organda lipidler, doğru homeostaz için gereklidir ve lipid metabolizmasındaki değişiklikler nörolojik hastalıklarla bağlantılıdır (Carrillo, Cavia ve Alonso-Torre, 2012; Sales-Campos vd., 2013; Silva-Martínez vd., 2016; Meng vd. 2019; Piccinin vd., 2019).

Yağ asitleri, dış faktörlerden (pH, sıcaklık, basınç, iyonik güç) etkilenebilen, bir ucunda bir karboksil grubu ve diğer ucunda bir metil grubu bulunan, değişen uzunluklarda ve doymamışlık derecelerinde (ift bağların varlığı) hidrokarbon zincirleridir (Stice, 2019).

Termal süreç, gıda bileşenlerinde, binom zaman/sıcaklık yoğunluğuna ve gıdanın ısıya duyarlılığına göre az ya da çok değişiklik gösterir. Spesifik olarak, sütte

bulunan lipitler, makro besinler arasında işleme sırasında en büyük değişime sahip olanlardır (Borgo vd., 2014). Bu nedenle, lipitlerin ve yağ asitlerinin termal özelliklerinin incelenmesi, besinsel ve fonksiyonel değer açısından özellikle önemlidir (Xu vd., 2020). Yüksek sıcaklıkların yağ asitleri üzerindeki etkisi incelenmiştir, ancak sonuçlar çalışmalar arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Sıcaklık, çoklu kimyasal reaksiyonlardan oluşan lipit oksidasyonunu hızlandırır. Hidroperoksitlerin ayrışması sıcaklık artışı ile sıcaklık dalgalanmaları da hücre dışı buz kristallerinin oluşumuna yol açarak hücre bozulmasını artırır bu da pro-oksidan bileşikler salınmasına neden olarak oksidasyonu hızlandırır (Domínguez vd., 2019). Bazıları, 75 °C'de 15 saniye süreyle pastörizasyon ve kaynatma işleminden sonra KZYA, OZYA'da bir artış ve KZYA'da azalma gösterir (Laučienė vd., 2019). Doymamış yağ asitlerinin bozunma ürünleri, 90 °C kadar düşük hidroliz sıcaklıklarında gözlemlenir. Doygunluk derecesi, sıcaklık, reaksiyon süresi ve bozunma ürünlerinin doğasının, ayrışma yolları üzerinde belirgin bir şekilde önemli etkileri vardır (Charuwat vd., 2018). Öte yandan, daha yüksek su içeriği, oleik asitler gibi doymamış yağ asitlerinin ciddi şekilde oksidasyonuna ve bozulmasına katkıda bulunacaktır (Chen vd., 2017).

Likit yumurta sarısı için yapılan bir çalışmada, daha yüksek dozlarda elde edilen lipid oksidasyonunun, ısı işlem görmüş yumurta sarısından daha düşük olmasına rağmen, işlem görmemiş kontrolden önemli ölçüde farklı olduğu gözlemlenmiştir (de Souza vd., 2013). Pastörizasyona maruz bırakılmış (65 °C'de, 30 dakika boyunca) inek ve manda sütünde kısa zincirli ve orta zincirli yağ asitleri konsantrasyonları artarken, uzun zincirli yağ asitlerinin azaldığı görülmüştür (Khan vd., 2017).

Bizim çalışmamızda gereç olarak kullanılan yumurta sarısının rutubet içeriği %63,0'dır. Bu nokta diğer uluslararası bulgular ile D₂O'nun performansı değerlendirilirken gözden kaçırılmamalıdır. Araştırmamızda, D₂O ilavesi yapılmış örnek 61,5 °C sıcaklıkta 24 saat bekletilmiştir. GC-MS analizi bulguları, D₂O ilavesinin doymamış yağ asitleri oleik asit, linolenik asit, linoleik asit, araşidonik asit ve DHA'ı %99-95 arasında degrade olmaktan koruduğunu göstermiştir. Özetle, sıcaklık faktörüne karşı farklı termal stabilite özellikleri

gösteren doymamış yağ asitlerinin, ısıtılma maruz kaldıklarında, yüksek rutubet içeriğine rağmen, D₂O tarafından oksidasyona karşı korunduğu anlaşılmış olup, bu korumanın temelinde ise ortamda serbest hidrojen atomunun az olmasının bulunduğu ileri sürülebilir.

UV ışınlanmasının sonucu, redoks dengesizliğini oksidatif koşullara kaydırmaktır, bu da lipitlerin keratinosit bileşenlerinin oksidatif modifikasyonu ile sonuçlanır (Gruber, 2016). UV oksidatif stresin en yaygın etkilerinden biri, ÇDYA'nın oksidasyonu ve bunların oksidatif parçalanma ve siklizasyon ürünlerinin üretilmesidir (Atalay vd., 2020; Jarocka-Karpowicz vd., 2020).

UV-C uygulamasının balık türlerinde doymuş ve doymamış yağ asitleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada depolamanın 1. gününde kontrol ve UV-C numuneleri arasında toplam DYA miktarında hiçbir fark ($P > 0.05$) tespit edilmemiştir. Depolamanın 1. gününde YA'daki büyük değişikliklere, düşük UV-C dozu (0.103 J/cm^2) neden olmuştur, bu da oleik asit ve erusik asit miktarını azaltmıştır. Depolama süresi boyunca, tüm uygulamalarda toplam DYA'lar artarken toplam TDYA'lar ve ÇDYA'ların azaldığı gözlemlenmiştir. Literatürde balık türlerinde UV-C maruziyetinin YA kompozisyonu üzerindeki etkisi ile ilgili herhangi bir rapor bulunmamaktadır (Monteiro vd., 2017). Düşük UV-C dozunun (0.100 J/cm^2) *Nannochloropsis* sp.'de lipid biyosentezini indükleyebileceği ve uzun zincirli TDYA üretiminde bir artışa neden olduğu görülmüştür (Sharma ve Schenk 2015).

İşlem görmemiş çiğ sütle karşılaştırıldığında, UV-C ile işlem görmüş sütte c_{9t11} konjuge linoleik asit azalırken ($P < 0.01$), t_{10c12} konjuge linoleik asit artmıştır ($P < 0.01$). Ayrıca, kontrole kıyasla UV-C ile muamele edilmiş sütte üç yeni uçucu bileşiklerin tanımlandığı görülmüştür (Dhahir vd., 2021).

Yapılan bir çalışmada 100 mJ/cm^2 'lik UV-C uygulamasının 24 saat içinde toplam yağ asitlerinin %30'unu ve daha yüksek dozlarda toplam kuru ağırlığın %12'sini oluşturan toplam EPA içeriğinde iki kat artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu yönüyle UV-C radyasyonu, mikroalglerde büyük ölçekli omega-3 üretimi için kolayca uygulanabilir bir indükleyici olarak kullanılabilir (Vasconcelos vd., 2016).

Zooplanktonlarda yapılan bir çalışmada UV radyasyonu üzerine, artan radyasyon dozları ile EPA ve DHA miktarlarının önemli ölçüde azaldığı buna ek olarak, mutlak toplam yağ asidi konsantrasyonunun, UV dozlarına göre biraz arttığı gözlemlendi. UV radyasyonunun, ÇDYA sentezini ve/veya oksidasyonunu bozduğu bulunmuştur (Won vd., 2014).

