

**ZERDEÇAL EKSTRAKTI KULLANAN MUAYTHAİ SPORCULARINDA
OKSİDATİF STRES DÜZEYİ VE BAZI ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİN
BELİRLENMESİ**

Sinan AĞLAR

Doktora Tezi

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı

Hareket ve Antrenman Bilim Dalı

Prof. Dr. Cemal Berkan ALPAY

Prof. Dr. Halit DEMİR

AĞRI-2025

(Her hakkı saklıdır)

T.C.
AĞRI İBRAHİM ÇEÇEN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI
HAREKET VE ANTRENMAN BİLİM DALI

Sinan AĞLAR

ZERDEÇAL EKSTRAKTI KULLANAN MUAYTHAİ SPORCULARINDA
OKSİDATİF STRES DÜZEYİ VE BAZI ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİN
BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ

I. Prof. Dr. Cemal Berkan ALPAY

II. Prof. Dr. Halit DEMİR

AĞRI-2025

HAZIRLAYAN	KONTROL EDEN	ONAYLAYAN
-------------------	---------------------	------------------



LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ TEZ BENZERLİK RAPORU

Doküman No	FR-213
İlk Yayın Tarihi	26.02.2024
Revizyon Tarihi	
Revizyon No	00
Sayfa No	1 / 2

Benzerlik Oranlarına Dair Beynamedir		
Öğrenci Adı Soyadı	Sinan AĞLAR	
Numarası	216052005	
Ana Bilim Dalı	Beden Eğitimi ve Spor	
Bilim Dalı	Hareket ve Antrenman	
Programı	Doktora	
Danışman Unvanı Adı Soyadı	Prof. Dr. Cemal Berkan ALPAY	
Tez Başlığı	Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Muaythai Sporcularında Oksidatif Stres Düzeyi ve Bazı Antioksidan Aktivitelerin Belirlenmesi	
Bölümler	Turnitin Sonucu	En Yüksek Değer
Giriş	% 1	% 25
Kuramsal Temeller/Kavramsal Çerçeve	% 12	% 30
Materyal ve Yöntem	% 28	% 30
Araştırma Bulguları	% 5	% 20
Sonuç/Tartışma/Öneri	% 9	% 20
TEZ (GENEL)	% 17	% 25

07/04/2025

Yukarıda bilgileri yazılı tez çalışmasının benzerlik oranları Turnitin raporundan alındığı haliyle yazılmış olup tüm bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

İmza

Öğrenci Adı-Soyadı
Sinan AĞLAR

İmza

Danışman Adı-Soyadı
Prof. Dr. Cemal Berkan ALPAY

HAZIRLAYAN	KONTROL EDEN	ONAYLAYAN
------------	--------------	-----------

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ZERDEÇAL EKSTRAKTI KULLANAN MUAYTHAİ SPORCULARINDA OKSİDATİF STRES DÜZEYİ VE BAZI ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİN BELİRLENMESİ

Tez Danışmanları

I. Prof. Dr. Cemal Berkan ALPAY

II. Prof. Dr. Halit DEMİR

2025, (104) Sayfa

Bu çalışmada, Muaythai sporcularında zerdeçal ekstraktı kullanımının oksidatif stres belirteçleri ve antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Fiziksel aktivitenin oksidatif stresi artırabildiği bilinmekte olup, doğal bir antioksidan olan zerdeçalın bu denge üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma, deneysel bir modelle gerçekleştirilmiş ve 18–25 yaş arası 44 erkek katılımcı dört gruba ayrılmıştır: (1) Muaythai sporcularından oluşan (kontrol grubu), (2) günlük 400 mg zerdeçal ekstraktı kullanan Muaythai sporcuları (deney grubu), (3) spor yapmayan bireyler (kontrol grubu) ve (4) aynı dozda zerdeçal ekstraktı kullanan spor yapmayan deney grubu. Kan örnekleri alınmadan önce katılımcılar üç gün süreyle dinlendirilmiş ve 28 gün boyunca artan yüklenmeye dayalı antrenman programına tabi tutulmuştur. Tüm gruplardan 1. ve 28. günlerde kan örnekleri alınmıştır. Spektrofotometrik analizlerle malondialdehit (MDA), katalaz (CAT) ve redükte glutatyon (GSH) düzeyleri ölçülmüştür. Zerdeçal kullanan sporcularda MDA düzeyleri anlamlı şekilde azalırken, GSH düzeyleri anlamlı artış göstermiştir. CAT aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da artış eğilimi gözlenmiştir. Sedanter zerdeçal grubunda ise MDA düzeylerinde anlamlı azalma, CAT aktivitesinde anlamlı artış, GSH düzeylerinde ise istatistiksel olarak anlamlı olmasa da artış eğilimi gözlenmiştir. Bu bulgular, zerdeçal ekstraktının hem egzersize bağlı oksidatif stresin azaltılmasında hem de sedanter bireylerde antioksidan savunmanın desteklenmesinde etkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, fiziksel aktivitenin antioksidan savunma sistemini güçlendirdiği ve bu etkinin zerdeçal ile daha da arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Zerdeçal Ekstraktı, Muaythai, Oksidatif Stres, Antioksidan Aktivite, Serbest Radikaller

ABSTRACT

Ph. D. DISSERTATION

DETERMINATION OF OXIDATIVE STRESS LEVELS AND SOME ANTIOXIDANT ACTIVITIES IN MUAYTHAI ATHLETES USING TURMERIC EXTRACT

Thesis Supervisors

I. Prof. Dr. Cemal Berkan ALPAY

II. Prof. Dr. Halit DEMİR

2025, (104) pages

This study aimed to investigate the effects of turmeric extract supplementation on oxidative stress markers and antioxidant enzyme activities in Muay Thai athletes. While it is well-established that physical activity can elevate oxidative stress, turmeric—a natural antioxidant—may modulate this response. The research was conducted using an experimental design involving 44 male participants aged 18–25, divided into four groups: (1) Muay Thai athletes (control group), (2) Muay Thai athletes supplemented with 400 mg/day of turmeric extract (experimental group), (3) sedentary individuals (control group), and (4) sedentary individuals receiving the same dose of turmeric extract (experimental group). Prior to blood sampling, all participants underwent a three-day rest period, and the athletic groups completed a 28-day progressive training program. Blood samples were collected on days 1 and 28. Spectrophotometric analyses were performed to assess malondialdehyde (MDA), catalase (CAT), and reduced glutathione (GSH) levels. The results indicated a significant reduction in MDA levels and a significant increase in GSH levels among the turmeric-supplemented athlete group. Although the increase in CAT activity was not statistically significant, an upward trend was observed. In the sedentary turmeric group, MDA levels significantly decreased, CAT activity significantly increased, and GSH levels showed a non-significant yet positive trend. These findings suggest that turmeric extract may be effective in mitigating exercise-induced oxidative stress and enhancing antioxidant defense mechanisms, even in sedentary individuals. Furthermore, physical activity alone appears to strengthen the antioxidant defense system, and this effect may be potentiated by turmeric supplementation.

Keywords: Turmeric Extract, Muaythai, Oxidative Stress, Antioxidant Activity, Free Radicals.

TEŞEKKÜR

Bilimsel bilgiye duyulan ihtiyaç, spor bilimleri alanında da her geçen gün daha derin bir anlam kazanmakta; özellikle yüksek şiddetteki fiziksel yüklenmelerin organizmada oluşturduğu biyokimyasal değişimler ve oksidatif stres mekanizmaları, araştırmacılar için önemli bir çalışma alanı haline gelmektedir. Geleneksel tıbbın kadim mirası olan zerdeçal (Curcuma longa) ve aktif bileşeni kurkuminin, egzersize bağlı biyokimyasal stres süreçlerindeki olası koruyucu etkileri, sporcu sağlığı açısından umut verici bir pencere açmıştır. Bu doktora tez çalışmasında, Muaythai gibi yoğun fiziksel temas içeren bir branşta, zerdeçal ekstraktının oksidatif stres ve antioksidan aktivite üzerindeki etkileri bilimsel bir titizlikle araştırılmıştır.

Bu anlamlı yolculukta bilgi ve tecrübeleriyle bana rehberlik eden, sabırla destek olan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Cemal Berkan ALPAY hocama; biyokimyasal analizlerde katkılarını esirgemeyen ve bilimsel bakış açımı geliştirmeme yardımcı olan ikinci danışmanım Prof. Dr. Halit DEMİR hocama; bilgi ufkumu genişleten, ilham veren Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Gökhan BAYRAKTAR hocama en derin şükranlarımı sunarım. Süreç boyunca bilgi, destek ve yönlendirmeleriyle katkı sağlayan Spor Yöneticiliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ali TEKİN hocama; yüksek lisans tez danışmanım Prof. Dr. Metin BAYRAM hocama; lisans eğitimim süresince üzerimde emeği büyük olan değerli hocam Doç. Dr. Hasan SELÇUK'a ve diğer kıymetli akademisyenlerim Doç. Dr. Mehmet Şirin GÜLER, Doç. Dr. Zekiye ÖZKAN, Doç. Dr. Gülcan TEKİN ve Doç. Dr. Canan DEMİR hocalarıma gönülden teşekkür ederim. İdari konulardaki özverili desteğiyle her zaman yanımda olan Yazı-Özlük İşleri Memuru Deniz SAĞLAMTAŞ Bey'e ve Spor Bilimleri Fakültesi'nin tüm akademik ve idari kadrosuna da teşekkür ederim.

Bu zorlu süreçte her adımda yanımda olan, sabırla ve sevgiyle bana güç veren Van Bölge Adliye Mahkemesi Hâkimi kıymetli eşim Zeynep'e; zamanlarından fedakârlık ederek hayallerime yol açan sevgili çocuklarım Doğa ve Yağız Sinan'a sonsuz sevgilerimle...

Sinan AĞLAR

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	xi
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
1. Giriş.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı.....	3
1.2. Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi.....	3
1.3. Araştırma Sorusu	4
1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları	5
1.5. Varsayımlar.....	5
1.6. Tezin hipotezi/hipotezleri.....	6
İKİNCİ BÖLÜM	8
2. Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar	8
2.1. Muaythai'nin Temel Özellikleri.....	8
2.1.1. Muaythai'nin Tanımı ve Antrenmanı.....	8
2.1.2. Muaythai'nin Tarihçesi	9
2.2. Muaythai'nin Fizyolojik Temelleri.....	11
2.2.1. Muaythai Kas Lif Tipi.....	11
2.2.2. Muaythai Kas Dokusu Özellikleri.....	12
2.2.3. Enerji Sistemi	13
2.2.4. Muaythai Enerji Sistemi.....	15
2.3. Zerdeçal ve Kurkumin	17

2.3.1. Zerdeçal Genel Özellikleri	17
2.3.2. Kurkumin Ana Bileşeni.....	18
2.3.3. Kurkuminin Koruyucu Antioksidan Özellikleri.....	20
2.4. Oksidatif Stres Göstergeleri ve Antioksidan Sistemleri.....	21
2.4.1. Malonaldehit (MDA).....	21
2.4.2. Glutasyon (GSH)	23
2.4.3. Katalaz (CAT).....	24
2.5. Serbest Radikaller ve Oksidatif stres	24
2.6. Antioksidanların Yapısı ve Fonksiyonları	25
2.7. Antioksidan Türleri.....	27
2.7.1. Doğal Antioksidanlar	27
2.7.2. Non-Enzimatik Antioksidanlar.....	28
2.7.2.1. a-Mineraller	28
2.7.2.1.1. Magnezyum (Mg)	28
2.7.2.1.2. Selenyum (Se).....	29
2.7.2.1.3. Demir (Fe).....	29
2.7.2.2. B-Vitaminler.....	30
2.7.2.2.1. A Vitamini	30
2.7.2.2.2. C Vitamini.....	31
2.7.2.2.3. E Vitamini.....	31
2.7.2.3. c- Polifenoller	31
2.7.2.4. d- Karotenoidler.....	32
2.7.3. Glutasyon Enzimatik Antioksidanlar.....	32
2.7.3.1. a- Birincil Antioksidanlar	32
2.7.3.1.1. Peroksidaz (GPx)	32
2.7.3.1.2 Katalaz (CAT).....	33
2.7.3.1.3. Süperoksit Dismutaz (SOD)	33
2.7.3.2.b-İkincil Antioksidanlar.....	34
2.7.3.2.1 Redükte Glutasyon (GSH)	34
2.8. Egzersizin Antioksidan Sistem Üzerindeki Etkileri.....	34
2.9 Egzersizde Antioksidan Takviyelerin Rolü	36
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	38

3. Yöntem	38
3.1. Araştırma Yöntemi	38
3.2. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	38
3.2.1. Uygulanan Muaythai Antrenman Programı	39
3.2.2. Etik Onay ve Gönüllü Katılım	42
3.2.3. Çalışma Gruplarının Boy Uzunluğu ve Vücut Ağırlık Ölçümleri.....	42
3.4. Veri Toplama Yöntemleri	42
3.4.1. Kan Örneği Alımı ve Laboratuvar Analizleri	43
3.4.2. Zerdeçal Ekstraktı Kullanımı, Doz Hesaplaması ve Süresi.....	44
3.4.3 Tekrar Kan Örneği Alımı ve Laboratuvar Analizleri.....	49
3.4.4. Verilerin Analizi.....	50
3.5. Araştırmada Uygulanan Biyokimyasal Analizler	50
3.5.1. Malondialdehit (MDA) düzeyi tayini.....	50
3.5.2. Katalaz (CAT) Aktivitesi Tayini.....	51
3.5.3. Redükte Glutasyon (GSH).....	52
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	54
4.1. Araştırmanın Bulguları	54
BEŞİNCİ BÖLÜM.....	79
5.1. Tartışma ve Sonuç	79
KAYNAKÇA	93
EKLER	103
1.1 Etik Kurul Kararı	103
ÖZGEÇMİŞ.....	104

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 3.1 Muaythai Sporcularına Uygulanan Antrenman Programı – Örnek 1	40
Tablo 3.2 Muaythai Sporcularına Uygulanan Antrenman Programı – Örnek 2	41
Tablo 3.3 Zerdeçal ekstraktı uygulanan deney grubundaki Muay Thai sporcularının vücut ağırlıklarına göre hesaplanan günlük ortalama zerdeçal ekstraktı alım miktarları	47
Tablo 3.4 Spor yapmayan ve zerdeçal ekstraktı kullanan deney grubundaki bireylerin vücut ağırlıklarına göre hesaplanan günlük ortalama zerdeçal ekstraktı alım düzeyleri	48
Tablo 4.1 Deneklerin Demografik Özellikleri	54
Tablo 4.2 Graplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler ve Karşılaştırma Sonuçları	55
Tablo 4.3 Graplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler ve Karşılaştırma Sonuçları	59
Tablo 4.4 1.Grup: Muaythai Kontrol Grubunun 1. ve 28. Günlerde Alınan Kan Örneklerine Ait Öncesi ve Sonrası Karşılaştırma Sonuçları.....	63
Tablo 4.5 2.Grup: Muaythai Sporü Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, İlk Gün ve 28. Gün Sonunda Alınan Kan Değerlerinin Öncesi ve Sonrası İçin Karşılaştırma Sonuçları	67
Tablo 4.6 3.Grup: Spor yapmayan grubun, ilk gün ve 28. gün sonunda alınan kan değerlerinin öncesi ve sonrası için karşılaştırma sonuçları	71
Tablo 4.7 4.Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, İlk Gün ve 28. Gün Sonunda Alınan Kan Değerlerinin Öncesi ve Sonrası İçin Karşılaştırma Sonuçları.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Laboratuvarında biyokimyasal analizlerin gerçekleştirildiği esnada kaydedilen uygulama sürecine ait görsel	43
Şekil 3.2 Zerdeçal ekstraktı kullanan bir Muaythai sporcusunu temsilen oluşturulmuş görsel	49
Şekil 4.1 Gruplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları	56
Şekil 4.2 Gruplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları	57
Şekil 4.3 Gruplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları	58
Şekil 4.4 Gruplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları.....	60
Şekil 4.5 Gruplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait CAT Enzim Aktivitesi Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları	61
Şekil 4.6 Gruplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları.....	62
Şekil 4.7 Grup: Muaythai Spor Yapan Grubun 1. ve 28. Gün MDA Düzeyleri Karşılaştırma Sonuçları	64
Şekil 4.8 1. Grup: Muaythai Spor Yapan Grubun 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesi Karşılaştırma Sonuçları.....	65
Şekil 4.9 1. Grup: Muaythai Spor Yapan Grubun 1. ve 28. Gün GSH Düzeyleri Karşılaştırma Sonuçları	66
Şekil 4.10 2. Grup: Muaythai Spor Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları.....	68
Şekil 4.11 2. Grup: Muaythai Spor Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları.....	69
Şekil 4.12 2. Grup: Muaythai Spor Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları	70

Şekil 4.13 3. Grup: Spor Yapmayan Grubun, 1. ve 28. Gün MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları	72
Şekil 4.14 3. Grup: Spor Yapmayan Grubun, 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları	73
Şekil 4.15 3. Grup: Spor Yapmayan Grubun, 1. ve 28. Gün GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları	74
Şekil 4.16 4. Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları	76
Şekil 4.17 4. Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları	77
Şekil 4.18 4. Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları.....	78