Oleik asidin UV'ye maruz kalması, 200 °C ile 300 °C arasında benzer bir etkiye sahiptir. UV ışığı, radikallere yer veren oksijen içeren maddeleri parçalamaktan sorumludur. Bu radikaller, oleik asitte anlamlı azalmaya neden olarak oto-oksidasyonu teşvik edecektir. Ancak sıcaklık etkisinin UV etkisinden daha önemli olduğu görülmektedir. Her durumda, oleik asit değeri %53'lük önemli bir bozunmayı göstermektedir (Niu vd., 2017; Blasi vd., 2021; Jukić ŠPika vd., 2021). Bu çalışmada, D₂O ilave edilmiş ve edilmemiş yumurta sarısı örneklerine 280-400 nm aralığında ve 120 dk süresince ultraviyoleye maruz bırakılmıştır. Uygulama bitiminde örneklerin yağ asidi düzeyleri GC-MS yöntemi ile ölçülmüştür. UV maruziyetine karşı D₂O ilave edilmiş örnekte en yüksek stabilite %95 ile oleik asit ve linoleik asit (tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asidi) görülürken, en düşük stabilite ise %89 linolenik asit ve DHA (çoklu doymamış yağ asitleri) ve arşidonik asitte %90 olarak tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular bazı uluslararası çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Sonuçlarımız, D₂O'nun yağ asit stabilitesini koruduğunu göstermesi bakımından önem taşımaktadır.

Gama ışınlama, elektromanyetik enerjidir. Spektrumda en kısa dalga boyuna rağmen en yüksek enerji seviyesinde bulunur. Daha enerjik oluşu nedeniyle maddeye giriciliği de oldukça yüksektir (Rowe vd., 2018). Yağ asitleri C, H, N ve O elementlerinden oluşur. Bu karmaşık biyomoleküller, canlı sistemler içinde çeşitli fizyolojik işlevleri yerine getirir. Gama radyasyonlarının biyolojik örnekler ve organik bileşiklerle etkileşimi hakkındaki veriler, tıbbi fizik, tıp, biyolojik ve radyolojik koruma gibi bazı alanlar için gereklidir (Gaikwad vd., 2017). Işınlanmış gıdalarda yiyecekler tarafından emilen enerji, ısıtılmış yiyeceklerden çok daha düşük olacaktır. Kimyasal elementlerde meydana gelen değişimlerin nicel olarak daha az olması beklenir. Malzemenin bileşimine bağlı olarak kullanılan doz artarsa kimyasal bileşiklerin miktarı da artacaktır. Kimyasal

değişiklikler, malzemenin sıcaklığı ve nem içeriği düzenlenerek ve ışınlanmış malzemenin çevresindeki havadan oksijenin uzaklaştırılmasıyla baskılanabilir. Yapılan bir çalışma sonuçlarında, 1 kGy doz ile ışınlanmış gıdalardaki besin kaybının önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Karşılaştırıldığında, orta doz ışınlama (1-10 kGy), ışınlama işleminin sıcaklığı ve havası ayarlanmadıkça besin bileşenlerini azaltabilir (Indiaro vd., 2020).

Zeytinyağına uygulanan 0, 1, 2 ve 3 kGy dozlarında gama ışınlaması sonrasında zeytinyağının asitlik değeri ve peroksit değeri gama ışınması ile artarken, fenolik değeri gama ışınması ve depolama süresi ile azalmıştır (Al-Bachir vd., 2018). Her ikisi de çok miktarda doymamış yağ asidi içeren soya fasulyesi ve soya fasulyesi yağının yağ asidi bileşimi, lipid peroksidasyon seviyesi ve antioksidan aktivitesi üzerindeki γ radyasyonunun etkilerinin incelendiği bir çalışmada aerobik koşullar altında 10 ila 80 kGy'de ışınlamanın, soya fasulyesinin yağ asidi bileşimini önemli ölçüde değiştirmediği gözlemlendi. 10 kGy ışınlama, aerobik veya anaerobik koşullar altında soya fasulyesi yağının yağ asidi bileşimini belirgin şekilde etkilemezken, 40 kGy ışınması, aerobik koşullar altında soya fasulyesi yağının yağ asidi bileşimini önemli ölçüde değiştirdi, ancak anaerobik koşullar altında değiştirmedir. Ayrıca, 40 kGy ışınlama, aerobik koşullar altında önemli miktarda trans yağ asidi üretirken anaerobik koşullar altında üretmedi. Soya fasulyesinin yağ asidi bileşiminin 10 kGy'deki radyasyondan belirgin bir şekilde etkilenmediğini ve anaerobik koşulların, yüksek dozlarda γ radyasyonu ile meydana gelen soya fasulyesi yağının bozulmasını azalttığını göstermektedir (Minami vd., 2012).

Üzüm çekirdeği örneklerine 1, 3, 5 ve 7 kGy gama radyasyonu maruziyeti sonrası yağ asidi bileşimi ile ilgili olarak oleik asit ve linoleik asit seviyelerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Üzüm çekirdeği yağlarındaki steroller arasında en yüksek yüzdeye sahip β -sitosterol içeriği gama ışınlaması nedeniyle azalmıştır. Genel olarak gama ışınlaması yağların serbest yağ asitlerini ve peroksit değerini artırmış; ancak üzüm çekirdeğinin fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesini azalmıştır (Apaydin vd., 2017).

Sığır eti ve zeytinyağının oleik asidindeki değişiklikler üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada 0 ila 60 kGy arasında değişen dozlarda ışınlanan

numunelerde metil oleat üzerine gama ışınlamasının doza bağılı bir şekilde trans oktadekenoik asit ve stearik asit oluşumunu indüklerken, oleik asit miktarını azalttığı görülmüştür. Ek olarak, ışınlama sırasında yüksek sıcaklığın stearik asit oluşumunu kolaylaştırdığı görülmüştür. Tersine, ışınlama dozu ve ışınlama sırasındaki sıcaklık sığır eti ve zeytinyağındaki trans veya doymuş yağ asitlerinin miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildi (Hong vd., 2010).

Gama ışın kaynağı olarak sezyum-137 (^{137}Cs) ya da kobalt-60 (^{60}Co) radyoaktif elementler kullanılmaktadır. Bu araştırmada ise Gamapak firmasının (Tekirdağ, Türkiye) sterilizasyon tesisinde kobalt-60 (^{60}Co) kaynağından yayınlanan gama ışınlarından faydalanılmıştır. Kapalı plastik ambalajlı besinleri oda şartlarında iki yıl saklamak için 10-60 kGy doz uygulanabilir (Munir ve Federighi, 2020). Ancak, önerilen sterilizasyon doz seviyesi 10 kGy'i geçmemelidir (Mbarki, Sadok ve Barkallah, 2008). Bu araştırmada, D₂O eklenmiş ve eklenmemiş yumurta sarısı örnekleri 180 dk süresince ortalama 10 kGy gama ışınmasına maruz bırakılmıştır. Yağ asit düzeyleri maruziyet öncesi ve sonrası GC-MS yöntemi ile ölçülmüştür. Gama maruziyetine karşı D₂O ilave edilmiş örnekte en yüksek stabilite %100 ile oleik asitte (tekli doymamış yağ asidi) görülürken, en düşük stabilite ise %78 araşidonik asit (çoklu doymamış yağ asitleri) belirlenmiştir.

Özetle, araştırmamızın uluslararası çalışmalar ile örtüşen ve farklılaşan sonuçları olduğu görülmektedir. D₂O ilavesinin yumurta sarısı yağ asitlerini belirtilen doz ve süredeki gama enerjisine karşı koruduğu anlaşılmıştır.

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ

D₂O kullanım alanları artan bir madde olarak karşımıza çıkmaktadır. Araştırmamız D₂O'nun besin öğeleri ile etkileşim potansiyeli olduğunu ortaya koymuştur. Literatürde D₂O'nun doymamış yağ asitlerinin zorlu stres faktörlerine karşı stabilitesinin ele alındığı ilk çalışmalardan birisi olması bakımından elde edilen ön bulgular D₂O'nun besin stabilitesi üzerinde araştırmacılara potansiyel fırsatlar sunduğu görülmektedir.

İklim değişikliği, doğal felaketler ve benzeri sorunların besin zincirini etkilediği ve insanların besinlere yüksek verimde ulaşmasını engellediği görülmektedir. Besinlerin makro ve mikro bileşenlerinin ekstrem koşullarda korunması beslenme bilimi açısından her zaman önem teşkil edecektir. Yağ asitlerinin degradasyonu sıkça karşılaşılan bir problem olmakla beraber, stabilitenin sağlanmasında D₂O ile daha kapsamlı ve detaylı çalışmalar yapılması gerekliliği anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, D₂O ilavesinin sıcaklık, gama ve UV stress faktörlerine karşı doymamış yağ asitlerinde degradasyonu farklı düzeylerde koruduğu anlaşılmıştır. İnsan beslenmesini baştan sona etkileyen ve lipidlerin biyoyararlılığını ve stabilitesini arttırmaya yönelik D₂O'nun kullanımıyla ilgili farklı doz ve ortamlarda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbas Ali, M., Anowarul Islam, M., Othman, N. H., & Noor, A. M. (2017). Effect of heating on oxidation stability and fatty acid composition of microwave roasted groundnut seed oil. *Journal of food science and technology*, 54(13): 4335–4343.
- Abreu, V. K. G., Pereira, A. L. F., Freitas, E. R. D., Trevisan, M. T. S., & Costa, J. M. C. D. (2014). Effect of anacardic acid on oxidative and color stability of spray dried egg yolk. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2): 466–471.
- Akyurek, H., & Okur, A. A. (2009). Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(10): 1953-1958.
- Al-Bachir, M. (2018). Effect of storage time and gamma irradiation on the chemical properties of olive (*Olea europaea*) oils. *International Journal of Food Studies*, 7(1): 79-88.
- Alfhili, M. A., & Aljuraiban, G. S. (2021). Lauric Acid, a Dietary Saturated Medium-Chain Fatty Acid, Elicits Calcium-Dependent Eryptosis. *Cells*, 10(12): 3388.
- Allothman, M., Bhat, R., & Karim, A. (2009). Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. *Trends in Food Science & Technology*, 20(5): 201–212.
- Altinoz, M. A., Ozpinar, A., & Seyfried, T. N. (2020). Caprylic (Octanoic) Acid as a Potential Fatty Acid Chemotherapeutic for Glioblastoma. *Prostaglandins, leukotrienes, and essential fatty acids*, 159: 102142.
- American Egg Board. (2022). Nutrient Composition Tables [Online]. <https://www.scribbr.com/apa-citation-generator/new/webpage/> (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)

- Anton, M. (2013). Egg yolk: structures, functionalities and processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12): 2871–2880.
- Apaydin, D., Demirci, A. S., & Gecgel, U. (2017). Effect of gamma irradiation on biochemical properties of grape seeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(1): 57-67.
- Astudillo, A. M., Meana, C., Bermúdez, M. A., Pérez-Encabo, A., Balboa, M. A., & Balsinde, J. (2020). Release of anti-inflammatory palmitoleic acid and its positional isomers by mouse peritoneal macrophages. *Biomedicines*, 8(11): 480.
- Atalay, S., Dobrzyńska, I., Gęgotek, A., & Skrzydlewska, E. (2020). Cannabidiol protects keratinocyte cell membranes following exposure to UVB and hydrogen peroxide. *Redox Biology*, 36: 101613.
- Aydın, Y. (2012). İletken polimerlerin içerisinde enzim tutuklamasıyla yapılan biyosensörler (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Bader, Y., Hartmann, J., Horvath, Z., Saiko, P., Grusch, M., Madlener, S., ... & Szekeres, T. (2008). Synergistic effects of deuterium oxide and gemcitabine in human pancreatic cancer cell lines. *Cancer letters*, 259(2): 231-239.
- Ben Abu, N., Mason, P. E., Klein, H., Dubovski, N., Ben Shoshan-Galeczki, Y., Malach, E., Pražienková, V., Maletínská, L., Tempra, C., Chamorro, V. C., Cvačka, J., Behrens, M., Niv, M. Y., & Jungwirth, P. (2021). Sweet taste of heavy water. *Communications biology*, 4(1): 440.
- Berg, J., Seyedsadjadi, N., & Grant, R. (2020). Saturated Fatty Acid Intake Is Associated With Increased Inflammation, Conversion of Kynurenine to Tryptophan, and Delta-9 Desaturase Activity in Healthy Humans. *International journal of tryptophan research: IJTR*, 13: 1178646920981946.

- Bhardwaj, S., Passi, S. J., Misra, A., Pant, K. K., Anwar, K., Pandey, R., & Kardam, V. (2016). Effect of heating/reheating of fats/oils, as used by Asian Indians, on trans fatty acid formation. *Food Chemistry*, 212: 663–670.
- Bila, W. C., Mariano, R. M. D. S., Silva, V. R., Dos Santos, M. E. S. M., Lamounier, J. A., Ferrioli, E., & Galdino, A. S. (2017). Applications of deuterium oxide in human health. *Isotopes in environmental and health studies*, 53(4): 327-343.
- Blasi, F., Chiesi, C., Spogli, R., Cossignani, L., & Nocchetti, M. (2021). Oxidative Stability of Long-Chain Fatty Acids with Different Unsaturation Degrees into Layered Double Hydroxides. *Applied Sciences*, 11(15): 7035.
- Bodur, M., & Aşlı, U. (2021). Palmitoleik Asidin Bazı Kronik Hastalıklardaki Rolü: Kısa Derleme. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1): 103-107.
- Borgo, L. A., Coelho Araújo, W. M., Conceição, M. H., Sabioni Resck, I., & Mendonça, M. A. (2014). Are fat acids of human milk impacted by pasteurization and freezing?. *Nutricion hospitalaria*, 31(3): 1386–1393.
- Borrelli, L., Varriale, L., Dipineto, L., Pace, A., Menna, L. F., & Fioretti, A. (2021). Insect Derived Lauric Acid as Promising Alternative Strategy to Antibiotics in the Antimicrobial Resistance Scenario. *Frontiers in Microbiology*, 12: 620798.
- Botsoglou, E., Govaris, A., Ambrosiadis, I., Fletouris, D., & Papageorgiou, G. (2014). Effect of olive leaf (*Olea europea* L.) extracts on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties enriched with n-3 fatty acids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(2): 227-234.
- Calder, P. C. (2018). Very long-chain n-3 fatty acids and human health: fact, fiction and the future. *Proceedings of the Nutrition Society*, 77(1): 52-72.
- Candry, P., Radić, L., Favere, J., Carvajal-Arroyo, J. M., Rabaey, K., & Ganigué, R. (2020). Mildly acidic pH selects for chain elongation to caproic acid over

alternative pathways during lactic acid fermentation. *Water Research*, 186: 116396.

- Carrillo, C., Cavia, M., & Alonso-Torre, S. R. (2012). Antitumor effect of oleic acid; mechanisms of action: a review. *Nutricion hospitalaria*, 27(6): 1860–1865.
- Charanyaa, S., Belur, P. D., & Regupathi, I. (2019). Effect of Intrinsic and Extrinsic Factors on the Storage Stability of Sardine Oil. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 7(3): 749–760.
- Charuwat, P., Boardman, G., Bott, C., & Novak, J. T. (2018). Thermal Degradation of Long Chain Fatty Acids. *Water Environment Research*, 90(3): 278–287.
- Chen, H., Cao, P., Li, B., Sun, D., Wang, Y., Li, J., & Liu, Y. (2017). Effect of water content on thermal oxidation of oleic acid investigated by combination of EPR spectroscopy and SPME-GC-MS/MS. *Food Chemistry*, 221: 1434–1441.
- Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *International journal of molecular sciences*, 21(16): 5695.
- Chetta, K. E., Alcorn, J. L., Baatz, J. E., & Wagner, C. L. (2021). Cytotoxic Lactalbumin-Oleic Acid Complexes in the Human Milk Diet of Preterm Infants. *Nutrients* 2021, 13: 4336.
- Cortinas, L., Galobart, J., Barroeta, A. C., Baucells, M. D., & Grashorn, M. A. (2003). Change in α -tocopherol contents, lipid oxidation and fatty acid profile in eggs enriched with linolenic acid or very long-chain ω 3 polyunsaturated fatty acids after different processing methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(8): 820-829.
- Crupi, R., & Cuzzocrea, S. (2022). Role of EPA in Inflammation: Mechanisms, Effects, and Clinical Relevance. *Biomolecules*, 12(2): 242.
- Çakmakçı, S. ve Kahyaoğlu, D. T. (2012). Yağ asitlerinin sağlık ve beslenme üzerine etkileri, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(2): 133-137.