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

ATP	Adenozin Tri Fosfat
ATP- PCr	Fosfojen Sistem
BMI	Vücut Kitle İndeksi
BP	(<i>Blood Pressure</i>): Kan Basıncı
CAT	Katalaz
Chap Kho	Boyun Güreşi, Kontrol Oyunu
CP	Fosfokreatin
CRP	C-Reactive Protein
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
EU	Enzim Ünitesi
Fe	Demir
FISU	Uluslararası Üniversite Sporları Federasyonu
GAISF	Uluslararası Spor Federasyonları Genel Birliği
GPx	Glutasyon Peroksidaz
GSH	Glutasyon
H₀	(<i>Null Hypothesis</i>) Sıfır Hipotezi
H₁	(<i>Alternative Hypothesis</i>) Alternatif Hipotezi
H₂O₂	Hidrojen Peroksit
HIIT	Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman
HR	Kalp Atım Hızı
hs-CRP	Yüksek Hassasiyetli C-Reaktif Protein
IFMA	Uluslararası Muaythai Federasyonu
IOC	Uluslararası Olimpiyat Komitesi

IWGA	Dünya Oyunları Birliği
LDH	(<i>Lactate Dehydrogenase</i>) Laktat Dehidrojenaz
MDA	Malondialdehit
Mg	Magnezyum
NF-κB	Nuclear Factor Kappa B
Nrf2	Nuclear Factor Erythroid 2-Related Factor 2
O₂	Oksijen
OH•	Hidroksil Radikali
PWV	(<i>Pulse Wave Velocity</i>) Nabız Dalga Hızı
RNA	Ribo Nükleik Asit
ROO	Lipid Peroksil Radikali
ROS	(<i>Reactive Oxygen Species</i>) Reaktif Oksijen Türleri
Se	Selenyum
SOD	Süperoksit dismütaz
TAC	Toplam Antioksidan Kapasitesi
TBARS	Thiobarbituric Acid Reactive Substances
ṀCO₂	Karbondioksit Üretim Hızı
VO₂max	Maksimal Oksijen Tüketimi
Wai Kru	Muaythai Dövüş Sanatının Ustaya Saygı Dansı
μl	Mikrolitre
μmol	Mikromol

BİRİNCİ BÖLÜM

1. Giriş

Muaythai, bedensel ve zihinsel bütünlüğü birleştiren, stratejik düşünce ile fiziksel dayanıklılığı sentezleyen Tayland kökenli bir savaş sanatıdır. Rakibin her mesafede kontrol edilmesini sağlayan tutucu ve vurucu tekniklerin birleştiği, saldırı ve savunmanın iç içe geçtiği dinamik bir yapıya sahip bu dövüş sanat sporcuların yüksek düzeyde efora maruz kalmasına neden olmaktadır. Bu yüksek efor, vücutta serbest radikal üretimini artırarak antioksidan savunma mekanizmalarını zorlayabilir ve oksidatif stres riskini yükseltebilir. Oksidatif stres, reaktif oksijen türlerinin (ROS) normalden fazla üretilmesi ve bu moleküllerin vücudun doğal antioksidan sistemini dengeleyememesi durumunda ortaya çıkar. Bu dengesizlik sonucunda hücre içi yapılar olan proteinler, lipitler ve genetik materyal (DNA) zarar görebilir. Sporcularda bu tür biyolojik hasarlar, hem fiziksel performansı düşürebilir hem de uzun vadede genel sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (Pešić vd.,2009). Bu nedenle, sporcuların oksidatif stresle başa çıkabilmesi, antrenman sonrası toparlanma süreçlerinin etkinliği açısından da stratejik öneme sahiptir.

Yoğun fiziksel yüklenmelerin serbest radikal oluşumunu artırarak farklı seviyelerde doku hasarına yol açtığı gösterilmiştir. Sporcuların performanslarını koruyabilmeleri ve doku hasarını en aza indirebilmeleri adına antioksidan sistemin etkinliği büyük önem taşımaktadır (Alpay, 2007). Oksidatif stresin etkilerini azaltmaya yönelik doğal bileşenlere olan ilgi giderek artmakta olup, özellikle yüksek yoğunluklu egzersiz yapan sporcular için besin destekleri önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir.

Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, zerdeçal ekstraktının güçlü antioksidan özellikler taşıdığını ve oksidatif stresi azaltmada etkili olabileceğini ortaya koymaktadır (Hewlings ve Kalman, 2017). Egzersiz sonrası toparlanma sürecinde, kas hasarının ve ağrılarının azaltılması temel rol oynamaktadır. Kurkuminin antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleri, kas dokusunda oluşan oksidatif stres ve inflamasyonu hafifleterek toparlanma süreçlerini destekleyici potansiyele sahiptir (Aktitiz vd.,2024). Zerdeçalın aktif bileşeni olan kurkumin,

serbest radikalleri nötralize etme yeteneğine sahip olup, aynı zamanda vücudun antioksidan savunma mekanizmalarını da desteklemektedir. Anti-inflamatuar, antioksidan ve hücrel koruma özellikleri sayesinde zerdeçalın, sporcuların toparlanma süreçlerini hızlandırma ve performanslarını destekleme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, zerdeçalın oksidatif stresle mücadelede sporcular için doğal bir destek olabileceği öne sürülmektedir.

Ancak, Muaythai sporunda zerdeçalın etkilerine dair yapılmış bilimsel çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle, Muaythai sporcularında zerdeçal ekstraktı kullanımının oksidatif stres seviyeleri üzerindeki etkilerini araştırmak, literatürde önemli bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Muaythai sporcularında zerdeçal ekstraktı kullanımının oksidatif stres seviyeleri üzerindeki etkilerini incelemek ve bu bağlamda antioksidan sistem üzerinde meydana gelebilecek biyokimyasal değişimleri araştırmaktır. Ayrıca, zerdeçalın bazı antioksidan enzim aktiviteleri ve genel biyokimyasal işleyiş üzerindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi yoluyla, bu doğal bileşiğin egzersize bağlı oksidatif yüklenmelere karşı sağlayabileceği biyokimyasal yanıtların bilimsel olarak ortaya konması hedeflenmektedir. Çalışmada yalnızca aktif sporcularda değil, aynı zamanda zerdeçal ekstraktı kullanan ancak düzenli fiziksel aktivite yapmayan sağlıklı bireylerde de bu etkiler incelenerek, zerdeçalın egzersizden bağımsız potansiyel antioksidan katkısı da değerlendirilmiştir. Elde edilecek verilerin, zerdeçalın dövüş sporları ve yüksek yoğunluklu egzersizlerdeki rolüne ilişkin bilimsel bir perspektif sunarak, sporcu beslenmesi ve toparlanma süreçlerine yönelik stratejilerin şekillendirilmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, Muaythai sporcularında oksidatif stresin azaltılmasına yönelik doğal ve potansiyel olarak etkili bir yaklaşım olarak zerdeçal kullanımını bilimsel temelde değerlendirmektedir. Ayrıca, düzenli egzersiz yapmayan bireylerde zerdeçal kullanımının etkilerinin incelenmesi, bu doğal bileşiğin antioksidan savunma sistemine olan katkısının sadece egzersiz bağlamında değil, daha geniş bir sağlık perspektifinde de ele alınmasına imkân tanımaktadır.

Elde edilen bulgular, özellikle antioksidan destek stratejilerine yönelik literatüre önemli katkılar sağlayabilir.

1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Muaythaisporcularında zerdeçal ekstraktı kullanımının oksidatif stres düzeyleri ve antioksidan sistem üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Ayrıca, zerdeçal ekstraktı kullanan ancak düzenli fiziksel aktivite yapmayan sağlıklı bireylerde; zerdeçal ekstraktı kullanmayan Muaythaisporcularında ve zerdeçal ekstraktı kullanmayan, düzenli fiziksel aktivite yapmayan sağlıklı bireylerde oluşabilecek biyokimyasal yanıtların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, zerdeçalın egzersize bağlı oksidatif yüklenmeler karşısında sağlayabileceği potansiyel koruyucu etkilerin bilimsel olarak ortaya konulması hedeflenmektedir.

1.2. Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Yoğun fiziksel aktiviteye maruz kalan sporcularda oksidatif stresin artışı, hücresel hasara yol açarak kas yorgunluğu, toparlanma süresinin uzaması ve performans kaybı gibi olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle, sporcuların oksidatif stresle başa çıkabilmesi ve performanslarını sürdürebilmeleri için etkili antioksidan desteklere ihtiyaç duyulmaktadır. Zerdeçalın temel bileşeni olan kurkumin, kuvvetli bir antioksidan özelliği taşır (Kunwar vd., 2011). Zerdeçal, içeriğindeki kurkumin bileşiği sayesinde güçlü antioksidan ve antiinflamatuvar özelliklere sahip olup, oksidatif stresin azaltılmasında potansiyel bir destekleyici olarak öne çıkmaktadır. Literatür incelendiğinde kurkumin takviyesinin fiziksel egzersiz performansı üzerindeki etkilerini araştıran klinik çalışmalar sınırlı sayıdadır (Suhett ve ark., 2021).

Bu çalışmanın bilimsel önemi, literatür taramasında Muaythai sporcuları üzerinde zerdeçal ekstraktının oksidatif stres düzeyleri ve antioksidan savunma mekanizmaları üzerindeki etkilerini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olmasıdır. Bu yönüyle, mevcut çalışma alandaki ilk çalışmadır. Zerdeçal ekstraktının, Muaythai gibi yüksek efor gerektiren bir dövüş sporunda oksidatif stres ve

antioksidan savunma mekanizmaları üzerindeki etkilerini inceleyerek, doğal takviyelerin sporcu sağlığı ve performansına katkılarını bilimsel kanıtlarla desteklemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın bulguları, sporcuların antrenman ve beslenme programlarına yönelik daha bilinçli tercihler yapmalarına yardımcı olabilir. Ayrıca, sporcu beslenmesi ve takviyeler konusunda yapılacak ileri araştırmalara önemli bir altyapı sağlayarak, sporcuların performans seviyelerini artırmaya yönelik yeni stratejilerin belirlenmesine katkıda bulunabilir.

Bu araştırmanın gerekçesi, uzun süreli ve yüksek yoğunluklu antrenman yapan Muaythai sporcularında oksidatif stresin azaltılması ve antioksidan kapasitenin artırılması amacıyla doğal bir destek olarak zerdeçalın etkinliğinin değerlendirilmesinin gerekliliğidir. Elde edilecek veriler, sporcuların antrenman sonrası toparlanma süreçlerini iyileştirmek ve uzun vadeli performanslarını sürdürebilmek adına doğal antioksidan kullanımının önemini ortaya koyabilir

1.3. Araştırma Sorusu

Zerdeçal ekstraktı kullanan Muaythai sporcularında oksidatif stres belirteci olan malondialdehit (MDA) düzeyleri, kontrol gruplarına kıyasla nasıl değişmektedir?

Zerdeçal ekstraktı, Muaythai sporcularında antioksidan enzim aktiviteleri katalaz (CAT) ve redükte glutatyon (GSH) düzeyleri üzerinde nasıl bir etkiye sahiptir?

Zerdeçal ekstraktı kullanan Muaythai sporcularının oksidatif stres düzeyleri ve antioksidan yanıtları, spor yapmayan bireylerle karşılaştırıldığında farklılık gösterir mi?

Zerdeçal ekstraktı kullanımının, Muaythai sporcularının fiziksel performansı üzerindeki etkisi var mıdır? Varsa, bu etki oksidatif stres belirteçleri ve antioksidan enzim aktiviteleriyle nasıl ilişkilendirilebilir?

Zerdeçal ekstraktı kullanan Muaythai sporcularında redükte glutatyon (GSH), düzeyi malondialdehit (MDA), düzeyi katalaz (CAT) gibi enzim aktiviteleri kontrol grubuna göre nasıl farklılık ortaya koymaktadır?

Zerdeçal ekstraktı kullanan, ancak düzenli fiziksel aktivite yapmayan sağlıklı bireylerin oksidatif stres düzeyleri ve antioksidan yanıtları, Muaythai sporcuları ile zerdeçal kullanmayan sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında nasıl bir fark göstermektedir?

Zerdeçal ekstraktı kullanan ancak düzenli fiziksel aktivite yapmayan sağlıklı bireyler ile zerdeçal ekstraktı kullanan Muaythai sporcularının glutatyon (GSH) düzeyleri, malondialdehit (MDA) düzeyleri ve katalaz (CAT) enzim aktiviteleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?

1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Çalışmaya katılan sporcuların bireysel farklılıkları (genetik yapı, beslenme alışkanlıkları, yaşam tarzı vb.) sonuçları etkileyebilir.

Katılımcı sayısının sınırlı olması nedeniyle genellenebilirlik düzeyi sınırlıdır.

Çalışmada kullanılan zerdeçal ekstraktının dozu ve kullanım süresi sabit tutulmuş olsa da bireyler arasında biyoyararlanım farklılıkları değişiklik gösterebilir.

Çalışma yalnızca 18-25 yaş aralığındaki sağlıklı erkek bireyleri kapsamaktadır; dolayısıyla elde edilen bulgular kadınlar, farklı yaş gruplarındaki bireyler, yaşlılar ve engelli bireyler için genellenemez.

Çalışmada, artan yüklenme prensibine dayalı antrenman programı uygulanmış olup, bireylerin antrenmana adaptasyon düzeyleri farklılık gösterebilir. Bu durum, zerdeçal ekstraktının oksidatif stres ve antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerini bireyler arasında değişken hale getirebilir.

1.5. Varsayımlar

Araştırmaya katılan tüm katılımcıların çalışmaya tam uyum sağlayacağı ve verilen talimatlara uygun hareket edeceği varsayılmıştır.

Deney grubunun, zerdeçal ekstraktını belirlenen dozda düzenli olarak kullanacağı varsayılmıştır.

Katılımcıların oksidatif stres ve antioksidan düzeylerinin ölçümleri doğru ve güvenilir bir şekilde yapılacağı varsayılmıştır.

Sporcuların geçmişteki antrenman yoğunluklarının ve yarışma deneyimlerinin benzer düzeyde olduğu varsayılmıştır.

1.6. Tezin hipotezi/hipotezleri

Hipotez 1

H_0 (Null hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanımı ile Muaythai sporcularının redükte glutasyon (GSH) ve katalaz (CAT) enzim düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_1 (Alternatif hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanan Muaythai sporcularında, redükte glutasyon (GSH) ve katalaz (CAT) enzim düzeyleri, zerdeçal ekstraktı kullanmayan Muaythai sporcularına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterir.

Hipotez 2

H_0 (Null hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanımı, Muaythai sporcularının oksidatif stres belirteci olan malondialdehit (MDA) düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik oluşturmaz.

H_1 (Alternatif hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanan Muaythai sporcularının malondialdehit (MDA) düzeyleri, zerdeçal ekstraktı kullanmayan Muaythaisporcularına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterir.

Hipotez 3

H_0 (Null hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanımı, sağlıklı ve spor yapmayan bireylerin redükte glutasyon (GSH) ve katalaz (CAT) enzim düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmaz.

H_1 (Alternatif hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanan sağlıklı ve spor yapmayan bireylerin redükte glutasyon (GSH) ve katalaz (CAT) enzim düzeyleri, zerdeçal ekstraktı kullanmayan sağlıklı ve spor yapmayan bireylere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterir.

Hipotez 4

H_0 (Null hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanımı, sağlıklı ve spor yapmayan bireylerin malondialdehit (MDA) düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik oluşturmaz.

H_1 (Alternatif hipotez): Zerdeçal ekstraktı kullanan sağlıklı ve spor yapmayan bireylerin malondialdehit (MDA) düzeyleri, zerdeçal ekstraktı kullanmayan sağlıklı ve spor yapmayan bireylere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterir.



İKİNCİ BÖLÜM

2. Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

2.1.Muaythai'nin Temel Özellikleri

2.1.1. Muaythai'nin Tanımı ve Antrenmanı

Muaythai, Tayland kökenli ve gerçek adı "Muaythai (Mae Mai)" olan, aynı zamanda Tayland Boksı olarak da bilinen bir dövüş sanatıdır. Başta Tayland olmak üzere Laos ve Kamboçya gibi Güneydoğu Asya ülkelerinde oldukça popülerdir. Yumruk, dirsek, diz ve tekmelerin aktif olarak kullanıldığı, yüksek dayanıklılık ve fiziksel mukavemet gerektiren bir mücadele sporudur. Muaythai'yi diğer dövüş sanatlarından ayıran en belirgin özellik, etkili diz ve dirsek darbelerinin yoğun şekilde kullanılmasıdır. Üst düzey konsantrasyon gerektiren bu disipline dünya genelinde büyük ilgi gösterilmektedir (Suhongsa vd.,1999).

Muaythai, bedensel ve zihinsel bütünlüğü birleştiren, stratejik düşünce ile fiziksel dayanıklılığı sentezleyen Tayland kökenli bir savaş sanatıdır. Rakibin her mesafede kontrol edilmesini sağlayan tutucu ve vurucu tekniklerin sentezlendiği bu dövüş sanatı, saldırı ve savunmanın sürekli iç içe geçtiği dinamik bir yapıya sahiptir. Muaythai'yi benzersiz kılan unsurlardan biri de Chap Kho (boyun güreşi, kontrol oyunu) tekniğidir. Chap Kho, yalnızca rakibi kontrol altına almak için değil vücudu dövüşe hazırlarken ve güçlü temas noktaları olan dizler, tekmeler, yumruklar ve dirseklerin senkronize kullanımıyla hücum etmek ve dengeyi bozarak üstünlük sağlamak için geliştirilmiş bir yakın dövüş stratejisidir.