- Dalmau, N., Andrieu-Abadie, N., Tauler, R., & Bedia, C. (2018). Phenotypic and lipidomic characterization of primary human epidermal keratinocytes exposed to simulated solar UV radiation. *Journal of dermatological science*, 92(1): 97-105.
- da S Mariano, R. M., Bila, W. C., Trindade, M., Lamounier, J. A., & Galdino, A. S. (2017). Biotechnological Patents Applications of the Deuterium Oxide in Human Health. *Recent patents on biotechnology*, 11(2): 76–84.
- Dayısoylu, K. S. & Tekin Sakallı, F. B. (2020). Commonly Consumed Functional Foods and Food Ingredients. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 4(2): 155-160.
- de Souza, C. O., Vannice, G. K., Rosa Neto, J. C., & Calder, P. C. (2018). Is palmitoleic acid a plausible nonpharmacological strategy to prevent or control chronic metabolic and inflammatory disorders? *Molecular Nutrition & Food Research*, 62(1): 1700504.
- de Souza, P. M., Briviba, K., Müller, A., Fernández, A., & Stahl, M. (2013). Cytogenotoxic and oxidative effects of a continuous UV-C treatment of liquid egg products. *Food chemistry*, 138(2-3): 1682-1688.
- Dhahir, N., Feugang, J., Witrick, K., Park, S., White, S., & AbuGhazaleh, A. (2021). The effect of different ultraviolet-C light doses on microbial reduction and the components of camel milk. *Food Science and Technology International*, 27(2): 99-111.
- Dijk, F. J., Van Dijk, M., Dorresteyn, B., & Van Norren, K. (2019). DPA shows comparable chemotherapy sensitizing effects as EPA upon cellular incorporation in tumor cells. *Oncotarget*, 10(57): 5983.
- DiNicolantonio, J. J., & O'Keefe, J. H. (2017). Good Fats versus Bad Fats: A Comparison of Fatty Acids in the Promotion of Insulin Resistance, Inflammation, and Obesity. *Missouri medicine*, 114(4): 303–307.

- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10): 429.
- Dordevic, D., Kushkevych, I., Jancikova, S., Zeljkovic, S. C., Zdarsky, M., & Hodulova, L. (2020). Modeling the effect of heat treatment on fatty acid composition in home-made olive oil preparations. *Open Life Sciences*, 15(1): 606–618.
- Douglas, G. L., Zwart, S. R., & Smith, S. M. (2020). Space Food for Thought: Challenges and Considerations for Food and Nutrition on Exploration Missions. *The Journal of Nutrition*, 150(9): 2242–2244.
- Edin, M. L., Duval, C., Zhang, G., & Zeldin, D. C. (2020). Role of linoleic acid-derived oxylipins in cancer. *Cancer and Metastasis Reviews*, 39(3): 581-582.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). (2010). Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal*, 8(3): 1461.
- El-Far, M., Durand, M., Turcotte, I., Larouche-Anctil, E., Sylla, M., Zaidan, S., Chartrand-Lefebvre, C., Bunet, R., Ramani, H., Sadouni, M., Boldeanu, I., Chamberland, A., Lesage, S., Baril, J. G., Trottier, B., Thomas, R., Gonzalez, E., Filali-Mouhim, A., Goulet, J. P., Martinson, J. A., ... Tremblay, C. L. (2021). Upregulated IL-32 Expression And Reduced Gut Short Chain Fatty Acid Caproic Acid in People Living With HIV With Subclinical Atherosclerosis. *Frontiers in immunology*, 12: 664371.
- Fatima, S., Hu, X., Gong, R. H., Huang, C., Chen, M., Wong, H. L. X., Bian, Z., & Kwan, H. Y. (2019). Palmitic acid is an intracellular signaling molecule involved in disease development. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 76(13): 2547–2557.
- Froyen, E., & Burns-Whitmore, B. (2020). The effects of linoleic acid consumption on lipid risk markers for cardiovascular disease in healthy individuals: A review of human intervention trials. *Nutrients*, 12(8): 2329.

- Gaikwad, D. K., Pawar, P. P., & Selvam, T. P. (2017). Mass attenuation coefficients and effective atomic numbers of biological compounds for gamma ray interactions. *Radiation Physics and Chemistry*, *138*: 75–80.
- George, D., & Mallery, P. (2016). *IBM SPSS Statistics 23 Step by Step: A Simple Guide and Reference* (14th ed.). New York, USA: Routledge.
- Ghezzal, S., Postal, B. G., Quevrain, E., Brot, L., Seksik, P., Leturque, A., Thenet, S., & Carrière, V. (2020). Palmitic acid damages gut epithelium integrity and initiates inflammatory cytokine production. *Biochimica et biophysica acta. Molecular and cell biology of lipids*, *1865*(2): 158530.
- Golmakani, M. T., Tahsiri, Z., & Alavi, N. (2018). Influence of UV and X-ray radiations on oxidative stability of soybean oil formulated with neroli oil as a natural antioxidant. *International Journal of Food Properties*, *21*(1): 2660–2670.
- Grebenteuch, S., Kroh, L. W., Drusch, S., & Rohn, S. (2021). Formation of Secondary and Tertiary Volatile Compounds Resulting from the Lipid Oxidation of Rapeseed Oil. *Foods*, *10*(10): 2417.
- Gruber, F. (2016). *The skin lipidome under environmental stress—technological platforms, molecular pathways and translational opportunities*. In skin stress response pathways (pp. 1-27). Springer, Cham.
- Guadamuro, L., Azcárate-Peril, M. A., Tojo, R., Mayo, B., & Delgado, S. (2021). Impact of Dietary Isoflavone Supplementation on the Fecal Microbiota and Its Metabolites in Postmenopausal Women. *International journal of environmental research and public health*, *18*(15): 7939.
- He, B., & Moreau, R. (2019). Lipid-regulating properties of butyric acid and 4-phenylbutyric acid: Molecular mechanisms and therapeutic applications. *Pharmacological research*, *144*: 116–131.
- Hematyar, N., Rustad, T., Sampels, S., & Kastrup Dalsgaard, T. (2019). Relationship between lipid and protein oxidation in fish. *Aquaculture Research*, *50*(5): 1393-1403.

- Hong, S. I., Kim, J. Y., Cho, S. Y., & Park, H. J. (2010). The effect of gamma irradiation on oleic acid in methyl oleate and food. *Food chemistry*, *121*(1): 93-97.
- Indiarto, R., Pratama, A. W., Sari, T. I., & Theodora, H. C. (2020). Food Irradiation Technology: A Review of The Uses and Their Capabilities. *Int. J. Eng. Trends Technol*, *68*(12): 91-98.
- Innes, J. K., & Calder, P. C. (2020). Marine omega-3 (N-3) fatty acids for cardiovascular health: an update for 2020. *International journal of molecular sciences*, *21*(4): 1362.
- Innis S. M. (2016). Palmitic Acid in Early Human Development. *Critical reviews in food science and nutrition*, *56*(12): 1952–1959.
- Jackson, V., & Penumetcha, M. (2019). Dietary oxidised lipids, health consequences and novel food technologies that thwart food lipid oxidation: an update. *International Journal of Food Science & Technology*, *54*(6): 1981-1988.
- Jadhav, A., Mortale, S., Halbandge, S., Jangid, P., Patil, R., Gade, W., Kharat, K., & Karuppayil, S. M. (2017). The Dietary Food Components Capric Acid and Caprylic Acid Inhibit Virulence Factors in *Candida albicans* Through Multitargeting. *Journal of medicinal food*, *20*(11): 1083–1090.
- Jandova, J., Hua, A. B., Fimbres, J., & Wondrak, G. T. (2021). Deuterium Oxide (D₂O) Induces Early Stress Response Gene Expression and Impairs Growth and Metastasis of Experimental Malignant Melanoma. *Cancers*, *13*(4): 605.
- Javed, A., Imran, M., Ahmad, N., & Hussain, A. I. (2018). Fatty acids characterization and oxidative stability of spray dried designer egg powder. *Lipids in Health and Disease*, *17*(1): 282.
- Jarocka-Karpowicz, I., Biernacki, M., Wroński, A., Gęgotek, A., & Skrzydlewska, E. (2020). Cannabidiol effects on phospholipid metabolism in keratinocytes from patients with psoriasis vulgaris. *Biomolecules*, *10*(3): 367.

- Jiang, L., Fu, H., Yang, H. K., Xu, W., Wang, J., & Yang, S. T. (2018). Butyric acid: Applications and recent advances in its bioproduction. *Biotechnology Advances*, 36(8): 2101–2117.
- Juhaimi, F. A., Uslu, N., & Özcan, M. M. (2017). Oil content and fatty acid composition of eggs cooked in drying oven, microwave and pan. *Journal of Food Science and Technology*, 54(1): 93–97.
- Jukić Špika, M., Perica, S., ŽAnetić, M., & ŠKevin, D. (2021). Virgin Olive Oil Phenols, Fatty Acid Composition and Sensory Profile: Can Cultivar Overpower Environmental and Ripening Effect? *Antioxidants*, 10(5): 689.
- Kamal-Eldin, A. (2006). Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(12): 1051–1061.
- Khan, I. T., Nadeem, M., Imran, M., Ayaz, M., Ajmal, M., Ellahi, M. Y., & Khaliq, A. (2017). Antioxidant capacity and fatty acids characterization of heat treated cow and buffalo milk. *Lipids in health and disease*, 16(1): 1-10.
- Khatua, P., Jana, A. K., & Hansmann, U. (2021). Effect of Lauric Acid on the Stability of A β 42 Oligomers. *ACS omega*, 6(8): 5795–5804.
- Kiang, J. G., Fukumoto, R., & Gorbunov, N. V. (2012). Lipid peroxidation after ionizing irradiation leads to apoptosis and autophagy. *Lipid peroxidation*, 261-278.
- Kim, H. S., Yoo, H. J., Lee, K. M., Song, H. E., Kim, S. J., Lee, J. O., Hwang, J. J., & Song, J. W. (2021). Stearic acid attenuates profibrotic signalling in idiopathic pulmonary fibrosis. *Respirology (Carlton, Vic.)*, 26(3): 255–263.
- Kim, J., Kim, M. J., & Lee, J. (2014). Effects of deuterium oxide on the oxidative stability and change of headspace volatiles of corn oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(4): 623-628.

- Kim, Y., & Kim, J. (2020). N-6 polyunsaturated fatty acids and risk of cancer: accumulating evidence from prospective studies. *Nutrients*, 12(9): 2523.
- Kleemann, J., Reichenbach, G., Zöller, N., Jäger, M., Kaufmann, R., Meissner, M., & Kippenberger, S. (2020). Heavy Water Affects Vital Parameters of Human Melanoma Cells in vitro. *Cancer management and research*, 12, 1199–1209.
- Kselíková, V., Vítová, M., & Bišová, K. (2019). Deuterium and its impact on living organisms. *Folia microbiologica*, 64(5): 673–681.
- Laučienė, L., Šernienė, L., Urbšienė, L., Kašauskas, A., Sinkevičienė, I., & Andrulevičiūtė, V. (2019). Utjecaj tehnološkog postupka i skladištenja na profil masnih kiselina u mliječnim proizvodima. *Mljekarstvo*, 69(4): 229–238.
- Lauritzen, L., Brambilla, P., Mazzocchi, A., Harsløf, L., Ciappolino, V., & Agostoni, C. (2016). DHA effects in brain development and function. *Nutrients*, 8(1): 6.
- Lee, J. H., & Paik, H. D. (2019). Anticancer and immunomodulatory activity of egg proteins and peptides: a review. *Poultry science*, 98(12): 6505–6516.
- Lee, J. M., Lee, H., Kang, S., & Park, W. J. (2016). Fatty acid desaturases, polyunsaturated fatty acid regulation, and biotechnological advances. *Nutrients*, 8(1): 23.
- Lemarié, F., Beauchamp, E., Drouin, G., Legrand, P., & Rioux, V. (2018). Dietary caprylic acid and ghrelin O-acyltransferase activity to modulate octanoylated ghrelin functions: What is new in this nutritional field? *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 135: 121–127.
- Łuczaj, W., Domingues, M. D. R., Domingues, P., & Skrzydlewska, E. (2020). Changes in Lipid Profile of Keratinocytes from Rat Skin Exposed to Chronic UVA or UVB Radiation and Topical Application of Cannabidiol. *Antioxidants*, 9(12): 1178.

- Mahfuz, S., Song, H., Wei, J., Chen, M., Zhen, D., Nahar, J. ve Liu Z. (2018). Organic Egg Production, Egg Quality, Calcium Utilization, and Digestibility in Laying Hens Fed with Mushroom (*Flammulina velutipes*) Stem Waste. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 20 (4): 717-724
- Maki, K. C., Eren, F., Cassens, M. E., Dicklin, M. R., & Davidson, M. H. (2018). ω -6 polyunsaturated fatty acids and cardiometabolic health: current evidence, controversies, and research gaps. *Advances in Nutrition*, 9(6): 688-700.
- Manrique Vergara, D., & González Sánchez, M. E. (2017). Ácidos grasos de cadena corta (ácido butírico) y patologías intestinales [Short chain fatty acids (butyric acid) and intestinal diseases]. *Nutricion hospitalaria*, 34(Suppl 4): 58–61.
- Mbarki, R., Sadok, S., & Barkallah, I. (2008). Influence of Gamma Irradiation on Microbiological, Biochemical, and Textural Properties of Bonito (*Sarda sarda*) During Chilled Storage. *Food Science and Technology International*, 14(4): 367–373.
- Meng, H., Matthan, N. R., Wu, D., Li, L., Rodríguez-Morató, J., Cohen, R., Galluccio, J. M., Dolnikowski, G. G., & Lichtenstein, A. H. (2019). Comparison of diets enriched in stearic, oleic, and palmitic acids on inflammation, immune response, cardiometabolic risk factors, and fecal bile acid concentrations in mildly hypercholesterolemic postmenopausal women-randomized crossover trial. *The American journal of clinical nutrition*, 110(2): 305–315.
- Mett, J., & Müller, U. (2021). The medium-chain fatty acid decanoic acid reduces oxidative stress levels in neuroblastoma cells. *Scientific reports*, 11(1): 6135.
- Minami, I., Nakamura, Y., Todoriki, S., & Murata, Y. (2012). Effect of γ irradiation on the fatty acid composition of soybean and soybean oil. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 76(5): 900-905.
- Monteiro, M. L., Mársico, E. T., Canto, A. C., Costa-Lima, B. R., Costa, M. P., Viana, F. M., Silva, T. J., & Conte-Junior, C. A. (2017). Impact of UV-C Light

on the Fatty Acid Profile and Oxidative Stability of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillets. *Journal of food science*, 82(4): 1028–1036.

Moriyama, K., Kishimoto, N., Shiina, Y., Urata, N., Masuda, Y., Oda, K., Yamada, C., Takashimizu, S., Kubo, A., & Nishizaki, Y. (2021). Oleic acid to stearic acid ratio might be a potential marker for insulin resistance in non-obese Japanese. *Journal of clinical biochemistry and nutrition*, 68(2): 164–168.