Muaythai sadece fiziksel bir mücadele değil, aynı zamanda savaşçı ruhunu ve disiplini yücelten sanattır. Wai Kru ritüeliyle gelenek ve saygıyı da içinde barındırır. Wai Kru, dövüşçünün hocasına, geçmişine ve savaşçı geleneğine duyduğu saygıyı gösterdiği ritüelistik bir seremoni olup, aynı zamanda ön ısınmada vücudu dövüşe hazırlar ve geleneksel Sarama müziği eşliğinde gerçekleştirilir. Bu seremoni, dövüşçünün zihinsel olarak odaklanmasını ve içsel dengesini sağlamasını amaçlayan bir ritüeldir. Wai Kru, dövüşçünün ustalarına bağlılığını gösterdiği, savaşçı kimliğini kabul ettiği ve ringe çıkmaya hazır olduğunu simgeleyen özel bir gelenektir.

Geleneksel kökleri savaş meydanlarında şekillenen Muaythai, günümüzde yalnızca rekabetçi bir dövüş sanatı değil, aynı zamanda vücut mekaniği, nöromusküler kontrol ve reaktif karar verme becerilerini geliştiren disiplinli bir antrenman metodudur. Bunun ötesinde, fiziksel ve zihinsel dayanıklılığı artırarak bireyin kendini keşfetmesini sağlayan bir yolculuk niteliği taşır.

Muaythai Antrenmanları Dönemler şeklinde yapılır Genel Hazırlık: Fiziksel kapasitenin artırıldığı temel hazırlık evresidir. Dayanıklılık, kuvvet, esneklik ve temel motor beceriler bu dönemde geliştirilir. Özel Hazırlık: Teknik ve taktik becerilerin ön plana çıktığı evredir. Sporcu, stiline uygun teknikleri pekiştirir ve müsabaka stratejileri üzerinde çalışır. Ön Yarışma: Psikolojik hazırlığın yoğunlaştığı aşamadır. Maç simülasyonları, stratejik antrenmanlar ve rakibe yönelik taktik analizler yapılır. Yarışma: Maksimum performansın sergilendiği dönemdir. Yoğunluk azaltılarak sporcu müsabakaya en iyi şekilde hazırlanır ve formunun zirvesine ulaşır. Geçiş Dönemi: Yarışma sonrası toparlanma sürecidir. Fiziksel ve zihinsel yenilenmeye odaklanılarak, sakatlık riskini azaltan hafif antrenmanlar yapılır (Ağlar, 2019).

2.1.2. Muaythai'nin Tarihçesi

Birçok araştırmacıya göre Muaythai'nin kökeni, Tayland'ın geçmişteki başkentlerinden biri olan Sukhothai Krallığı dönemine kadar uzanmaktadır. Bu dönemde, savaşçıların kendilerini savunmak ve savaşta avantaj sağlamak amacıyla geliştirdiği dövüş teknikleri, zamanla Muaythai'nin temelini oluşturmuştur (Veere, 2013; Ruerngsa, Charuad ve Cartmell, 2008).

Muaythai, 2000 yılı aşkın süredir Tayland'ın kültürel mirasının bir parçası olmuş ve tarih boyunca çeşitli geleneklerle iç içe geçmiştir. Muaythai'nin kökeniyle ilgili farklı anlatımlar bulunmakla birlikte, genel kabul gören görüş, Taylandlı savaşçıların bu dövüş sanatını savaş alanlarında savunma ve saldırı amacıyla kullandığı yönündedir. Zamanla, Muaythai savaş meydanlarının dışına taşınarak 15. yüzyılda bir spor dalı olarak uygulanmaya başlanmıştır. Kısa süre içinde ülke genelinde eğitim kampları kurulmuş ve toplumun farklı kesimlerinden insanlar tarafından benimsenerek popüler bir spor haline gelmiştir. Başlangıçta oldukça sert

ve tehlikeli bir mücadele biçimi olan Muaythai, 20. yüzyılın başlarından itibaren modern kurallarla düzenlenerek daha çok sportif bir yapıya bürünmüş ve geniş kitlelere yayılmıştır. Özellikle IFMA'nın (Uluslararası Muaythai Federasyonu) kurulmasıyla birlikte küresel çapta tanınırlık kazanarak yaygın bir dövüş sporu haline gelmiştir (Şentürk vd., 2018)

Günümüzde Muaythai, yalnızca Tayland ile sınırlı kalmayıp dünya genelinde büyük ilgi görmektedir. Birçok ülkede resmi federasyonlar tarafından organize edilen turnuvalar ve uluslararası şampiyonalar düzenlenmekte, bu sayede sporun küresel ölçekte yaygınlaşması sağlanmaktadır (Güngörmez, 2019).

Muaythai'nin tarihçesi, geleneksel bir savaş sanatı olarak köklü geçmişiyle dikkat çeker. Modern dönemde ise, bu kadim sporun uluslararası organizasyon çatısı altında yapılandırılması IFMA (Uluslararası Muaythai Federasyonu) tarafından gerçekleştirilmiştir. IFMA, 1989 yılında 20 ülke federasyonunun bir araya gelmesiyle kurulmuş, Muaythai'yi küresel bir spor dalı olarak tanıtmayı ve geliştirmeyi amaçlamıştır. Federasyon, ilk yıllarından itibaren uluslararası arenada geniş çaplı etkinlikler ve şampiyonalar düzenlemiş, sporun bilinirliğini artırmıştır. 2006 yılı, IFMA için önemli bir dönüm noktası olmuş; Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC) çatısı altında faaliyet gösteren GAISF (Uluslararası Spor Federasyonları Genel Birliği) tarafından resmi olarak tanınmıştır. Bu tanınma, IFMA'nın uluslararası arenada daha güçlü bir konuma gelmesine olanak sağlamış ve 2025 yılı itibarıyla üye ülke federasyonlarının sayısı 147'ye ulaşmıştır. 2016 yılında Muaythai, IOC tarafından geçici olarak tanınmış ve bu gelişme spora olimpiik olma yolunda önemli bir ivme kazandırmıştır. 2021 yılında ise IOC'nin tam onayıyla birlikte Muaythai, yarı olimpiik bir branş olarak kabul edilmiştir. Bu statü, Muaythai'nin olimpiyat oyunlarına dahil edilmesi yönündeki çalışmaların hız kazanmasını sağlamıştır. Günümüzde IFMA, Uluslararası Üniversite Sporları Federasyonu (FISU) ve Dünya Oyunları Birliği (IWGA) gibi önemli kuruluşların resmi üyesi olarak faaliyet göstermekte; Muaythai'nin dünya genelinde tanıtılması ve yaygınlaştırılması adına etkinliklerine devam etmektedir. IFMA, Muaythai'nin olimpiyat oyunlarına dahil edilmesi hedefi doğrultusunda, sporun gelişimini destekleyen global projeler yürütmektedir

2.2. Muaythai'nin Fizyolojik Temelleri

2.2.1. Muaythai Kas Lif Tipi

Kas lifleri, kasılma hızı ve metabolik özelliklerine göre Tip 1 ve Tip 2 olarak sınıflandırılmaktadır (Gollnick & Matoba, 1984).

Tip 1 lifler, Tip 2 liflere kıyasla daha yavaş kasılma ve gevşeme özelliğine sahiptir. Bu lifler, dayanıklılık açısından oldukça güçlüdür ve yorulmaya karşı dirençlidir. Yapısal olarak fazla miktarda mitokondri içerirler ve yoğun kapiller ağ ile beslenirler. Tip 2 lifler ise farklı alt gruplara ayrılabilir, ancak en yaygın olarak bilinen iki ana tür Tip 2A ve Tip 2B'dir. Tip 2B lifleri hızlı glikolitik motor birimler olup, en hızlı kasılma süresine sahip olmakla birlikte en düşük dayanıklılığı gösterir. Bu liflerde glikolitik sistem, oksidatif sisteme kıyasla daha gelişmiştir. Tip 2A lifleri ise hızlı oksidatif glikolitik motor birimler olarak tanımlanır ve Tip 1 ile Tip 2B lifleri arasında bir özellik gösterir. Kasılma hızları ve dayanıklılık seviyeleri bu iki lif türünün arasında yer alır. Tip 2A liflerinde hem oksidatif hem de glikolitik enerji sistemleri iyi gelişmiştir (Karahana & Erol, 2004).

Muaythai sporu, hem aerobik hem de anaerobik özellikler taşıdığından kas lifi tipleri açısından geniş bir yelpazeye sahiptir. Bu sporda hız ve patlayıcı güç sağlayan beyaz kas lifleri olan Tip 2 lifleri biraz daha baskın olsa da dayanıklılığı destekleyen kırmızı kas lifleri olan Tip 1 lifleri de önemli bir rol oynar. Aerobik metabolik özelliği yüksek olan Tip 1 lifleri, kırmızı ya da yavaş kasılan kas lifleri olarak bilinirken, anaerobik metabolik özellikleri baskın olan Tip 2 lifleri, beyaz ya da hızlı kasılan kas lifleri olarak adlandırılır. Tip 2 lifleri, yüksek anaerobik kapasiteye ve düşük aerobik kapasiteye sahiptir. Güç ve sürat gerektiren sporlarda Tip 2 liflerinin fazlalığı avantaj sağlarken, dayanıklılık gerektiren sporlarda Tip 1 liflerinin fazlalığı daha faydalıdır. Tip 2 lifleri kendi içinde Tip 2A ve Tip 2B olarak ikiye ayrılır. Tip 2A lifleri, kısa-orta süreli aktivitelerde orta-yüksek kuvvet üretirken, Muaythai'de en baskın kas lifi grubunu oluşturur. Bu lifler, hem hız hem de dayanıklılık açısından denge sağlayarak sporcuların teknik ve kondisyon performansına katkıda bulunur. Bunun yanında, Tip 2B lifleri de güçlü ve patlayıcı hareketler için kritik bir rol oynar. Tip 2B lifleri, aşırı kısa süreli aktivitelerde ani ve yüksek kuvvet üretimini

destekler, özellikle Muaythai’de tekme, yumruk ve hızlı kombinasyonların etkili olmasını sağlar. Sonuç olarak, Muaythai sporcuları hız ve patlayıcı kuvvet için beyaz kas lifleri olan Tip 2A ve Tip 2B liflerinin baskın olduğu bir kas yapısına sahipken, dayanıklılığı artıran kırmızı kas lifleri olan Tip 1 lifleri de performanslarını destekleyen önemli bir faktördür.

2.2.2. Muaythai Kas Dokusu Özellikleri

Kas dokusu, dört temel özelliğe sahiptir: uzama, elastikiyet, kasılma ve uyarılabilirlik. Bu özellikler arasında uzama, kasın hareket aralığını belirlerken; elastikiyet, kasın gerildikten sonra eski uzunluğuna dönme yeteneğini ifade eder (Selvi, 2009).

Muaythai kas dokusunun özellikleri, dövüşçülerin hareket kabiliyeti, hız, dayanıklılık ve genel performansını doğrudan etkileyen temel faktörlerdir. Bu özellikler, kasların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlarken, dövüşçülerin yüksek düzeyde performans sergilemelerine olanak tanır. Muaythai'nin gerektirdiği hız, kuvvet, esneklik ve dayanıklılık gibi unsurlar, kas dokusunun dört temel özelliğiyle şekillenir:

Kontraktilite (Kasılabilme): Kasların kasılma yeteneği, Muaythai dövüşçüsünün yüksek hızda ve güçlü şekilde hareket etmesini sağlar. Kasılabilme, dövüşçünün patlayıcı güce sahip yumruklar, tekmeler, diz ve dirsek darbeleri gibi hareketleri hızlı bir şekilde gerçekleştirmesini mümkün kılar. Bu özellik, maç sırasında anında tepki verme ve hızlı hareket etme yeteneğini doğrudan etkiler.

Eksitabilite (Uyarılabilme): Kas dokusunun sinirsel uyarılarla aktive olabilme özelliği, Muaythai dövüşçülerinin anlık ve hızlı tepki verme yeteneğini sağlar. Sinirsel uyarılarla kasların hızlı bir şekilde aktive olması, dövüşçünün ani savunma ve hücum hareketlerini gerçekleştirmesine olanak tanır. Bu özellik, dövüş sırasında beklenmedik durumlarla karşılaşıldığında büyük önem taşır.

Estensibilite (Uzayabilme ve Gerilebilme): Kasların uzama yeteneği, dövüşçülerin geniş hareket aralıkları kullanabilmesini sağlar. Muaythai’de tekme, diz ve bacak hareketleri gibi geniş açılı hareketler, kasların esnekliğini ve uzama

kapasitesini gerektirir. Estensibilite, bu hareketlerin etkin bir şekilde yapılabilmesini ve sporcuların vücutlarını en uygun şekilde kullanmalarını sağlar.

Elastisite (Normal Boyuna Dönebilme): Kasların elastikiyeti, kasın gerildikten sonra eski boyutlarına geri dönme yeteneğini ifade eder. Elastisite, Muaythai dövüşçülerinin hareketlerini hızla tekrarlayab””ilmesine olanak tanır. Ayrıca, kaslar yorgunluk sonrası hızla toparlanarak sporcunun dayanıklılığını artırır. Bu özellik, uzun süreli performans gerektiren durumlarda kasların etkinliğini ve dayanıklılığını destekler.

2.2.3. Enerji Sistemi

Egzersiz sırasında iskelet kaslarının kasılabilmesi için gereken ATP, üç farklı enerji üretim mekanizması tarafından sağlanır. Bu sistemler; fosfajen sistemi, anaerobik glikoliz ve aerobik enerji üretim yollarıdır. Her bir sistem, egzersizin süresi ve şiddetine bağlı olarak devreye girerek enerji ihtiyacını karşılamaya katkıda bulunur (Yıldız, 2012).

Hazır enerji: ATP- PCr sistemi (Fosfojen sistem) ATP-PCr sistemi, kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizler sırasında hızlı bir şekilde devreye giren bir enerji üretim mekanizmasıdır. Bu sistem, halter, 100 metre sprint, kısa mesafe yüzme ve ağırlık kaldırma gibi aktivitelerde kasların anlık enerji ihtiyacını karşılamak için etkin şekilde kullanılır. Kas dokusunda depolanan ATP ve fosfokreatin kaynaklarından enerji sağlanarak kas kasılması sürdürülür (Scott, 2005). ATP-CP sistemi (fosfojen sistemi) Sprintlerin başlangıcındaki patlayıcı güç, kas hücrelerinde depolanan fosfokreatin (CP) ve adenozin trifosfat (ATP) tarafından sağlanır. Bu enerji depoları hızlı bir şekilde tükenir ve egzersizin devamında farklı enerji sistemleri devreye girer (Baechle & Earle, 2008; Ulupınar vd., 2021).

Glikolitik Enerji Sistemi: Kısa Süreli Enerji Üretimi Yoğun egzersizin devam edebilmesi için ATP'nin yeniden sentezlenmesi gereklidir. Bu süreç, kas dokusundaki glikojenin anaerobik glikoliz yoluyla pruvattan laktata dönüşmesiyle sağlanır. Glikoliz ile sınırlı miktarda ATP üretilirken, bu sistemin enerji aktarım hızı, fosfokreatin sistemine kıyasla yaklaşık %45 oranında daha düşüktür. Oksijenin yetersiz olduğu durumlarda devreye girerek kısa süreli enerji sağlar ve egzersizin

başlangıcında ya da orta süreli yüksek yoğunluklu aktivitelerde, örneğin 400 metre koşu veya 100 metre yüzme gibi sporlarda etkin rol oynar. Yaklaşık 2,5-3 dakika süren fiziksel aktivitelerde baskın enerji kaynağı haline gelir (Yıldız, 2012). Anaerobik glikoliz ATP'nin sürekli üretimi için anaerobik glikoliz sistemi devreye girer. Bu süreçte kaslardaki glikojen, glukoza dönüştürülür ve enerji üretimi için kullanılır. Anaerobik glikoliz, oksijen gerektirmeyen bir yolakla gerçekleşir (Gastin, 2001).

Uzun süreli enerji: Aerobik enerji sistemi Egzersiz süresi 1-3 dakikayı aştığında ve uzun süre boyunca devam ettiğinde, enerji üretiminde ağırlıklı olarak aerobik sistem devreye girer. Dayanıklılık gerektiren aktivitelerde temel enerji kaynağı olarak kullanılan bu sistem, dakikalarca hatta saatlerce süren fiziksel performansın sürdürülebilmesini sağlar (Yıldız, 2012). Aerobik kapasite, vücuda alınan oksijenin kas dokularında etkin şekilde kullanılmasıyla ilgilidir ve kardiyovasküler sistemin işlevselliğiyle doğrudan ilişkilidir. Uzun süreli egzersizlerde büyük kas gruplarının oksijeni verimli kullanabilmesi bu kapasiteye bağlıdır. Dayanıklılık sporlarında, egzersizin süresi ve şiddetine uyum sağlamak için kalp debisi artarken, akciğerler daha fazla hava ventile eder. Kalp atım hacmi yükselirken, kalp hızı da belirgin şekilde artabilir (Nagle, 1973). Bu enerji sistemleri, sporcuların performansını en üst düzeye çıkarmak amacıyla antrenman programlarının ve beslenme stratejilerinin şekillendirilmesinde kritik bir öneme sahiptir (Thomas vd., 2016).