Moura, E., Dos Santos, H., Celes, A., Bassani, T. B., Souza, L. C., & Vital, M. (2020). Effects of a Nutritional Formulation Containing Caprylic and Capric Acid, Phosphatidylserine, and Docosahexaenoic Acid in Streptozotocin-Lesioned Rats. *Journal of Alzheimer's disease reports*, 4(1): 353–363.

Munir, M. T., & Federighi, M. (2020). Control of Foodborne Biological Hazards by Ionizing Radiations. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(7): 878.

Naghshi, S., & Sadeghi, O. (2021). Current evidence on dietary intakes of fatty acids and mortality. *BMJ (Clinical research ed.)*, 375: n2379.

Niu, S., Zhou, Y., Yu, H., Lu, C., & Han, K. (2017). Investigation on thermal degradation properties of oleic acid and its methyl and ethyl esters through TG-FTIR. *Energy Conversion and Management*, 149: 495–504.

Ocak, M. (2015). Işık Tayfi Nedir? [Online]. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/isik-tayfi-nedir> (Erişim Tarihi: 26 Mart 2022).

Oh, S., Yi, B., Kim, M. J., & Lee, J. (2015). Effects of deuterium oxide on formation of volatiles in linoleic acid model systems at different temperatures and oxygen limitation conditions. *Food Science and Biotechnology*, 24(1): 41–46.

Onurlubaş, E., Gümüş, N., & Karaca, Ş. (2020). Tüketicilerin Organik Yumurta Satın Alma Niyetini Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli İle İncelenmesi. *Sosyal Bilimler Arastirmalari Dergisi*, 10(1): 113-131.

- Özkaya, T. (2017). Yumurtanın dört hali: Endüstriyel, gezen, organik, ekolojik ve adil. <https://www.yurtgazetesi.com.tr/yumurtanin-dort-hali-endustriyel-gezen-organik-ekolojik-ve-adil-makale,14128.html> (Erişim tarihi: 14.10.2019)
- Öztuna, D., Elhan, A. H. & Tüccar, E. (2006). Investigation of four different normality tests in terms of type 1 error rate and power under different distributions. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 36(3): 171-176.
- Pant, I., & Shashidhar, R. (2020). Understanding the influence of heavy water stress on the physiology of *Salmonella Typhimurium*. *Applied Radiation and Isotopes*, 159: 108990.
- Patrick, R. P. (2019). Role of phosphatidylcholine-DHA in preventing APOE4-associated Alzheimer's disease. *The FASEB Journal*, 33(2): 1554-1564.
- Pfrimer, K., Moriguti, J. C., Lima, N. K. C., Marchini, J. S., & Ferriolli, E. (2011). Bioelectrical impedance with different equations versus deuterium oxide dilution method for the inference of body composition in healthy older persons. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 16(2): 124–127.
- Piccinin, E., Cariello, M., De Santis, S., Ducheix, S., Sabbà, C., Ntambi, J. M., & Moschetta, A. (2019). Role of oleic acid in the gut-liver axis: From diet to the regulation of its synthesis via Stearoyl-CoA desaturase 1 (SCD1). *Nutrients*, 11(10): 2283.
- Pompura, S. L., Wagner, A., Kitz, A., LaPerche, J., Yosef, N., Dominguez-Villar, M., & Hafler, D. A. (2021). Oleic acid restores suppressive defects in tissue-resident FOXP3 Tregs from patients with multiple sclerosis. *The Journal of clinical investigation*, 131(2): e138519.
- PubChem. (2022a). Carboxylic acid [Online]. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Carboxylic-acids_-C6-18-and-C8-15-di. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022b). Butyric acid [Online]. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Butyric-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)

- PubChem. (2022c). Caproic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Caproic-acid-1-13C#section=Structures>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022ç). Caprilic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Octanoic-acid#:~:text=Octanoic%20acid%20is%20also%20known,conjugate%20acid%20of%20an%20octanoate>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022d). Capric acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Decanoic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022e). Lauric acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lauric-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022f). Myristic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Myristic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022g). Palmitic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Palmitic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022ğ). Stearic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Stearic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022h). Oleic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Oleic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022ı). Palmitoleic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Palmitoleic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)

- PubChem. (2022i). Linoleic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Linoleic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022j). Linolenic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Linolenic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022k). Arachidonic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Arachidonic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022l). Docosahexaenoic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Docosahexaenoic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022m). Eicosapentaenoic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Eicosapentaenoic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)
- PubChem. (2022n). Docosapentaenoic acid [Online].
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Docosapentaenoic-acid>. (Erişim tarihi: 19 Haziran 2022)

Ren, S., Li, P., Geng, Z., Sun, C., Song, H., Wang, D., . . . Xu, W. (2017). Lipolysis and Lipid Oxidation during Processing of Chinese Traditional Dry-Cured White Amur Bream (*Parabramis pekinensis*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(6): 719–730.

Roopashree, P. G., Shetty, S. S., & Kumari, N. S. (2021). Effect of medium chain fatty acid in human health and disease. *Journal of Functional Foods*, 87: 104724.

Rowe, L., Peller, J., Mammoser, C., Davidson, K., Gunter, A., Brown, B., & Dhar, S. (2019). Stability of non-proteinogenic amino acids to UV and gamma irradiation. *International Journal of Astrobiology*, 18(5): 426-435.

- Ruiz-Núñez, B., Dijck-Brouwer, D. A., & Muskiet, F. A. (2016). The relation of saturated fatty acids with low-grade inflammation and cardiovascular disease. *The Journal of nutritional biochemistry*, 36: 1–20.
- Santos, A. L., Moreirinha, C., Lopes, D., Esteves, A. C., Henriques, I., Almeida, A., ... & Cunha, A. (2013). Effects of UV radiation on the lipids and proteins of bacteria studied by mid-infrared spectroscopy. *Environmental science & technology*, 47(12): 6306-6315.
- Sales-Campos, H., Souza, P. R., Peghini, B. C., da Silva, J. S., & Cardoso, C. R. (2013). An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 13(2): 201–210.
- Saresella, M., Marventano, I., Barone, M., La Rosa, F., Piancone, F., Mendozzi, L., d'Arma, A., Rossi, V., Pugnetti, L., Roda, G., Casagni, E., Cas, M. D., Paroni, R., Brigidi, P., Turrone, S., & Clerici, M. (2020). Alterations in Circulating Fatty Acid Are Associated With Gut Microbiota Dysbiosis and Inflammation in Multiple Sclerosis. *Frontiers in immunology*, 11: 1390.
- Sarkisyan, V. A., Kochetkova, A. A., Bessonov, V. V., & Glazkova, I. V. (2016). *Voprosy pitaniia*, 85(6): 80–85.
- Senyilmaz-Tiebe, D., Pfaff, D. H., Virtue, S., Schwarz, K. V., Fleming, T., Altamura, S., . . . Teleman, A. A. (2018). Dietary stearic acid regulates mitochondria in vivo in humans. *Nature Communications*, 9(1): 3129.
- Seyfried, T. N., Shivane, A. G., Kalamian, M., Maroon, J. C., Mukherjee, P., & Zuccoli, G. (2021). Ketogenic Metabolic Therapy, Without Chemo or Radiation, for the Long-Term Management of IDH1-Mutant Glioblastoma: An 80-Month Follow-Up Case Report. *Frontiers in nutrition*, 8: 682243.
- Sharma, K., & Schenk, P. M. (2015). Rapid induction of omega-3 fatty acids (EPA) in *Nannochloropsis* sp. by UV-C radiation. *Biotechnology and Bioengineering*, 112(6): 1243-1249.