Anaerobik Güç ve Kapasite Anaerobik güç, kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerle geliştirilen bir yetidir. Maksimalin üzerinde yapılan tekrarlarla vücut, laktik asit toleransını artırmaya çalışır. Bu süreçte supramaksimal yüklenmeler ve yüksek sinir-kas aktivasyonu devreye girer. Belirli bir zaman diliminde üretilen toplam anaerobik enerji ise anaerobik güç olarak tanımlanır (Jonathan & Euan, 1997).

Bir çalışmada, düzenli antrenman yapan, yüksek performans seviyesine sahip ve aktif olarak müsabakalara katılan 10 erkek Muaythai sporcusu dâhil edilmiştir. Katılımcılar, taşınabilir bir gaz analiz cihazı kullanarak simüle edilmiş bir müsabaka sırasında oksijen tüketimi $\dot{V}O_2$ karbondioksit üretimi $\dot{V}CO_2$ ve kalp atım hızı (HR)

gibi fizyolojik değişkenler açısından araştırmıştır. Bulgular, Muaythai'nin hem aerobik metabolizma hem de anaerobik glikolizden yoğun şekilde kullandığı ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, Muaythai antrenmanlarının enerji sistemleri açısından daha verimli planlanmasına yönelik önemli bilimsel kanıtlar sunmaktadır (Crisafulli vd.,2009).

Muaythai, yüksek yoğunluklu ve değişken tempolu hareketleri içeren bir dövüş sporudur. Müsabakalar sırasında sporcular, ani patlayıcı hareketlerden uzun süreli dayanıklılık gerektiren sekanslara kadar farklı fiziksel taleplerle karşılaşır. Bu süreçte, ATP-PCr sistemi (Fosfojen sistem), Anaerobik glikolitik sistem ve Aerobik enerji sistemi gibi üç temel enerji üretim mekanizması aktif olarak görev alır.

2.2.4. Muaythai Enerji Sistemi

1. Hazır Enerji: ATP-PCr Sistemi (Fosfojen Sistem – Anaerobik Alaktik)

Süre: 0-10 saniye

Özellikleri: Hızlı enerji üretimi, oksijen gereksinimi olmaması

Enerji Kaynağı: Kaslarda depo edilen ATP ve kreatin fosfat (PCr)

Kullanım Alanı: Maksimum güç gerektiren kısa süreli hareketler

Örneğin: Patlayıcı tekmeler, güçlü yumruk kombinasyonları, ani sıçramalar, hızlı kaçış ve savunma manevraları

Muaythai'de dövüşçüler, ani ve yüksek şiddetli hareketler sırasında bu enerji sistemini kullanarak hızlı güç üretirler. ATP depoları sınırlı olduğu için bu sistem, kısa süreli ve yoğun egzersizlerde aktif rol oynar. Pliometrik antrenmanlar, sprint çalışmaları ve balistik kuvvet egzersizleri, ATP-PCr sisteminin verimliliğini artırmada önemli bir rol oynar.

2. Kısa Süreli Enerji: Glikolitik Enerji Sistemi (Anaerobik Laktik)

Süre: 10 saniye – 2 dakika

Özellikleri: Orta süreli enerji sağlama, laktik asit üretimi

Enerji Kaynağı: Kas glikojeni ve kan glukozu

Kullanım Alanı: Sürekli ve yoğun fiziksel efor gerektiren hareketler

Örnek Hareketler: Uzun kombinasyonlar, tempolu saldırılar, Chap Kho (Boyun güreşi kontrol oyunu) çalışmaları, müsabaka esnasındaki yüksek yoğunluklu sekanslar

Muaythai müsabakalarında, özellikle bir raund boyunca art arda gelen saldırılar ve savunmalar sırasında glikolitik sistem devreye girer. Glikojenin anaerobik yıkımı sonucu laktik asit birikimi meydana gelir, bu da kas yorgunluğuna neden olabilir. Yüksek yoğunluklu interval antrenmanları (HIIT), yoğun pad çalışmaları ve dayanıklılık tabanlı dövüş simülasyonları, glikolitik sistemin kapasitesini artırmak için kullanılan temel antrenman yöntemleridir.

3. Uzun Süreli Enerji: Aerobik Enerji Sistemi (Oksidatif Sistem)

Süre: 2 dakikadan uzun süren aktiviteler

Özellikleri: Sürekli enerji sağlama, oksijen kullanımı

Enerji Kaynağı: Karbonhidratlar, yağlar ve düşük oranda proteinler

Kullanım Alanı: Düşük-orta yoğunluklu uzun süreli hareketler, toparlanma süreçleri Örnek Hareketler: Raundlar arası toparlanma, düşük tempolu teknik antrenmanları, uzun süren müsabakalarda dayanıklılığın korunması

Aerobik enerji sistemi, Muaythai’de genel dayanıklılığı artırarak sporcuların uzun süren müsabakalarda performanslarını korumasına katkı sağlar. Ayrıca anaerobik sistemlerden sonra kasların toparlanmasını hızlandırarak yorgunluğu geciktirir. Uzun mesafe koşuları, düşük yoğunluklu Tay Lom (Gölge boks), nefes kontrolü çalışmaları ve sürdürülebilir tempoda yapılan kombine antrenmanlar, aerobik kapasiteyi artırmada etkilidir.

Muaythai’de Enerji Sistemlerinin Etkileşimi

Muaythai, enerji sistemlerinin sürekli birbirine geçtiği karmaşık bir yapıya sahiptir. Dövüşçüler, patlayıcı hareketler için ATP-PCr sistemini, yoğun saldırılar sırasında anaerobik glikolitik sistemi, uzun süreli dayanıklılığı korumak ve toparlanmak için aerobik sistemi kullanır. Bu enerji sistemlerinin dengeli gelişimi, Muaythai dövüşçülerinin hız, dayanıklılık ve toparlanma yeteneklerini maksimum seviyeye çıkarmasını sağlar. Antrenman programları, enerji sistemlerine uygun

olarak şekillendirildiğinde dövüşçüler daha verimli performans sergileyebilir ve yorgunluk etkilerini geciktirebilir.

2.3. Zerdeçal ve Kurkumin

2.3.1. Zerdeçal Genel Özellikleri

Zerdeçal, zencefil ailesine ait, sarı çiçekleri ve geniş yapraklarıyla tanınan, çok yıllık ve yumrulu bir otsu bitkidir. Aynı zamanda, zerdeçöp, safran kökü, sarıboya, zerdeçav, hint safranı ve turmerik gibi farklı adlarla da bilinmektedir. Kendine özgü acı bir tada sahip olan bu bitki, polifenolik bileşikler bakımından zengindir (Surh, 2003). Kurkuminoid bileşiği içeren zerdeçal, aynı zamanda Hint safranı olarak da tanınır (Jurenka, 2009).

Zerdeçalın temel bileşeni olan kurkumin, kuvvetli bir antioksidan özelliği taşır (Kunwar vd., 2011).

Curcuma Longa L. bitkisinin kökeni Hindistan'dır; bu ülke, dünyanın en büyük zerdeçal üreticisi, tüketicisi ve ihracatçısı olarak tanınmaktadır (Gibson-Moore & Spiro, 2017).

Curcuma Longa L., çok yıllık bir bitki olup farklı dillerde çeşitli adlarla bilinmektedir; İngilizcede "turmeric", Hintçede "haldi" ve Japoncada "ukon" olarak adlandırılmaktadır. Tarihsel kökeni oldukça eskiye dayanmakta olup, M.Ö. 2000 yılından itibaren Asya tıbbında kullanıldığı bilinmektedir (Sharma vd., 2005).

Zerdeçalın temel bileşenlerinden biri olan kurkuminin, antioksidan, anti-inflamatuar, antibakteriyel ve anti-aterosklerotik özellikler taşıdığı belirtilmektedir. Bu özellikleri sayesinde Alzheimer, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, obezite ve depresyon gibi rahatsızlıkların tedavisinde destekleyici bir rol oynadığı ifade edilmektedir (Erkul vd., 2021).

Zerdeçal bitkisi, uzun saplı ve sade yapraklara sahiptir. Yaklaşık bir metreye kadar boylanabilen bu bitkinin yaprakları, toprak yüzeyinin hemen altındaki dallanan kök saplarından gelişir (Gupta vd., 2013).

Zerdeçalda bulunan temel biyoaktif bileşen olan kurkumin (diferuloyl metan), güçlü antioksidan, anti-inflamatuar, antibakteriyel ve anti-aterosklerotik özellikler taşımaktadır (Kalkan, 2018).

Zerdeçal, besin değeri açısından oldukça zengin bir bitkidir. 100 gramında yaklaşık 390 kcal enerji bulunurken, 10 gram toplam yağ, 3 gram doymuş yağ, 0 mg kolesterol, 0.2 gram kalsiyum, 0.26 gram fosfor, 10 mg sodyum, 2500 mg potasyum, 47.5 mg demir, 0.9 mg tiamin, 0.19 mg riboflavin, 4.8 mg niasin, 50 mg askorbik asit, 69.9 gram toplam karbonhidrat, 21 gram diyet lifi, 3 gram şeker ve 8 gram protein içermektedir (Fan vd., 2017).

Zerdeçal (*Curcuma longa L.*) tozunun, yüksek miktarda glutatyon (GSH, GSSG), A, E, C, B1, B3 ve B9 vitaminleri içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca, fenolik ve flavonoid bileşenler açısından zengin olması nedeniyle güçlü bir antioksidan etkiye sahip olduğu ifade edilmektedir (Çöteli & Karataş, 2017).

Zerdeçal (*Curcuma longa L.*)'den elde edilen bileşenlerin güçlü antioksidan özellikler sergilediği, lipid oksidasyonu üzerinde önemli bir rol oynadığı ve bu oksidasyonu önlemede E vitamininden daha etkili olabileceği belirtilmektedir (Jayaprakasha, Rao, & Sakariah, 2005).

Zerdeçal, sahip olduğu antioksidan, antiviral, antiinflamatuar ve antifungal özellikler nedeniyle geleneksel ve tamamlayıcı tıpta uzun yıllardır kullanılmaktadır (Albuz, 2019). Asya ülkelerinde zerdeçalın yaygın olarak tüketilmesi ve bu bölgelerde kanser oranlarının daha düşük olması, kurkuminin kemoprevensif etkileriyle ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, kurkumin geleneksel olarak kanı arındırıcı bir bileşik olarak bilinmektedir. Soğuk algınlığı, ateş, karaciğer hastalıkları ve ülser gibi rahatsızlıkların tedavisinde olumlu etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Allegra vd., 2017).

2.3.2. Kurkumin Ana Bileşeni

Kurkumin, zerdeçal tozunun yaklaşık %2-5'ini oluşturan, yağda çözünebilir bir polifenol bileşiktir. Sarı-turuncu rengiyle bilinen bu doğal fitokimyasal, tıbbi açıdan çeşitli faydalara sahiptir. Yapısında çoklu fenolik gruplar ve eşlenik çift

bağlar bulunduran kurkumin, hidrofobik bir özellik ortaya koymaktadır (Bhawana vd., 2011) Zerdeçal (*Curcuma longa* L.), Zingiberaceae (zencefilgiller) familyasına ait, sarı renkli bir baharat olarak bilinmektedir. İçeriğindeki kurkumin, toplam bileşenlerin yaklaşık %2-8'ini oluşturan ve zerdeçala karakteristik sarı rengini kazandıran ana polifenol bileşiğidir. Zerdeçalın yapısında üç temel kurkuminoid bulunur: kurkumin (%60-70), demetoksikurkumin (%20-27) ve bisdemetoksikurkumin (%10-15). Ayrıca, uçucu yağlar (turmeron, atlantone ve zingiberene), proteinler, karbonhidratlar ve reçineler gibi çeşitli bileşenleri içermektedir (Suhett vd., 2021).

Zerdeçalın temel bileşenleri arasında kurkumin, bisdemetoksikurkumin ve demetoksikurkumin yer almaktadır. Sarı renkli bir fenolik pigment olan kurkumin, süperoksit radikalleri, hidrojen peroksit ve nitrik oksidi aktif makrofajlardan uzaklaştırarak güçlü bir antioksidan işlevi görmektedir. Polifenol yapısı sayesinde antioksidan ve serbest radikal temizleme özelliklerine sahiptir. Kurkumin, E vitaminine kıyasla daha etkili bir radikal temizleyici olarak bilinmekte olup, serbest radikalleri nötralize ederken lipid peroksidasyonunu ve hidroperoksit oluşumunu engelleyebilmektedir. Ayrıca, oksidatif stresin düzenlenmesi yoluyla asetilasyon ve deasetilasyon süreçlerini etkileyebileceği belirtilmektedir (Akbay & Pekcan, 2016).

Kurkumin, zerdeçal bitkisinden elde edilen doğal bir biyoaktif polifenoldür. Kurkuminoidler, yalnızca baharat olarak kullanılmakla kalmaz, aynı zamanda antioksidan, nöroprotektif, antiinflamatuvar, antiviral, antiproliferatif ve antimikrobiyal aktiviteler sergileyerek çeşitli sağlık faydaları sunar (Hasan, Tatarskiy, & Kalinina, 2022).

Kurkumin, ferulik asit türevi bir bileşik olup, zerdeçalın başlıca farmakolojik etkilerinden sorumlu olduğu düşünülen ana bileşendir. Zerdeçal ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların büyük çoğunluğu, bu bitkinin ana aktif fenolik metaboliti olan kurkuminin özelliklerini incelemeye odaklanmıştır (Czernicka vd., 2019).

Kurkumin, düşük moleküler ağırlığa sahip bitkisel kaynaklı bir bileşiktir. Hindistan ve çeşitli Asya ülkelerinde geleneksel tıpta tedavi amacıyla kullanılmaktadır. Doğada üç farklı formda bulunur: zerdeçal ve kurkumin

metabolitlerinden türeyen doğal formlar, doğal ortamda bulunan kurkumin türevleri, laboratuvar ortamında sentezlenen sentetik kurkumin türevleri (Gülen Akgün, 2016)

2.3.3. Kurkuminin Koruyucu Antioksidan Özellikleri

Kurkumin, güçlü antioksidan özellikleriyle hücrel hasara yol açan serbest radikalleri etkisiz hale getirebilir. Oksidatif stresi azaltarak hücreleri korur ve inflamasyonu baskılayıcı etkiler gösterebilir. Ayrıca, vücudun kendi antioksidan savunma sistemlerini destekleyerek detoksifikasyon süreçlerine katkıda bulunur.

Kurkumin üzerine yapılan deneysel araştırmaların büyük bir kısmı, bu bileşiğin antioksidan özelliklerine odaklanmaktadır. Çeşitli bilimsel çalışmalar, kurkuminin hem antioksidan hem de prooksidan etkilere sahip olabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle bakır ve demir iyonlarıyla etkileşime girdiğinde, serbest radikalleri etkisiz hale getirme, indirgeme kapasitesi gösterme ve DNA hasarını önleme potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir (Antunes vd., 2005).

Kurkuminin inflamasyon karşıtı etkileri uzun süredir araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalar, hem akut hem de kronik inflamasyonu azaltma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu etkiler, kurkuminin inflamatuvar süreçleri düzenleme yeteneğiyle ilişkilendirilmektedir (He vd., 2015).

Araştırmalar, kurkuminin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bileşiğin, zararlı serbest radikalleri nötralize edebilme yeteneği sayesinde oksidatif stresi azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir. Özellikle süperoksit anyon ve hidroksil radikallerine karşı koruyucu rol oynadığı ifade edilmektedir (Sharma, Gescher & Steward, 2005).

Kurkumin, reaktif oksijen türlerine karşı güçlü bir savunma mekanizması sağlayarak oksidatif stresi azaltabilir. Aynı zamanda lipid peroksidasyonunu engelleyerek hücrel zararın önüne geçer. Bu koruyucu etkisini, antioksidan enzimlerin aktivitelerini destekleyerek ve hücrel dengeyi sürdürerek gösterir (Reddy & Lokesh, 1994).

Egzersiz sonrası toparlanma sürecini hızlandıran faktörler arasında kas hasarının azalması ve kas ağrılarının önlenmesi önemli rol oynamaktadır.

Kurkuminin antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleri, kas dokusundaki oksidatif stresi ve inflamasyonu azaltarak toparlanma sürecine katkı sağlayabilir. Bu doğrultuda, kurkuminin egzersiz sonrası iyileşme sürecini destekleyici potansiyeli olduğu düşünülmektedir (Aktitiz, Acar, Göktepe & Turnagöl, 2024).

2.4. Oksidatif Stres Göstergeleri ve Antioksidan Sistemleri

2.4.1. Malonaldehit (MDA)

Malondialdehit (MDA), yağ asitlerinin peroksidasyonu ile oluşan bir yan ürün olup, oksidatif stresin bir göstergesi olarak kabul edilir. Sporcularda, MDA düzeyleri, özellikle yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında anlamlı şekilde artış gösterebilir. MDA'nın yükselmesi, kas hasarına ve uzun vadede toparlanma sürecinin uzamasına yol açabilir. Bununla birlikte, sporcuların vücutlarında oksidatif stresin dengelenmesi, sporcuların performansını korumaları ve kas onarım süreçlerinin etkinliğini artırmaları açısından önemlidir. Antioksidan destekler ve dikkatli bir beslenme programı, bu sürecin yönetilmesinde etkili olabilir.

Lipit peroksidasyonu, serbest radikallerin başlattığı ve hücre zarındaki çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu içeren kimyasal bir süreç olarak tanımlanır (Akkuş 1995). Lipit peroksidasyonu sonucunda oluşan son ürünler arasında aldehitler bulunur. Bu aldehitlerin nihai ürünü olan MDA, membran bileşenlerinin polimerizasyonuna ve çapraz bağlanmasına yol açan toksik bir bileşiktir (Gönenç vd., 2001).

Malondialdehit (MDA), lipit peroksidasyonunun en önemli ürünlerinden biridir. Lipitlerin oksidasyonu sonucunda lipit peroksil radikali, lipit alkoksil radikali, alkil radikali ve lipit aldehit gibi çeşitli peroksidasyon ürünleri oluşur. Meydana gelen MDA, hücre zarında iyon alışverişini etkileyerek membran bileşenlerinin çapraz bağlanmasına sebep olur ve bu durum, iyon geçirgenliğinin değişmesi ve enzim aktivitesinde bozulmalar gibi olumsuz etkilere yol açar (Moslen 1994).

Serbest radikallerin etkisiyle hücre zarındaki çoklu doymamış yağ asitlerinin elektron kaybetmesi sonucu malondialdehit (MDA) oluşur. MDA, oksidatif hasarın

sistemik dolaşımda ölçülebilen dolaylı bir göstergesi olup, aynı zamanda oksidatif stresin belirteci olarak kullanılmaktadır (Koca, 2007).

Lipit oksidasyon mekanizması üç aşamadan oluşur: başlangıç, gelişme ve sonuç. Bu süreç, serbest radikallerin ortaya çıkmasına neden olan bir dizi kimyasal reaksiyondan ibarettir. Isı, ışık, yüksek enerjili radyasyon ve geçiş metalleri gibi başlatıcılar, serbest yağ asidi veya trigliserit moleküllerinden serbest radikallerin oluşmasına yol açar. Bu serbest radikal, oksijen ile etkileşime girdiğinde peroksil radikali meydana gelir. Bu reaksiyon yalnızca moleküler oksijenle değil, aynı zamanda hidroksi radikal (OH), süperoksit anyon (O_2^-) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi diğer reaktif türlerle de gerçekleşebilir (Taub, 1984).

Serbest radikal reaksiyonları sonucunda oluşan MDA, Mutajenik ve karsinojenik potansiyeli nedeniyle MDA, moleküler biyoloji ve toksikoloji alanında yaygın olarak araştırılmaktadır. Çalışmalar, MDA'nın DNA ile etkileşime girerek mutasyonlara yol açabildiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, nitrojen oksitler ve ozon gibi lipid peroksidasyonunu tetikleyen çevresel faktörler, in vivo ortamda endojen MDA oluşumunu artırmaktadır. Çoklu doymamış yağ asitlerinin bozulmasıyla meydana gelen ekzojen MDA'nın metabolizması, endojen MDA'dan belirgin farklılıklar ortaya koymaktadır (Draper, 1990).

Yağ asitlerinin peroksidasyonu zincirleme reaksiyonlar halinde ilerleyen bir süreçtir. Yağ asidi ile birleşen serbest radikal, bir dizi kimyasal tepkiyi tetiklemektedir. İlk aşamada, yağ asidi radikalinin oksijen ile etkileşimi sonucunda lipid peroksil radikali (ROO) oluşur. Lipid peroksidasyonunun nihai ürünlerinden biri olan MDA, hücre çekirdeğinde DNA ile reaksiyona girerek baz değişimlerine veya DNA zincirinde kırılmalara yol açabilir ve bu durum kromozomal yapıda değişikliklere sebep olarak sitotoksositeye neden olabilir. Ayrıca, fiziksel aktiviteye bağlı olarak MDA sıklıkla oksidatif stresin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Dinç, 2006).

Oksidatif stres, birçok hastalığın nedeni olarak kabul edilir ve yaşlanma sürecinde önemli bir rol oynar. MDA, iki aldehit grubu taşıyan üç karbonlu küçük bir organik moleküldür. Vücutta serbest veya doku içeriğiyle birleşik olarak bulunur ve

lipidlerde çapraz bağlanmaya yol açar. Lipitler, oksidatif strese en fazla etkilenen dokular arasında yer alır (Özkan, 2023).

2.4.2. Glutasyon (GSH)

Glutasyon (GSH), vücutta yer alan en önemli antioksidanlardan biridir ve hücrel oksidatif stresi dengelemede kilit rol oynar. Sporcularda GSH, yoğun egzersiz sonucu oluşan serbest radikallerin nötralizasyonunda etkili rol oynar. Düzenli egzersiz, GSH seviyelerini artırarak sporcuların toparlanma süreçlerini hızlandırabilir ve kas yıkımını engelleyebilir. Ayrıca, glutasyon, hücrel işlevlerin düzgün bir şekilde devam etmesini sağlar ve bağışıklık sistemini destekler, bu da sporcuların enfeksiyonlara karşı daha dirençli olmalarına katkıda bulunur.

Glutasyon, suda çözünür bir antioksidan ve indirgeyici ajan olarak kabul edilir. Özellikle karaciğer başta olmak üzere birçok dokuda yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Glisin, glutamat ve sistein amino asitlerinden sentezlenen bu tripeptid, serbest radikaller ve peroksitlerle hızlı bir şekilde reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasardan korur. Hayvanlar, bitkiler ve çeşitli bakterilerde de yüksek düzeylerde bulunabilir (Yılmaz, 2006).

GSH, hücre içindeki indirgenme reaksiyonlarında, kataliz süreçlerinde, metabolik işlemlerde ve amino asit taşımada kritik bir rol oynar. Antioksidan özellikleri sayesinde, hücreleri serbest radikaller, reaktif oksijen türleri ve hem endojen hem de dışsal kaynaklı toksik bileşenlere karşı korur (Murray vd., 1993).

Glutasyon (GSH), özellikle karaciğer olmak üzere birçok dokuda yüksek konsantrasyonlarda bulunan, glutamat, sistein ve glisin amino asitlerinden sentezlenen bir tripeptiddir. GSH, serbest radikaller ve peroksitlerle etkileşime girerek hücreleri oksidatif hasara karşı korur (Jenkinson vd., 1984).

Glutasyon, glutamik asit, sistein ve glisin amino asitlerinden oluşan, düşük moleküler ağırlığa sahip ancak çok önemli bir işlevi olan tripeptid olup, bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar gibi çeşitli canlılarda hücre sitozolünde bulunur. GSH, aynı zamanda hücre içindeki en bol tiyol bileşiği olarak görev yapar (Kidd, 1997).

2.4.3. Katalaz (CAT)

Katalaz (CAT), hücrelerdeki oksidatif stresin yönetilmesinde önemli bir rol oynayan bir enzimdir. Sporcuların yoğun egzersiz yaparken vücutta serbest radikal üretimi artar ve bu durum oksidatif hasara yol açabilir. Katalaz, özellikle hidrojen peroksiti su ve oksijene dönüştürerek bu zararlı bileşiklerin hücrelere zarar vermesini engeller. Sporcular için bu enzimatik aktivite, kas dokusunun oksidatif hasardan korunmasına ve toparlanma süreçlerinin desteklenmesine katkı sağlayabilir. Katalaz aktivitesinin arttığı durumlarda, vücut daha etkili bir şekilde oksidatif stresle başa çıkabilir, böylece kas iyileşmesi hızlanır ve performans artar. Bu nedenle, egzersiz yoğunluğu yüksek spor dallarında, katalazın etkinliği, sporcuların dayanıklılığı ve genel sağlıkları üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir.

Katalaz (CAT), yapısı ve sekansındaki farklılıklara göre üç türe ayrılır. En yaygın olanı, monofonksiyonel ve heme içeren enzimdir ve tüm aerobik canlılarda bulunur. Daha nadir olan ikinci tür, bifonksiyonel katalaz-peroksidaz enzimini içerir ve bu enzim de heme grubu taşır. Bitkilerde bulunan peroksidazlar ise yapı ve işlev açısından birbirine benzer. Üçüncü tür, heme grubu içermeyen, manganez (Mn) içeren katalazlardır (Nandi vd., 2019).

Katalaz (CAT), temel fonksiyonu, süperoksit dismutaz (SOD) tarafından üretilen hidrojen peroksidi (H_2O_2) su ve oksijene dönüştürerek zararlı serbest radikallerin oluşumunu engellemektir (Reaksiyon 3). CAT, hücrede özellikle mitokondri ve peroksizomlarda yer alır (Singh vd., 2009).

Katalaz (CAT), aerobik solunum gerçekleştiren hücrelerde, özellikle eritrositlerde ve karaciğerde en yüksek düzeyde bulunur. Bunun dışında, beyin, kalp ve iskelet kaslarında daha düşük seviyelerde mevcuttur (Garewal, 1997).

2.5. Serbest Radikaller ve Oksidatif stres

Egzersiz sırasında vücut artan enerji ihtiyacını karşılamak için daha fazla oksijen kullanır. Bu durum, serbest radikal üretiminin artmasına neden olabilir. Serbest radikaller, kas hücrelerine zarar vererek yorgunluk, inflamasyon ve kas hasarına yol açabilir. Bu süreç, oksidatif stres olarak adlandırılır ve sporcuların

performansını olumsuz etkileyerek iyileşme sürecini uzatabilir. Ancak organizma, bu durumu dengeleyebilmek için antioksidan savunma sistemlerine sahiptir. Düzenli egzersiz, bu sistemleri güçlendirerek oksidatif stresin zararlı etkilerini azaltabilir ve spor performansının artmasına katkı sağlar.

Serbest radikaller, bir veya daha fazla eşleşmemiş elektrona sahip atom veya moleküller olarak tanımlanabilir. Bu tür moleküller, yüksek reaktivite gösterir ve çevrelerindeki bileşenlerle etkileşime girerek çeşitli kimyasal reaksiyonlara yol açabilir (Valko vd.,2007). Fiziksel aktiviteler, vücutta çeşitli fizyolojik adaptasyonlara yol açarken, bu süreçte oksidatif stres önemli bir etken olarak rol oynamaktadır (Apor vd., 2006).

Oksidatif stresin meydana geldiği ve reaktif oksijen türlerinin normal seviyelerin üzerine çıktığı durumlarda, aerobik organizmalar bu bileşenleri etkisiz hale getirebilmek için hem enzimatik hem de enzimatik olmayan savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Enzimatik savunma sistemlerine, örneğin SOD, CAT ve GPx gibi enzimler dahil edilebilir (Fink & Scandalios, 2002).

En dış yörüngesinde eşleşmemiş bir elektrona sahip olan atom veya moleküller serbest radikal olarak adlandırılır. Bu eksik elektronlu moleküller, kısa yaşam süreleri, kararsız yapıları, düşük moleküler ağırlıkları ve yüksek reaktiviteye sahip olmalarıyla bilinir (Turna, Kılıç, & Sarı, 2011).

Hücreler, metabolizma sırasında sürekli serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri üretir (Stanković, vd., 2012). Bu doğal süreç, enerji üretimi ve hücresel işlevler için gereklidir ancak kontrolsüz üretildiğinde oksidatif strese yol açarak hücresel hasara neden olabilir.

2.6. Antioksidanların Yapısı ve Fonksiyonları

Antioksidanlar, serbest radikallerin vücutta yol açtığı zararı engellemek için tasarlanmış doğal bileşiklerdir. Yapıları, elektron alabilen özellikleriyle serbest radikalleri nötralize eder ve hücreleri korur. Bu özellikleri sayesinde, hücresel hasarların önüne geçer ve sağlığı destekler. Sporcular için antioksidanların rolü daha da önemlidir. Yoğun egzersiz sırasında vücutta artan serbest radikaller, kaslarda

hasara yol açabilir. Antioksidanlar, bu süreci dengeleyerek toparlanmayı hızlandırır, kas iyileşmesini destekler ve genel performansı artırır.

Serbest radikaller, eşleşmemiş elektrona sahip atom veya moleküllerdir. Kararsız yapıları nedeniyle diğer moleküllerle etkileşime girerek onların yapısını bozabilirler. Antioksidanlar ise serbest radikalleri dengeleyerek hücrel hasarın önlenmesine katkı sağlar (Aydemir, vd., 2009).

Antioksidanlar, oksidatif süreçlerin zararlarını azaltabilen ve serbest radikallerle etkileşime girerek onları nötralize eden bileşiklerdir. Antioksidan kapasitesi ise, organizmaların veya maddelerin serbest radikalleri etkisiz hale getirme gücünü ifade eder (Trofin, vd., 2019).

Antioksidanlar, serbest radikallerin neden olduğu kimyasal reaksiyonların yol açabileceği hücrel hasarı önleyerek hücreleri koruma işlevi görür (Young & Woodside, 2001).

Antioksidanlar, serbest radikallerin yol açtığı hasara karşı vücudun temel savunma mekanizmalarından biridir ve genel sağlık için önemli bir rol oynar. Araştırmalar, antioksidan açısından zengin bir beslenmenin uzun vadede sağlığa olumlu katkılar sağladığını ortaya koymaktadır (Pokorny, 2007).

Organizma, serbest radikalleri dengelemek için doğuştan gelen hassas bir oksidan-antioksidan sistemi ile korunur. Ancak, bu dengenin oksidanlar lehine bozulması, hücrel yapılara zarar vererek çeşitli hastalıklara yol açabilir. Aşırı oksijen alımı, stres, sigara, alkol, çevresel kirlilik, yoğun egzersiz ve bazı fizyolojik durumlar (gebelik, yaşlılık) antioksidan savunma sisteminin yetersiz kalmasına neden olabilir. Bu durum serbest radikallerin artışına yol açarak, lipidler, proteinler ve DNA üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir (Kayser, 1994).

2.7. Antioksidan Türleri

2.7.1. Doğal Antioksidanlar

Doğal antioksidanlar, vücudu serbest radikallerin zararlarından koruyan ve hücrel sağlığı destekleyen bileşiklerdir. Sporcular için bu bileşikler, yoğun egzersiz sonrası toparlanmayı hızlandırarak kas hasarını azaltır ve performansı artırır.

Doğal antioksidanların yalnızca bir kısmı, serbest radikal temizleyiciler olarak emilip kullanılır. Gıdalarda daha az aktif oldukları için doğal antioksidanların, sentetik antioksidanlardan daha büyük miktarlarda eklenmesi gerekebilir. Ancak, asıl etkinlikleri, özel şartlara ve gıda kompozisyonuna bağlıdır (Pokorný, 2007).

Gıdalarda bulunan başlıca doğal antioksidanlar, vücudu zararlı serbest radikallerden koruyarak sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterir. Bu antioksidanlar arasında C, E ve A vitaminleri, flavonoidler, karotenoidler ve polifenoller bulunur. Yapılan pek çok araştırma, meyve ve sebze tüketimi ile belirli kanser türleri ve kalp hastalıklarının riski arasında ters bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Miller vd, 1997).

Sporcularda oksidatif stresin olumsuz etkilerini önlemek, vücudun doğal antioksidan savunma mekanizmalarının etkinliğine bağlıdır. Endojen antioksidanlar (süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon gibi) serbest oksijen radikallerinin (ROS) seviyelerini düzenlerken, dışarıdan alınan antioksidanlar (E ve C vitaminleri, polifenoller, karotenoidler) bu süreci destekler. Literatürdeki araştırmalar, düzenli ve iyi planlanmış antrenmanların antioksidan savunma sistemini güçlendirdiğini ve ROS üretimini dengelediğini ortaya koymaktadır (Ağlar & Demir, 2025).

Toksikolojik güvenlik açısından, sentetik antioksidanların riskli olabileceği düşünüldüğünden, tüketicilerin besin endüstrisindeki doğal antioksidanlara karşı ilgisi artmaktadır (Karre, Lopez, & Getty, 2013).

Gıdalardan alınan doğal antioksidanlar, vücudun savunma sistemini güçlendirerek hastalıklara karşı koruma sağlar (Öğüt, 2014).

2.7.2. Non-Enzimatik Antioksidanlar

Enzimatik olmayan mekanizmalar, glutatyon (GSH), C vitamini, E vitamini ve benzeri radikal temizleyiciler olarak görev yapan hidrofobik ve hidrofilik moleküllerden oluşur. Yapılan araştırmalara göre, 4000'e kadar antioksidan tanımlanmış olup, en bilinenleri C vitamini, E vitamini ve karotenoidlerdir (Zadok vd., 2009).

β -karoten, α -tokoferol (vitamin E), askorbik asit (vitamin C), ürat, seruloplazmin, sistein, miyoglobin, transferin, hemoglobin, ferritin, bilirubin, albumin, metionin, melatonin, karnozin ve glutatyon, önemli nonenzimatik antioksidanlar arasında yer alır (Yerer & Aydoğan, 2000).