- Shoji, H., Kunugi, H., & Miyakawa, T. (2022). Acute and chronic effects of oral administration of a medium-chain fatty acid, capric acid, on locomotor activity and anxiety-like and depression-related behaviors in adult male C57BL/6J mice. *Neuropsychopharmacology Reports*, 42(1): 59–69.
- Shrestha, M., Luo, M., Li, Y., Xiang, B., Xiong, W., & Grassian, V. H. (2018). Let there be light: stability of palmitic acid monolayers at the air/salt water interface in the presence and absence of simulated solar light and a photosensitizer. *Chemical Science*, 9(26): 5716–5723.
- Shrestha, N., Holland, O. J., Kent, N. L., Perkins, A. V., McAinch, A. J., Cuffe, J. S., & Hryciw, D. H. (2020). Maternal high linoleic acid alters placental fatty acid composition. *Nutrients*, 12(8): 2183.
- Simeanu, D., Nistor, A., Avarvarei, B., & Boisteanu, P. (2019). Chemical composition and nutritional evaluation of pasteurized egg melange. *Revistade Chimie*, 70(4): 1390-1395.
- Singha, H., Goyal, S. K., Malik, P., & Singh, R. K. (2014). Use of heavy water (D2O) in developing thermostable recombinant p26 protein based enzyme-linked immunosorbent assay for serodiagnosis of equine infectious anemia virus infection. *TheScientificWorldJournal*, 2014: 620906.
- Silva-Martínez, G. A., Rodríguez-Ríos, D., Alvarado-Caudillo, Y., Vaquero, A., Esteller, M., Carmona, F. J., Moran, S., Nielsen, F. C., Wickström-Lindholm, M., Wrobel, K., Wrobel, K., Barbosa-Sabanero, G., Zaina, S., & Lund, G. (2016). Arachidonic and oleic acid exert distinct effects on the DNA methylome. *Epigenetics*, 11(5): 321–334.
- Sonnweber, T., Pizzini, A., Nairz, M., Weiss, G., & Tancevski, I. (2018). Arachidonic acid metabolites in cardiovascular and metabolic diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(11): 3285.
- Soukup, J., & Kouřimská, L. (2019). The effect of fatty acid profile on the stability of non-traditional and traditional plant oils. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1): 744–750.

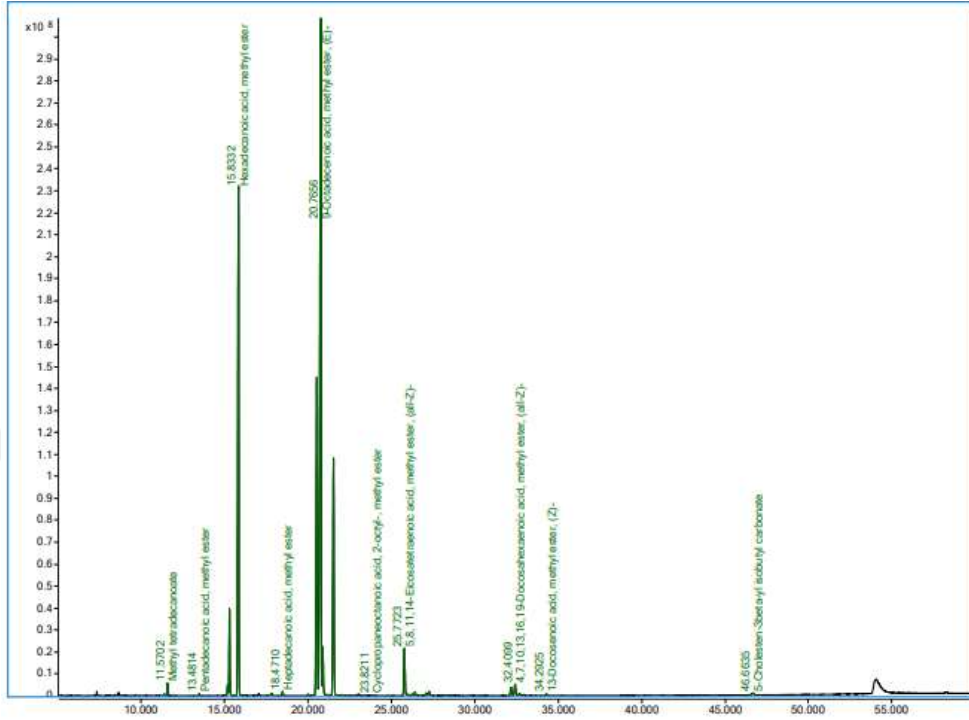
- Souza, C. O., Teixeira, A. A., Biondo, L. A., Silveira, L. S., de Souza Breda, C. N., Braga, T. T., ... & Neto, J. C. R. (2020). Palmitoleic acid reduces high fat diet-induced liver inflammation by promoting PPAR- γ -independent M2a polarization of myeloid cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1865(10): 158776.
- Stachowska, E., Wiśniewska, M., Dzieżyc, A., & Bohatyrewicz, A. (2021). Could the use of butyric acid have a positive effect on microbiota and treatment of type 2 diabetes?. *European review for medical and pharmacological sciences*, 25(13): 4570–4578.
- Stice, S. A. (2019). *Omega fatty acids*. In *Nutraceuticals in Veterinary Medicine* (pp. 175-185). Springer, Cham.
- Sugasini, D., Thomas, R., Yalagala, P. C., Tai, L. M., & Subbaiah, P. V. (2017). Dietary docosahexaenoic acid (DHA) as lysophosphatidylcholine, but not as free acid, enriches brain DHA and improves memory in adult mice. *Scientific Reports*, 7(1): 1-11.
- Szabo, Z., Marosvölgyi, T., Szabo, E., Koczka, V., Verzar, Z., Figler, M., & Decsi, T. (2022). Effects of Repeated Heating on Fatty Acid Composition of Plant-Based Cooking Oils. *Foods*, 11(2): 192.
- Szczuko, M., Kikut, J., Komorniak, N., Bilicki, J., Celewicz, Z., & Ziğtek, M. (2020). The role of Arachidonic and linoleic acid derivatives in pathological pregnancies and the human reproduction process. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24): 9628.
- Tao, L. (2015). Oxidation of Polyunsaturated Fatty Acids and its Impact on Food Quality and Human Health. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences - Open Journal*, 1(6): 135–142.
- Tsai, Y. W., Lu, C. H., Chang, R. C. A., Hsu, Y. P., Ho, L. T., & Shih, K. C. (2021). Palmitoleic acid ameliorates palmitic acid-induced proinflammation in J774A. 1 macrophages via TLR4-dependent and TNF- α -independent signalling. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 169: 102270.

- Uçurum, M. ve Malgır, E. (2017). Stearik Asit Çeşidinin Kalsit Kaplama Verimi Üzerine Etkisi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2): 137-144.
- Vasconcelos, R. O., Bustos, S. O., Gonzalez, J. R., Soares, C. W., Barbosa, M. D., Chammas, R., ... & Trindade, G. S. (2016). Interaction between omega 3 PUFA and UVB radiation: Photoprotective effect in normal and tumoral murine melanocytes?. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 164: 361-368.
- van Rooijen, M. A., Plat, J., Blom, W. A., Zock, P. L., & Mensink, R. P. (2021). Dietary stearic acid and palmitic acid do not differently affect ABCA1-mediated cholesterol efflux capacity in healthy men and postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Clinical Nutrition*, 40(3): 804–811.
- Van Rooijen, M., A. ve Mensink, R., P. (2020). Palmitic Acid Versus Stearic Acid: Effects of Interesterification and Intakes on Cardiometabolic Risk Markers - A Systematic Review. *Nutrients*, 12(3): 615.
- Verma, P., Ghosh, A., Ray, M., & Sarkar, S. (2020). Lauric Acid Modulates Cancer-Associated microRNA Expression and Inhibits the Growth of the Cancer Cell. *Anti-cancer agents in medicinal chemistry*, 20(7): 834–844.
- Vieira, S. A., Zhang, G., & Decker, E. A. (2017). Biological Implications of Lipid Oxidation Products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(3): 339–351.
- Wang, T., Fu, X., Chen, Q., Patra, J. K., Wang, D., Wang, Z., & Gai, Z. (2019). Arachidonic acid metabolism and kidney inflammation. *International journal of molecular sciences*, 20(15): 3683.
- Won, E. J., Lee, Y., Han, J., Hwang, U. K., Shin, K. H., Park, H. G., & Lee, J. S. (2014). Effects of UV radiation on hatching, lipid peroxidation, and fatty acid composition in the copepod *Paracyclopsina nana*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 165: 60-66.