2.7.2.1. a-Mineraller

Mineraller, metabolizmada çeşitli fizyolojik reaksiyonlarda enzim kofaktörü olarak rol almasının yanı sıra; elektrolit dengesinin sağlanması, kemik dokusunun korunması, kan pıhtılaşması ve sinir iletilerinin düzenlenmesinde önemli görevler üstlenmektedir (Gürbüz & Çelik, 2019).

Mineraller, doğada inorganik halde bulunan ve besinlerle vücuda alınan, çoğu zaman ne kadar tükettimizin farkına bile varmadığımız maddelerdir. Vücutta birçok yaşamsal reaksiyonda rol alırken, eksiklikleri durumunda deri dahil olmak üzere birçok organ da çeşitli belirtiler ortaya çıkabilir (Demirel & Türsen, 2019).

2.7.2.1.1. Magnezyum (Mg)

Magnezyumun vücutta sodyum, potasyum ve kalsiyumdan sonra en fazla bulunan dördüncü mineral olduğunu belirtmektedir. Hücre içinde ise potasyumdan sonra en fazla bulunan katyon olarak yer almaktadır. Vücutta bulunan magnezyumun yarısının hücrelerin içinde, diğer yarısının ise kalsiyum ve fosfor ile birlikte kemiklerde bulunduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, kan dolaşımında vücuttaki toplam magnezyumun yalnızca %1'inin yer aldığı vurgulanmaktadır. Magnezyumun, 600'den fazla enzim ve 800'den fazla proteinin kofaktörü olarak görev yaptığı belirtilmektedir. Enerji üretimi, protein sentezi, oksidatif fosforilasyon ve glikoliz süreçlerinde önemli bir rol üstlendiği ifade edilmektedir. DNA, RNA ve antioksidan

glutasyon sentezi için gerekli olduğu, ayrıca kalsiyum ve potasyum iyonlarının hücre zarları boyunca aktif taşınmasında etkili olduğu belirtilmektedir. Bu durum, sinir iletimi ve normal kalp ritmi dahil kas kasılması için kritik bir öneme sahiptir (Özata, 2022).

Magnezyum, sporcularda enerji üretimi, kas kasılması ve sinir iletimi için kritik bir mineraldir. Yetersizliği, yorgunluk, kas krampları ve performans düşüşüne neden olabilir. Optimal düzeyde magnezyum, dayanıklılığı artırır, toparlanmayı hızlandırır ve elektrolit dengesini destekler.

2.7.2.1.2. Selenyum (Se)

Selenyum (Se), biyolojik olarak aktif selenoproteinlerin yapısına selenosistein aminoasidi olarak katılan esansiyel bir mikro besindir. Hücre içinde biriken peroksidazların neden olduğu oksidatif hasara karşı hücreyi koruyan glutasyon peroksidaz enzim sisteminin bir parçasıdır. Ayrıca, vücudun antioksidan savunma mekanizmalarının doğru işlev görebilmesi için gereklidir. Selenyum, oksidan/antioksidan denge ve tiroid hormon metabolizması başta olmak üzere birçok hayati fonksiyonun sürdürülebilirliği açısından önemli bir elementtir. Vücudun homeostazında, büyüme süreçlerinde ve özellikle immün sistem ile pek çok organ ve doku fonksiyonunda görevli enzimlerin yapısında yer alır. Eser element olan selenyum vücut tarafından üretilemez ve dışarıdan alınması gerekir. Yaşa ve cinsiyete bağlı olarak değişmekle birlikte, yetişkin bireyler için günlük selenyum ihtiyacı 55 mikrogramdır. Doğal olarak içme suyu, toprak ve bazı besinler yoluyla alınabilir. Ancak eksiklik ya da fazlalık durumları vücutta bazı sağlık sorunlarına yol açabilir. Dengeli ve sağlıklı bir beslenme ile bu ihtiyacın karşılanması mümkündür (Karaca, 2023).

2.7.2.1.3. Demir (Fe)

Demir, biyolojik sistemde proteinle bağlanmış halde bulunan en bol eser metal olarak tanımlanmaktadır. Serbest demir konsantrasyonu normal şartlarda oldukça düşük olup, düşük demir bağlama proteinleri seviyeleri reaktif oksijen türleri (ROS) üretimini, lipid peroksidasyonunu ve oksidatif stresi artırabilmektedir. Bu

bağlamda, demir takviyesinin oksidatif stresi azaltmada etkili olabileceği ifade edilmektedir (Altuntaş, 2020).

2.7.2.2. B-Vitaminler

Vitaminler, besinlerde doğal olarak bulunan ve çoğunlukla dışarıdan alınması gereken organik bileşiklerdir. Büyüme, üreme ve sağlığın korunması açısından önem taşırlar. Vücutta küçük miktarlarda etkili olup, yapı taşı veya enerji kaynağı olarak kullanılmazlar. Genellikle ısıya dayanıklı özellik gösterirler. Vücuda sindirim sistemi aracılığıyla veya parenteral yolla alınabilirler (Bingöl, 1977).

2.7.2.2.1. A Vitamini

Vitamin A, hayvansal kaynaklı gıdalarda retinil esterleri olarak bulunur ve barsak lümeninde retinol ve serbest yağ asitlerine parçalanır. Barsak hücrelerine alınan retinolden tekrar retinil esterleri oluşturulur. Vitamin A'nın diğer kaynağı β -karoten gibi provitamin A karotenoidleridir ve bitkisel kaynaklı besinlerden elde edilir (Harrison, 2012).

Retinoidler, vitamin A'dan türeyen bir grup bileşiktir ve bunlar hem gelişmekte olan hem de erişkin omurgalı sistemlerde birçok işleve sahiptir. Vitamin A'nın biyolojik olarak aktif metaboliti retinoik asittir ve çekirdekteki bir grup reseptör ailesine bağlanarak gen ekspresyonunu düzenler (Bremner & McCaffery, 2008).

A vitamini, sporcular için önemli bir besin maddesidir çünkü hücre büyümesi ve onarımı süreçlerinde rol oynar. Vücutta güçlü bir antioksidan olarak işlev görür ve serbest radikallerin hücrelere zarar vermesini engeller. Aynı zamanda bağışıklık sistemini destekleyerek enfeksiyonlara karşı vücut direncini artırır. A vitamini, göz sağlığını da korur, çünkü retina sağlığını destekleyerek gece görüşünü iyileştirmeye yardımcı olabilir. Sporcuların enerji düzeylerinin korunmasına ve performanslarının artırılmasına katkı sağlar.

2.7.2.2.2. C Vitamini

C vitamini, hücre dışı sıvılarda suda çözünebilen en güçlü antioksidanlardan biri olarak kabul edilir ve lipid peroksidasyonu başlamadan önce reaktif oksijen türlerini (ROS) etkili bir şekilde nötralize edebilir (Percival, 1997).

Askorbik asit suda eriyen antioksidan bir vitamindir ve birçok enzimin kofaktörüdür (Corti, Casini, & Pompella, 2010).

C vitamini, sporcular için önemli bir antioksidan olup, vücuttaki oksidatif stresi azaltarak kas iyileşmesini destekler. Ayrıca, bağışıklık sisteminin güçlenmesine katkı sağlar ve kolajen üretimini artırarak eklem ve bağ doku sağlığını korur. Yoğun egzersiz sonrası vücutta oluşan serbest radikalleri nötralize eder ve böylece sporcuların daha hızlı toparlanmalarını sağlar. C vitamini, aynı zamanda enerji üretimine katkı sağlayarak, performansı iyileştirmede etkili rol oynar

2.7.2.2.3. E Vitamini

E vitamini, ilk defa 1922 yılında Evans ve Bishop tarafından gerekli bir besin maddesi olarak tanımlanmış ve dişi sıçanların gebeliklerini sürdürebilmeleri için bu vitamini aldıkları belirlenmiştir (Mydlik vd., 2004).

E vitamini, bitkisel kökenli doğal bir antioksidan olup en önemli dört formu sırasıyla alfa, beta, gama ve tetra (α , β , γ , δ) tokoferol olarak bilinir. Bu formlar arasında en yüksek antioksidan aktiviteyi α -tokoferol gösterir (Huang & Huang, 2004; Naziroğlu & Günay, 1999).

E vitamini, sporcular için önemli bir antioksidan olup, hücrelerdeki serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltır. Bu, kasların iyileşme sürecini hızlandırır ve performansın korunmasına katkı sağlar. Ayrıca, bağışıklık sistemini güçlendirir ve kardiyovasküler sağlığı destekler. E vitamini, düzenli egzersizle oluşan oksidatif hasara karşı vücudu korur, böylece sporcuların daha verimli antrenman yapmalarına olanak tanır.

2.7.2.3. c- Polifenoller

Son yıllarda, araştırmacılar ve gıda üreticileri, polifenollerin sağlık üzerindeki potansiyel etkilerine daha fazla ilgi göstermektedir. Bu ilgi, polifenollerin güçlü

antioksidan özelliklerinin yanı sıra, diyetlerdeki yaygınlıkları ve kanser, kardiyovasküler hastalıklar gibi oksidatif stresle ilişkili sağlık sorunlarının önlenmesindeki olası rollerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, polifenoller, birçok tıbbi bitkide bulunan aktif bileşenleri oluşturarak, çeşitli enzim ve hücre reseptörlerinin fonksiyonlarını düzenler (Manach vd., 2004).

Fenolik asitler, hidrolize olabilen taninler ve bazı flavonoidlerin, kötü huylu tümörlerin oluşumunu engellemeye yardımcı olduğu ve prokanserojen aktivasyonu ile ilişkili enzimlerin aktivitesini azalttığı belirtilmektedir (Wollgast & Anklam, 2000).

2.7.2.4. d- Karotenoidler

Karotenoidler, β -karoten, likopen, lutein ve zeaksantin gibi yağda çözünebilen renkli bileşiklerden oluşur ve özellikle meyve ve sebzelerde bulunurlar. β -Karoten, genellikle havuç, tatlı patates, kayısı, balkabağı, mango ve kavun gibi turuncu ve yeşil renkteki gıda maddelerinde yer alırken, yeşillikler arasında ıspanak ve lahana gibi bazı yapraklı sebzelerde de mevcuttur. Lutein ise, yeşil yapraklı sebzelerde, özellikle yeşil lahana ve ıspanakta yüksek miktarda bulunur ve retinayı serbest radikallerin olumsuz etkilerinden koruyarak, aynı zamanda ateroskleroza karşı koruyucu bir rol oynar (Sikora, Cieslik, & Topolska, 2008).

2.7.3. Glutasyon Enzimatik Antioksidanlar.

Glutasyon, vücuttaki serbest radikalleri nötralize eden ve hücreyi oksidatif strese koruyan önemli bir antioksidandır. Enzimatik antioksidanlar ise, oksidatif hasarı engelleyen ve hücreleri koruyan enzimlerdir. Glutasyon peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi enzimler, serbest radikalleri zararsız hale getirerek hücre sağlığını korur.

2.7.3.1. a- Birincil Antioksidanlar

2.7.3.1.1. Peroksidaz (GPx)

Glutasyon peroksidaz (GPx), hücre sitoplazmasında bulunan ve her alt birimi bir selenyum atomu içeren dört protein alt biriminden oluşan bir enzimdir. Bu enzim, esas olarak hidrojen peroksit (H_2O_2) molekülünü suya dönüştürerek, zararlı hidroksil

radikalinin (OH•) oluşumunu engeller ve böylece hücreleri oksidatif hasardan korur (Sen & Chakraborty, 2011).

2.7.3.1.2 Katalaz (CAT)

Katalaz, hücresel dengeyi korumak için hidrojen peroksiti hızla su ve oksijene dönüştüren, oksidatif stresin kontrolünde kritik rol oynayan bir enzimdir.

Katalaz, (CAT) çeşitli canlı organizmalarda bulunan ve dört hem grubu içeren bir hemoproteindir. Bu enzim, canlı hücrelerin peroksizomlarında yer alır ve hidrojen peroksidi kullanarak suya dönüştürme reaksiyonunu katalizler (Çimen, Öter, Demir, & Savran, 2005).

Katalaz (CAT), hidrojen peroksitin su ve oksijene parçalanmasını katalize eden bir enzimdir ve hücre çoğalması, apoptoz, karbonhidrat metabolizması ve trombosit aktivasyonunda rol oynar (Nandi vd., 2019).

2.7.3.1.3. Süperoksit Dismutaz (SOD)

Süperoksit dismutaz (SOD), hücresel ve ekstraselüler olmak üzere iki çeşit formu bulunan ve reaktif oksijen türleriyle mücadelede ilk devreye giren enzimlerden biridir (Sen vd., 2010; Sen & Chakraborty, 2011).

Süperoksit dismutaz (SOD), oksijen kullanımının yüksek olduğu dokularda aktif olarak görev alır. Ayrıca, fagosite edilmiş bakterilerin hücre içine alınarak yok edilmesinde rol oynar. Bu süreçte, tepkime sonucu oluşan hidrojen peroksidin (H_2O_2) uzaklaştırılması için glutatyon peroksidaz (GSH peroksidaz) ve katalaz (CAT) enzimleriyle birlikte çalışır (Ceballos vd., 1992).

Süperoksit dismutaz (SOD), vücutta oksijen kullanımının yüksek olduğu dokularda bulunan ve reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize ederek hücreleri oksidatif hasardan koruyan önemli bir antioksidan enzimdir. Sporcularda, yoğun egzersiz sırasında oluşan serbest radikallerin etkisini azaltmada kritik bir rol oynar.

2.7.3.2.b-İkincil Antioksidanlar

2.7.3.2.1 Redükte Glutasyon (GSH)

Redükte Glutasyon (GSH), vücudun antioksidan sisteminde önemli bir rol oynar ve hastalıklara karşı korunmada etkili olduğu bilinmektedir. Glutasyon, sistein ve glisinden oluşan bir tripeptittir ve başlıca karaciğer hücrelerinde sentezlenir. Hücrelerde yüksek miktarda bulunan bu bileşik, oksitlenmiş veya indirgenmiş formda depo edilebilir. Glutasyon, özellikle antioksidasyon ve detoksifikasyon süreçlerinde önemli işlevler üstlenir. İndirgenmiş glutasyon, reaktif oksijen türleri tarafından hızla oksitlenebilir; ancak daha sonra glutasyon redüktaz enzimi aracılığıyla yeniden indirgenerek glutasyon redoks dengesini korur. Bu nedenle, antioksidan durumun belirlenmesinde glutasyon düzeyleri bir gösterge olarak değerlendirilir. Fiziksel egzersiz, hücrelerdeki indirgenmiş glutasyon seviyesini düşürürken, oksitlenmiş formunu artırabilir. Uzun süreli egzersiz sonucunda plazma ve dokulardaki toplam glutasyon içeriğinde azalma gözlemlenebilir. Bununla birlikte, glutasyonun aerobik enerji metabolizması ve kas dayanıklılığı ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Aoi vd., 2015).

Redükte Glutasyon (GSH), vücutta en bol bulunan ve güçlü bir antioksidan olan tripeptit bir bileşiktir. Sporcularda, yoğun antrenmanlar sonucu artan serbest radikal üretimine karşı koruyucu bir rol oynar. GSH, hücrelerin oksidatif strese karşı savunma mekanizmalarının bir parçası olarak, zararlı oksijen türlerini nötralize eder ve hücrel hasarı engeller

2.8. Egzersizin Antioksidan Sistem Üzerindeki Etkileri

Egzersiz yapıldığında, metabolizma hızı yükselir ve oksijen tüketimi artar. Bu süreç, mitokondride reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna yol açar (Alessio, 1993).

Düzenli egzersiz, vücudun antioksidan savunma mekanizmasını geliştirerek yenilenmesini sağlar. Bu durum, antrenmanlı bireylerde hücrel hasarın, antrenman yapmayan bireylere kıyasla daha az olmasına katkıda bulunur. Ayrıca, yoğun ve yorucu egzersizlerin antrenmansız bireylerde oksidatif hasarı artırdığı ve özellikle

kanlanan kas dokularında bu etkinin daha belirgin olduğu belirtilmiştir (Nakaç, 2010).

Düzenli egzersiz, akut egzersiz sonucu ortaya çıkan oksidatif stresi azaltmak amacıyla vücutta adaptasyon süreçlerini tetikleyebilir. Antrenmana yanıt olarak antioksidan enzimlerin aktivitesinde artış görülmesi, reaktif oksijen ve nitrojen türlerine karşı koruma sağlama gereksiniminden kaynaklanır. Ancak, çok düşük şiddette yapılan egzersizler bu adaptasyonu desteklemekte yetersiz kalabilir, çünkü ortaya çıkan serbest radikaller vücudun mevcut antioksidan savunma mekanizmaları tarafından etkili bir şekilde yok edilir. Buna karşın, belirli bir yoğunlukta ve sürede tekrarlanan egzersizler sonucunda adaptasyon süreci gelişir. Sonuç olarak, aerobik antrenmanlar yalnızca egzersize bağlı oksidatif stresi azaltmakla kalmaz, aynı zamanda antioksidan üretimini de teşvik eder (Eren, 2008).

Belirli bir program çerçevesinde düzenli olarak yapılan antrenmanlar, vücudun antioksidan savunma mekanizmasını geliştirerek yenilenmesini sağlar. Bu durum, antrenmanlı bireylerde hücresel hasarın, antrenmansız bireylere kıyasla daha az olmasına katkıda bulunur. Egzersizin türü, yoğunluğu ve süresi, lipit peroksidasyonu üzerinde etkili olabilir. Yapılan araştırmalar, MaksVO₂ tüketiminin %40 seviyesinde olduğu egzersizlerin plazma lipit peroksidasyonunu azalttığını, ancak MaksVO₂ tüketiminin %100'e ulaştığı durumlarda lipit peroksidasyonunun arttığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, antrenmansız bireylerde yoğun ve yorucu egzersizlerin oksidatif hasarı artırdığı ve bu etkinin özellikle kanlanması yüksek kas dokularında daha belirgin olduğu belirtilmiştir (Nottin vd., 2009).

Egzersiz, vücudun antioksidan sistemini harekete geçirerek oksidatif stresi düzenler. Fiziksel aktivite süresince enerji metabolizması hızlanır ve serbest radikal üretimi artar. Ancak düzenli egzersiz, antioksidan enzimlerin (örneğin SOD, Katalaz, GPx) aktivitesini artırarak vücudun savunma mekanizmalarını güçlendirir. Düşük ve orta yoğunlukta egzersiz, antioksidan kapasiteyi desteklerken, ağır ve uzun süreli egzersiz oksidatif stresi artırabilir. Bu nedenle egzersiz programları dengenin korunmasını sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Beslenme de bu sürecin desteklenmesi için kritik bir faktördür. Antioksidan içeren besinlerin tüketimi, kas hasarını azaltarak toparlanmayı hızlandırabilir.

2.9 Egzersizde Antioksidan Takviyelerin Rolü

Antioksidan takviyelerinin egzersiz performansı ve egzersiz sonrası toparlanma sürecine etkileri üzerine yapılan araştırmalar, bu takviyelerin rolünü anlamak için çeşitli nedenlere dayanmaktadır (Myburgh, 2014).

1-Mitokondrilerde adenosin trifosfat (ATP) üretimi tamamen verimli bir süreç değildir. Bu süreçte yüksek miktarda süperoksit radikali oluşabilir.

2-Egzersiz sırasında artan oksijen tüketimi nedeniyle süperoksit anyonu üretimi de yükselir ve bu durum oksidatif stresin oluşmasına yol açabilir. Egzersiz sonucu meydana gelen kas hasarı, serbest radikal üretimini artırarak iyileşme sürecini olumsuz yönde etkileyebilir.

3-Vücudun doğal savunma mekanizmaları, artan serbest radikal yükünü dengelemekte yetersiz kalabilir. Bu noktada antioksidan takviyeleri devreye girerek oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Bu takviyelerin egzersiz performansına hem doğrudan hem de dolaylı etkileri olabilir. Doğrudan etkisi, kas kasılma sürecinde yorgunluğu geciktirme potansiyeline dayanır. Dolaylı etkisi ise egzersiz sırasında oluşan fizyolojik stres faktörlerini azaltarak veya toparlanma sürecini hızlandırarak performansa olumlu katkı sağlamasıdır (Myburgh, 2014).

Egzersiz sırasında antioksidan takviyeleri, hem performans hem de toparlanma süreci üzerinde çift yönlü etkilere sahip olabilir. Olumlu tarafı, yoğun fiziksel aktivite sırasında artan serbest radikal üretimini dengeleyerek oksidatif stresin kontrol altına alınmasına yardımcı olmasıdır. Bu durum, kas hasarını azaltarak toparlanma sürecini hızlandırabilir, kas yorgunluğunu geciktirebilir ve bağışıklık sistemini destekleyerek sporcuların antrenman sürekliliğini artırabilir. Özellikle yüksek yoğunluklu veya uzun süreli egzersizlerde, antioksidan takviyeleri kas dayanıklılığını koruyarak performansın sürdürülebilirliğine katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, antioksidanların aşırı veya bilinçsiz kullanımı egzersizin doğal adaptasyon mekanizmalarına müdahale edebilir. Serbest radikaller yalnızca zararlı moleküller değil, aynı zamanda hücresel sinyal yollarında önemli rol oynayan

biyolojik düzenleyicilerdir. Egzersizle tetiklenen oksidatif stres, mitokondriyal biyogenez ve kas büyümesi gibi adaptif süreçleri desteklerken, fazla antioksidan alımı bu sinyalleri baskılayarak antrenman kaynaklı gelişimi yavaşlatabilir. Ayrıca, inflamasyonun tamamen engellenmesi kas onarımı ve büyümesi için gerekli olan iyileşme sürecini geciktirebilir. Bu nedenle, antioksidan takviyelerinin kullanımı bireyin antrenman programına, beslenme düzenine ve fizyolojik ihtiyaçlarına uygun şekilde dengelenmelidir. Doğru dozda ve bilinçli bir yaklaşımla kullanıldığında faydalı olabilirken, gereğinden fazla alımı uzun vadede egzersiz adaptasyonlarına zarar verebilir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. Yöntem

3.1. Araştırma Yöntemi

Bu araştırma, nicel araştırma yaklaşımlarından biri olan deneysel yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma, nicel araştırma anlayışı doğrultusunda, tarama modellerinden biri olan Deneysel araştırma modeline dayanmaktadır (Büyüköztürk vd., 2015). Deneysel araştırmalar, sebep-sonuç ilişkilerini test etmeyi amaçlayan ve geçerli ölçütlere uygun verilerin araştırmacının kontrolü altında toplandığı, değerlendirildiği ve değişkenlerin düzenlendiği araştırma ortamlarını ifade eder. Bu tür araştırmalarda, veriler araştırmacı tarafından üretilir ve önceden var olan veriler kullanılmaz. Deneyler, yapay veya doğal ortamlarda, araştırmacının kontrolü altında yürütülür (Karasar, 2016, s.120-121; 2019). Deneysel araştırmaların temel amacı, gerçek dünyada bulunan bir nesnenin modelini veya canlıların yaşam alanlarını laboratuvar ortamında yeniden oluşturmak ve bu ortamda çeşitli testler yapmaktır. Bu sayede, araştırmacılar değişkenlerdeki değişiklikleri gözlemleyerek sebep-sonuç ilişkilerini inceleme fırsatı bulur (Saruhan ve Özdemirci, 2016, s.205).

3.2. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırma grubunun örnekleme, tabakalı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Bu yöntem, evreni oluşturan birimlerin araştırma konusu ile ilgili farklı özellikler taşıdığı durumlarda kullanılır. Tabakalı örnekleme ile, evren içindeki farklı özellikler, homojen alt gruplara (tabakalara) ayrılır (Kılıç, 2013).

Ayrıca, çalışma kapsamında seçilen katılımcıların birçoğunun üniversite öğrencisi olduğu ve genellikle öğrenci yurtlarında ikamet ettikleri gözlemlenmiştir. Bu durum, katılımcıların beslenme alışkanlıklarının büyük ölçüde benzer ve homojen bir yapıda olmasına katkı sağlamaktadır.

Bu metodoloji doğrultusunda, Van ilinde yaşayan 18–25 yaş aralığındaki sağlıklı erkek bireyler arasından toplam 44 katılımcı seçilerek dört eşit gruba ayrılmıştır:

Grup 1 (Kontrol Sporcu Grubu): Sağlıklı, sigara ve alkol kullanmayan, en az sekiz yıldır düzenli olarak Muay Thai sporu yapan, Türkiye şampiyonasında ilk üç dereceye giren veya milli takıma seçilmiş, haftada altı gün antrenman yapan erkek sporculardan oluşmaktadır.

Grup 2 (Deney Sporcu Grubu): Grup 1 ile benzer özelliklere sahip sporculardan oluşmakta olup, buna ek olarak 28 gün boyunca düzenli olarak günlük 400 mg zerdeçal ekstraktı takviyesi almışlardır.

Grup 3 (Kontrol Sedanter Grubu): Sağlıklı, sigara ve alkol kullanmayan, herhangi bir spor geçmişi olmayan gönüllü erkek bireylerden oluşmaktadır.

Grup 4 (Deney Sedanter Grubu): Grup 3 ile benzer özellikler taşımakta, ancak buna ek olarak 28 gün süresince düzenli olarak günlük 400 mg zerdeçal ekstraktı takviyesi almışlardır.

3.2.1. Uygulanan Muaythai Antrenman Programı

Bu çalışmada, Muaythai sporu yapan 1. ve 2. gruplara uygulanan antrenman programı, Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de ayrıntılı olarak sunulmuştur. Programlar, artan yüklenme (progressive overload) prensibine dayalı olarak planlanmış ve haftada altı gün süren yüksek frekanslı antrenmanlarla uygulanmıştır.

Antrenman sıklığı, sporcuların üst düzey fiziksel kapasiteleri ve adaptasyon potansiyelleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Set süreleri ve dinlenme aralıkları, bireysel kondisyon düzeylerine göre uyarlanmış; toparlanma süreleri ile zorlanma noktaları dikkate alınarak program, gerektiğinde bireysel düzeyde revize edilmiştir.

Bu sistematik yaklaşım, hem fizyolojik adaptasyonları en üst düzeye çıkarmayı hem de aşırı antrenmana bağlı olası olumsuzlukların önüne geçmeyi amaçlamaktadır.

Tablo 3.1 Muaythai Sporcularına Uygulanan Antrenman Programı – Örnek 1

Egzersiz Kapsamı	Süre - Sıklık	Antrenman Şiddeti	Açıklama
1. Isınma	15-20 dk	Orta	Hafif ısınma, reaksiyon ve mobilite çalışması
Hafif gölge Muaythai (Tay Lom)- (Toi Muay Ngao)	5 dk	Düşük	Hızlı ayak hareketleri + düşük yoğunluklu kombinasyonlar
Reaksiyon çalışması	5 dk	Orta	Partner aniden saldırır, savunma + kontra atak
Mobilite & esneme	5 dk	Orta	Kalça, omuz, diz esnetmeleri
2. Teknik & Taktik Sparring	3-5 Raund (3 dk)	Orta	Kontrollü tempo, belirli taktikler üzerine çalışma
3. Yüksek Tempolu Sparring	5-8 Raund (3 dk)	Yüksek	%70-80 temas gücüyle tam serbest Sparring maç
4. Yoğunlaşmış Senaryolu Sparring	3-4 Raund (3 dk)	Yüksek	Belirli senaryolar üzerinden Sparring maç
5. Finisher: Koşullu Sparring	5 Raund (1 dk)	Yüksek	Her raund farklı bir görev (Chap Kho, kontra, tekme vb.)
6. Soğuma & Esneme	15 dk	Orta	Hafif gölge boks, (Tay Lom)- derin esnemeler, nefes egzersizleri

(Elit Seviye) Dövüş Stratejisi ve Kondisyon Gelişimine Yönelik Sparring Günü Programı (Bu program, Muaythai 5. Kademe Teknik Direktörü ve Milli Takım Antrenörü Sinan AĞLAR tarafından hazırlanmıştır.)

Tablo 3.2 Muaythai Sporcularına Uygulanan Antrenman Programı – Örnek 2

Egzersiz Kapsamı	Süre - Sıklık	Antrenman Şiddeti	Açıklama
1. Isınma	15-20 dk	Orta	Hafif ısınma, reaksiyon ve mobilité çalışması
Hafif gölge Muaythai (Tay Lom)- (Toi Muay Ngao)	5 dk	Düşük	Hızlı ayak hareketleri + düşük yoğunluklu kombinasyonlar
Reaksiyon çalışması	5 dk	Orta	Partner aniden saldırır, savunma + kontra atak
Mobilité & esneme	5 dk	Orta	Kalça, omuz, diz esnetmeleri
2. Teknik & Taktik Sparring	3-5 Raund (3 dk)	Orta	Kontrollü tempo, belirli taktikler üzerine çalışma
3. Yüksek Tempolu Sparring	5-8 Raund (3 dk)	Yüksek	%70-80 temas gücüyü tam serbest Sparring maç
4. Yoğunlaşmış Senaryolu Sparring	3-4 Raund (3 dk)	Yüksek	Belirli senaryolar üzerinden Sparring maç
5. Finisher: Koşullu Sparring	5 Raund (1 dk)	Yüksek	Her raund farklı bir görev (Chap Kho, kontra, tekme vb.)
6. Soğuma & Esneme	15 dk	Orta	Hafif gölge boks, (Tay Lom)- derin esnemeler, nefes egzersizleri

Muaythai Torbada Interval Çalışması (Elit Seviye) (Bu program, Muaythai 5. Kademe Teknik Direktörü ve Milli Takım Antrenörü Sinan AĞLAR tarafından hazırlanmıştır.)

3.2.2. Etik Onay ve Gönüllü Katılım

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı'nın 27.06.2024 tarihli ve Karar No: 12 sayılı onayı ile etik açıdan uygun bulunmuştur.

Araştırmanın tüm detayları katılımcılara açık ve anlaşılır bir şekilde aktarıldıktan sonra, Dünya Tıp Birliği (WMA) tarafından yayımlanan İnsan Gönüllüler Üzerinde Yapılan Tıbbi Araştırmalarda Etik İlkeler (Helsinki Bildirgesi) doğrultusunda hazırlanan gönüllü katılım formları okunarak, katılımcılardan yazılı onam alınmıştır.

3.2.3. Çalışma Gruplarının Boy Uzunluğu ve Vücut Ağırlık Ölçümleri

Deneklerin boy uzunlukları, 0.01 m duyarlılığa sahip, Çin menşeli Seca marka stadiometre ile santimetre (cm) cinsinden ölçülmüştür. Ölçüm sırasında, deneklerin çıplak ayakla, dik duruş pozisyonunda olmalarına ve baş hizalarının Frankfurt düzlemine uygun şekilde ayarlanmasına dikkat edilmiştir.

Vücut ağırlıkları ise, deneklerin yalnızca Muaythai şortu giymeleri koşuluyla, 0.01 kg hassasiyetinde Seca marka dijital baskül kullanılarak kilogram (kg) cinsinden kaydedilmiştir.

3.4. Veri Toplama Yöntemleri

Çalışmada yer alan biyokimyasal testler, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi'ne bağlı Biyokimya Laboratuvarı'nda standart protokollere uygun şekilde analiz edilmiştir.



Şekil 3.1 Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Laboratuvarında biyokimyasal analizlerin gerçekleştirildiği esnada kaydedilen uygulama sürecine ait görsel.

3.4.1. Kan Örneği Alımı ve Laboratuvar Analizleri

Araştırmaya başlamadan önce, katılımcıların kan örnekleri alınmadan önceki üç gün boyunca herhangi bir fiziksel antrenman yapmamaları sağlanmış ve tam dinlenme süreci uygulanmıştır. Bu protokol, egzersizin hematolojik parametreler ve oksidatif stres belirteçleri üzerindeki akut etkilerini en aza indirerek, biyokimyasal analizlerin daha güvenilir ve standart sonuçlar vermesini amaçlamaktadır. Kan örnekleri, normal biyokimya tüplere alındı. Alınan numuneler 4–5 kez alt-üst edilerek karıştırıldı. Tüplerdeki örnekler oda sıcaklığında 20 dakika bekletildikten sonra 3500 rpm hızında 10 dakika santrifüj edilerek şekilli elemanlar çöktürüldü ve -70°C’de analiz edilmek üzere saklandı. Biyokimyasal parametrelerin analizi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi uzman akademisyenleri nezaretinde gerçekleştirildi. Çalışmamızda biyokimyasal tetkikler kapsamında malondialdehit (MDA) Düzeyi ($\mu\text{mol/L}$), katalaz (CAT) Aktivitesi (U/ml) ve redükte glutatyon (GSH) Düzeyi ($\mu\text{mol/L}$) değerlendirildi. Kan numuneleri, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi biyokimya laboratuvarında barkodlanarak kayıt altına

alındı. Elde edilen bu başlangıç verileri, araştırmanın ilerleyen aşamalarında yapılacak karşılaştırmalar için temel referans olarak kullanılmıştır.

3.4.2. Zerdeçal Ekstraktı Kullanımı, Doz Hesaplaması ve Süresi

Bu araştırmada, zerdeçal ekstraktı uygulaması için 28 günlük bir süre tercih edilmiştir. Bu seçimin temel nedeni, zerdeçalın biyolojik etkilerinden sorumlu olan kurkuminin antioksidan, antiinflamatuvar ve hücresel düzeyde düzenleyici etkilerinin ortaya çıkabilmesi için belirli bir zaman dilimine ihtiyaç duyulmasıdır. Kurkumine ilişkin güvenlik ve etkinlik değerlendirmelerinde, insan çalışmalarında 4 ila 7 haftaya kadar olan uygulamaların güvenli olduğu ve bu sürede anlamlı biyolojik yanıtların oluşabildiği bildirilmiştir (Soleimani, Sahebkar & Hosseinzadeh, 2018). Bu nedenle, 28 günlük uygulama süresi, hem kurkuminin etkilerini gözlemlemek hem de güvenli doz aralığında kalmak adına bilimsel olarak uygun bir zaman aralığı olarak değerlendirilmiştir.