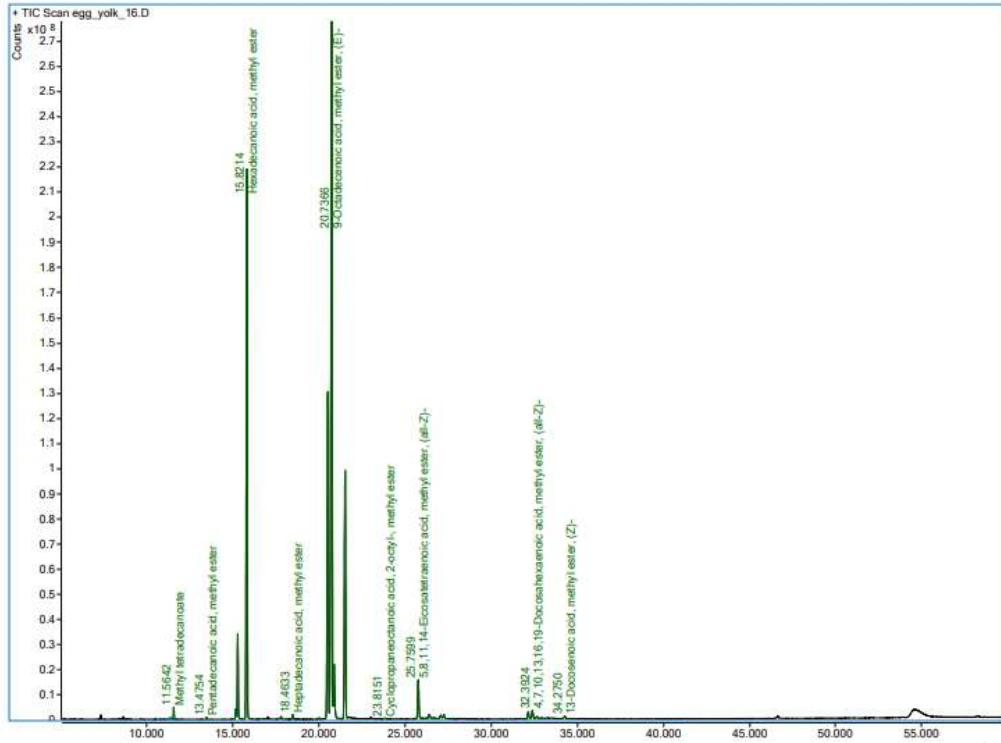
- Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Wu, N., Xu, M., Du, H., & Tu, Y. (2020). Biological activities of egg yolk lipids: A review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(7): 1948-1957.
- Xu, Q., Zhang, X., Zhang, Y., Liu, Y., & Xue, C. (2018). Wei sheng yan jiu = *Journal of hygiene research*, 47(1): 119–127.
- Xu, Q., Zhang, Y., Zheng, N., Wang, Q., Li, S., Zhao, S., . . . Wang, J. (2020). Short communication: Decrease of lipid profiles in cow milk by ultra-high-temperature treatment but not by pasteurization. *Journal of Dairy Science*, 103(2): 1900–1907.
- Yalçimin Öcal, H. (2019). *CD36 ve lipid peroksidasyonuna diyetle alınan tekli doymamış yağ asitleri, doymuş yağ asitleri ve fruktozun etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Žáček, P., Bukowski, M., Mehus, A., Johnson, L., Zeng, H., Ratz, S., ... & Picklo, M. (2019). Dietary saturated fatty acid type impacts obesity-induced metabolic dysfunction and plasma lipidomic signatures in mice. *The Journal of nutritional biochemistry*, 64: 32-44.

EKLER

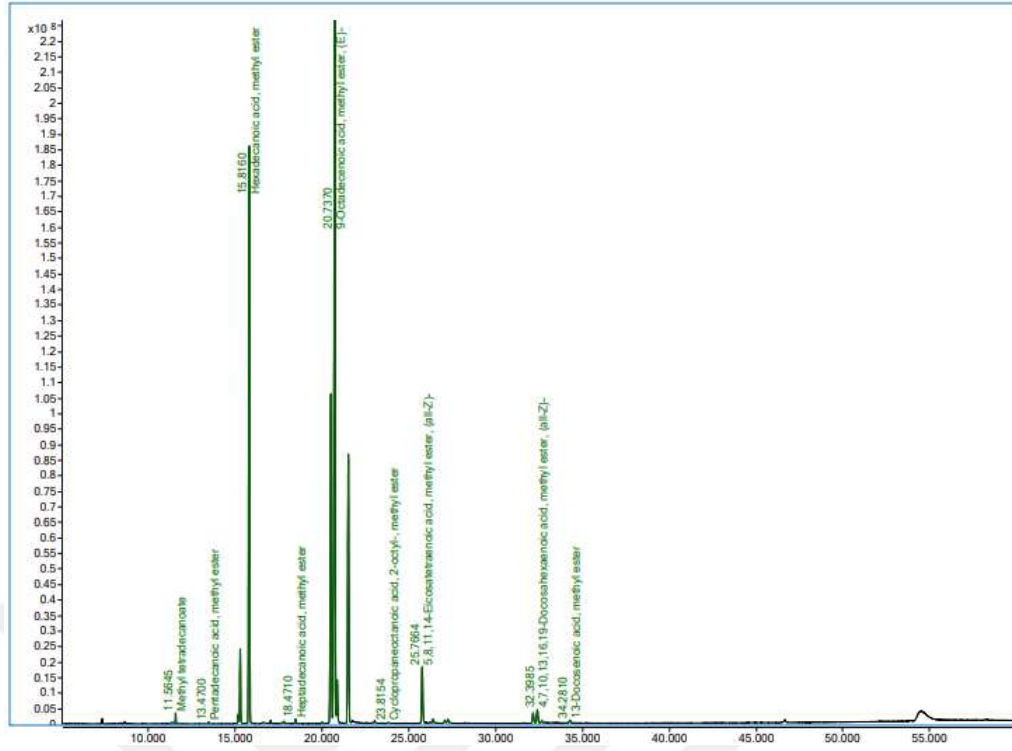
EK-1 Kromotogramlar



Sıcaklık Maruziyetine uğramış İPAY PYS ve D₂O



Υ Maruziyetine uğramış İPAY PYS ve D₂O



UV Maruziyetine uğramış İPAY PYS ve D₂O

EK-2: Degrade olmayan tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin ortalama oranları (%)

No	Lipid	Sınıfı	Sıcaklık maruziyetine karşı (%)	Gama ışımaya karşı (%)	UV ışımaya karşı (%)
1	Oleik Asit	TDYA	99	100	95
2	Linoleik Asit	ÇDYA	99	96	95
3	Linolenik Asit	ÇDYA	97	93	89
4	Dokosaheksanoik Asit (DHA)	ÇDYA	95	85	89
5	Araşidonik Asit	ÇDYA	96	78	90

ÖZGEÇMİŞ

Kübra EKMEKÇİ

A. EĞİTİM

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, 2020-2022, İstanbul.

Lisans: İstanbul Medipol Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 2016-2020, İstanbul.

B. YAYINLARI

Ekmekçi, K., Yalçın, N.N., Çalık, B. ve Tekiner, İ. H. (2022). Evaluation Of Effect Of Deuterium Oxide On Unsaturated Fatty Acids Exposed To Gamma, UV, And Heat Stress Factors. *5th International Aegean Symposium on Natural & Medical Sciences* February 25-26, 2022. İzmir, Turkey.

C. PROJELER

Wright State Üniversitesi (Ohio, ABD). Proje başlığı: The Gen Z. Türkiye Araştırma Ekibi Üyesi (<https://thegenzclub.com/research/global-gen-z-study/research-team/>). Eylül-Aralık 2021.