Güney Hindistan'da, zerdeçalın güzellik ve istenmeyen tüylerin giderilmesi amacıyla yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bazı kadınlar, zerdeçal uygulamasının ardından kızarıklık, kaşıntı, yanma ve ciltte kabarcıklar gibi alerjik reaksiyonlar yaşayabilmektedir. Özellikle Hindu kadınları arasında geleneksel olarak kullanılan kumkum (zerdeçal ile yapılan kırmızı pigment) sonrası bu tür reaksiyonlar sıklıkla görülmektedir. Yapılan bir araştırmada, zerdeçal kullanan kadınların önemli bir kısmında alerjik temas dermatiti görüldüğü tespit edilmiştir. Bu bulgular, zerdeçalın bazı bireylerde alerjik reaksiyonlara neden olabileceğini ortaya koymaktadır (Babu, 2013).

Kurkuminin güvenliğini ve maksimum tolerans dozajını belirlemeye yönelik bir çalışmada, sağlıklı bireylere 500 mg ile 12.000 mg arasında değişen dozlarda takviye uygulanmıştır. Araştırma bulgularına göre 12 g / güne kadar kullanımının ciddi bir yan etkiye yol açmadığı tespit edilmiştir (Devassy vd., 2015).

Yapılan literatür taramalarında, zerdeçal kullanımının alerjik reaksiyonlar üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yaratabileceği ortaya konmuştur. Bu bağlamda, çalışmamızda zerdeçal ekstraktı verilecek olan deney grubundaki katılımcıların zerdeçala karşı olası alerjik duyarlılıklarını belirlemek amacıyla, bir

gün önceden hastaneye yönlendirilerek alerji testi uygulanmıştır. Alerjik reaksiyon gösteren katılımcılar ise araştırma dışında bırakılmıştır.

Sporcuların kas toparlanmasına yönelik yapılan araştırmalarda, zerdeçalın önerilen günlük dozu 400 mg olarak belirlenmiştir. Zerdeçaldan elde edilen kurkuminin antioksidan özellikleri sayesinde, sporcularda anti-inflamatuar etki sağladığı ve kas hasarını azaltabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Kolimechkov vd., 2022).

Kurkumini, kahverengi yağ dokusu üzerindeki etkileriyle ilk kez inceleyen bir fare çalışmasında, 50-100 mg/kg arasında kurkumin dozları kullanılmıştır (Wang vd., 2015). Bu çalışmada, zerdeçal ekstraktının insan üzerindeki etkilerini daha doğru bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla, hayvan deneylerinde kullanılan dozların insan eşdeğer dozlarına dönüştürülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. İnsan eşdeğer doz hesaplaması, belirli bir ilacın ya da biyolojik aktif bileşiğin, farklı türlerdeki organizmalar üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için önemlidir. Bu hesaplama, hayvanlarda kullanılan doz ile insanlara uygulanabilir bir doz arasında doğru bir dönüşüm yapılmasını sağlar. Bu hesaplamada kullanılan formül, hayvanlarda kullanılan dozun, insan vücut ağırlığına ve metabolizma hızına göre ayarlanmasıyla elde edilen bir insan eşdeğer doz sunmaktadır (Shin, Seol, & Son, 2010; Nair & Jacob, 2016). Bu yöntem, aşağıda formüle edilmiştir

Araştırma kapsamında oluşturulan dört gruptan yalnızca deney grubu içerisinde yer alan 2. ve 4. gruplara, 28 gün boyunca akşam yemeğinden sonra günlük 1 kapsül (400 mg) zerdeçal ekstraktı verilmiştir. Kontrol grubundaki bireyler ise zerdeçal takviyesi almamıştır.

İnsan eşdeğer dozu (mg/kg) hesaplaması:

İnsan eşdeğer dozu (mg/kg) = Fare için kullanılan doz (mg/kg) × (Fare için düzeltme faktörü / İnsan için düzeltme faktörü)

Burada; Fare için düzeltme faktörü = 3 İnsan için düzeltme faktörü = 37

Fare için kullanılan doz = 50-100 mg/kg

Hesaplama: İnsan eşdeğer dozu (mg/kg) = 50 mg/kg × (3 / 37) = 4,05 mg/kg

İnsan eşdeğer dozu (mg/kg) = $100 \text{ mg/kg} \times (3 / 37) = 8,1 \text{ mg/kg}$

Sonuç: İnsan eşdeğer dozu 4,05-8,1 mg/kg arasında olmaktadır.

Bu hesaplama sonucunda, ortalama 95 kg ağırlığında bir insan için kullanılacak kurkumin miktarını belirlemek için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

İnsan eşdeğer dozu aralığını kullanmak: 4,05-8,1 mg/kg İnsanın ağırlığını göz önünde bulundurarak gerekli dozu hesaplamak:

En düşük değer ile hesaplama: $4,05 \text{ mg/kg} \times 95 \text{ kg} = 384,75 \text{ mg}$

En yüksek değer ile hesaplama: $8,1 \text{ mg/kg} \times 95 \text{ kg} = 769,5 \text{ mg}$

Bu hesaplamalar sonucunda, 95 kg ağırlığındaki bir insan için günlük alınması gereken kurkumin miktarının 384,75 mg ile 769,5 mg arasında olması gerektiği bulunmuştur. Çalışmada, bu hesaplama uygun olarak piyasada satılan, her bir tabletinde 400 mg zerdeçal kök ekstrakt içeren bir besin takviyesi kullanılmıştır. Böylelikle, bu tür çalışmalarda genellikle 400 mg zerdeçal ekstrakt kullanımı gerektiği vurgulanmaktadır.

Çalışmaya katılan Muaythai sporcularından zerdeçal ekstraktı kullanan deney grubundaki 11 sporcunun vücut ağırlıkları dikkate alınarak, insan eşdeğer doz formülüne göre her bir sporcuya verilecek zerdeçal ekstraktı miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, her bir sporcu için günlük yaklaşık 400 mg zerdeçal ekstraktı kullanılması uygun bulunmuştur. Bu verilere ilişkin detaylı bilgiler aşağıda Tablo 3. 3 'te sunulmuştur.

Benzer şekilde, spor yapmayan sağlıklı 11 bireyin de vücut ağırlıkları dikkate alınarak aynı formül çerçevesinde doz hesaplaması yapılmıştır. Bu gruba da günlük 400 mg zerdeçal ekstraktı uygulanması uygun görülmüştür. İlgili bilgiler detaylı olarak Tablo 3. 4' te verilmiştir.

Tablo 3.3 Zerdeçal ekstraktı uygulanan deney grubundaki Muay Thai sporcularının vücut ağırlıklarına göre hesaplanan günlük ortalama zerdeçal ekstraktı alım miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir

En az	En fazla
• 54 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 54 \text{ kg} = 218,7 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 54 \text{ kg} = 437,4 \text{ mg}$	
• 57 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 57 \text{ kg} = 230,85 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 57 \text{ kg} = 463,17 \text{ mg}$	
• 60 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 60 \text{ kg} = 243 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 60 \text{ kg} = 488,6 \text{ mg}$	
• 63 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 63 \text{ kg} = 255,15 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 63 \text{ kg} = 513,9 \text{ mg}$	
• 67 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 67 \text{ kg} = 271,35 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 67 \text{ kg} = 545,7 \text{ mg}$	
• 71 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 71 \text{ kg} = 287,55 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 71 \text{ kg} = 577,5 \text{ mg}$	
• 75 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 75 \text{ kg} = 303,75 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 75 \text{ kg} = 609,3 \text{ mg}$	
• 81 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 81 \text{ kg} = 328,05 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 81 \text{ kg} = 656,1 \text{ mg}$	
• 86 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 86 \text{ kg} = 347,43 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 86 \text{ kg} = 694,86 \text{ mg}$	
• 91 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 91 \text{ kg} = 366,93 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 91 \text{ kg} = 733,71 \text{ mg}$	
• 95 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 95 \text{ kg} = 385,75 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 95 \text{ kg} = 769,5 \text{ mg}$	

Yukardaki hesaplama göre, 54-95 kg arasındaki Muaythai yapan zerdeçal ekstraktı kullanan deney grubunun, günlük olarak alması gereken en az en çok zerdeçal ekstraktı miktarı

Tablo 3.4 Spor yapmayan ve zerdeçal ekstraktı kullanan deney grubundaki bireylerin vücut ağırlıklarına göre hesaplanan günlük ortalama zerdeçal ekstraktı alım düzeyleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir

En az	En fazla
• 54 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 54 \text{ kg} = 218,7 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 54 \text{ kg} = 437,4 \text{ mg}$	
• 55 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 57 \text{ kg} = 222,8 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 55 \text{ kg} = 445,5 \text{ mg}$	
• 61 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 60 \text{ kg} = 247,1 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 61 \text{ kg} = 494,1 \text{ mg}$	
• 63 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 63 \text{ kg} = 255,2 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 63 \text{ kg} = 510,3 \text{ mg}$	
• 65 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 67 \text{ kg} = 263,3 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 65 \text{ kg} = 526,5 \text{ mg}$	
• 75 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 71 \text{ kg} = 303,8 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 75 \text{ kg} = 607,5 \text{ mg}$	
• 76 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 75 \text{ kg} = 307,9 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 76 \text{ kg} = 615,6 \text{ mg}$	
• 83 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 81 \text{ kg} = 336,2 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 83 \text{ kg} = 672,3 \text{ mg}$	
• 84 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 86 \text{ kg} = 340,2 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 84 \text{ kg} = 680,4 \text{ mg}$	
• 92 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 91 \text{ kg} = 372,6 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 92 \text{ kg} = 745,2 \text{ mg}$	
• 93 kg için: $4,05 \text{ mg/kg} * 95 \text{ kg} = 376,7 \text{ mg}$ - $8,1 \text{ mg/kg} * 93 \text{ kg} = 753,3 \text{ mg}$	

Yukardaki hesaplama göre, 54-93 kg arasındaki spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanan deney grubunun, günlük olarak alması gereken en az en çok zerdeçal ekstraktı miktarı



Şekil 3.1 Zerdeçal ekstraktı kullanan bir Muaythai sporcusunu temsilen oluşturulmuş görsel.

**Görsel, yapay zekâ (Microsoft Image Creator) aracılığıyla oluşturulmuştur.*

3.4.3 Tekrar Kan Örneği Alımı ve Laboratuvar Analizleri

Aynı işlem 28 gün sonra tekrar uygulanmış ve elde edilen veriler başlangıç ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, redükte glutatyon (GSH), malondialdehit (MDA) düzeyleri ve katalaz (CAT) enzim aktiviteleri yeniden ölçülmüştür. ölçülmüş ve elde edilen bulgular, mevcut literatür ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

3.4.4. Verilerin Analizi

Üzerinde durulan özelliklerden sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; Ortalama, standart sapma, min ve max olarak ifade edilmiştir. Verilerin dağılımının normalliği Kolmogorov-Smirnov, varyansların homojenliği Levene testi ile test edilmiştir. Sürekli değişkenler bakımından ikiden fazla grup karşılaştırmalarında; normal dağılım koşulu sağlanan durumlar için ANOVA, normal dağılım koşulu sağlanmayan durumlarda Kruskal Wallis test istatistiği kullanılmıştır. Ayrıca bağımlı iki grup karşılaştırmalarında normal dağılım koşulu sağlanan durumlarda bağımlı gruplarda T-testi (Paired samples t-test), normal dağılım koşulu sağlanmayan durumlarda Wilcoxon test istatistiği kullanıldı İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak alınmış ve analizler için SPSS istatistik yazılım versiyonu 19.0 (SPSS Inc, Chicago, III, ABD) paketi kullanılmıştır.

3.5. Araştırmada Uygulanan Biyokimyasal Analizler

Malondialdehit (MDA) düzeyleri spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür

Katalaz (CAT) aktivitesi spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür.

Redükte Glutasyon (GSH) konsantrasyonu, spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür.

3.5.1. Malondialdehit (MDA) düzeyi tayini

Kullanılan çözeltiler:

1-) 0.1 M EDTA çözeltisi (Etilen Diamin Tetra Asetik Asit Disodyum): 37.224 g EDTA- $\text{Na}_2\text{H}_2\text{O}$, 1 litre çift distile su içinde çözüldü.

2-) % 88'lik BHT Çözeltisi (Bütil Hidroksi Toluen): 0.220 g BHT, 25 ml saf alkol içinde çözüldü

3-) 0.05 N NaOH Çözeltisi (Sodyum Hidroksit): 2 g NaOH, 1 litre çift distile su içerisinde çözüldü..

4-) % 1'lik TBA Çözeltisi (Tiobarbitürik Asit) : 1 g TBA, 100 ml hacme ulaşacak şekilde 0.05 N NaOH ile tamamlandı.

5-) % 30'luk TCA Çözeltisi (Trikloroasetik Asit) : 30 g TCA, 100 ml distile su içerisinde çözöldü.

6-) Fosfat Tampon Çözeltisi: 8.1 gr NaCl, 2.302 g Na₂HPO₄, 0.194 g NaH₂PO₄ çift distile su içinde çözöldü ve toplam hacim 1 litreye tamamlandı. pH değeri 7.4 olacak şekilde 1N NaOH ile ayarlandı.

Deneyin yapılışı: 200 µl serum, deney tüpüne aktarıldı. Üzerine 800 µl fosfat tamponu, 25 µl BHT çözeltisi ve 500 µl % 30'luk TCA eklendi. Tüpler, vorteks ile karıştırıldı ve kapakları kapatıldıktan sonra 2 saat boyunca buz banyosunda bekletildi. Sonrasında tüpler oda sıcaklığına getirildi. Kapakları açıldıktan sonra 2000 rpm hızda 15 dakika santrifüj edildi. Santrifüj işleminden sonra elde edilen süpernatantın 1 ml'si yeni tüplere aktarıldı. Bu süzüntüye 75 µl EDTA ve 25 µl TBA ilave edildi. Vorteksle karıştırılan tüpler, 70°C sıcaklıktaki su banyosunda 15 dakika bekletildi. Numuneler oda sıcaklığına getirilerek, 532 nm dalga boyunda UV/Vis spektrofotometre ile absorbands değeri ölçöldü.

Malondialdehit düzeyi hesaplaması:

C= konsantrasyon

F=Seyreltme faktörü

A=Absorbans

$C = F \times 6.41 \times A$

Düzeş hesabı; µmol/L olarak hesaplandı.

3.5.2. Katalaz (CAT) Aktivitesi Tayini

Bu çalışmada, katalaz aktivitesi, Aeibi (1984) yöntemine göre hidrojen peroksit (H₂O₂) substrat olarak kullanılarak tayin edilmiştir. Deney prosedürü kapsamında iki tüp hazırlanmıştır: Kontrol tüpüne 1,4 mL 30 mM H₂O₂ ve 0,1 mL fosfat tamponu eklenmiştir. Numune tüpüne ise aynı hacimde (1,4 mL) 30 mM H₂O₂ ilave edilip üzerine 0,1 mL enzim çözeltisi eklenmiş, ardından karışım vortex ile homojenize

edilmiştir. Absorbans değerleri 240 nm’de, 30 saniyelik aralıklarla iki kez ölçülerek katalaz aktivitesi hesaplanmıştır.

Kullanılan çözeltiler:

1. 30 mM H₂O₂ Çözeltisinin Hazırlanışı: %30’luk H₂O₂’den 34 µL veya %35’lik H₂O₂’den 25,8 µL alınarak 10 mL bidistile suya ilave edilmiştir.
2. 50 mM Fosfat Tamponunun Hazırlanışı: 6.81 g KH₂PO₄ ve 7.1 g Na₂HPO₄ bidistile suda çözülerek, tampon çözeltisinin pH’ı 1N NaOH ile 7,4’e ayarlanmış ve hacim 1 litreye tamamlanmıştır.

Aktivite Hesabı: $E.U. = (2,3 / \Delta x) \times [(\log A1 / \log A2)]$ Aktivite; U/L cinsinden hesaplanmıştır. $\Delta x = 30$ saniye, $2,3 = 1 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ ’nin 1 cm’lik ışık yolunda oluşturduğu optik dansiteyi temsil etmektedir

3.5.3. Redükte Glutasyon (GSH)

Kullanılan çözeltiler:

1. Fosfat tamponu: 0.3 M disodyum fosfat bidistile su ile hazırlanır.
2. Ellman’s ayıracı: %1 sodyum sitrat, 100 ml’ye bidistile su içinde eritilir. İçerisine 40 mg DTNB (5’,5’-(2-ditiobis nitrobenzoik asit) eklendi.

GSH tayin yöntemi:

1-) 200 µl serum üzerine 800 µl fosfat tamponu eklendi. 412 nm’de ilk absorbans (OD1) kaydedildi. Aynı tübe 100 µl Ellman’s ayıracı ilave edildi, 2. absorbans (OD2) kaydedildi.

Hesaplama:

Glutasyon derişimi mmol/g protein biriminden hesaplandı.

$$C / 1000 = (OD2 - OD1) / 13600 \times E1 \times 5/2 \times 1/2$$

13600: GSH ile DTNB etkileşimi sırasında oluşan sarı rengin molar ekstinksiyon katsayısı.

E1: Eni 6 nm'den büyük olan bant kullanılırsa hem ışık yolu hem de bant genişliği farklarını düzelten bir türev ekstraksiyon katsayısı kullanılır. Bizim kullandığımız bantın eni 2 nm'dir. Hesaplamalarda E1=1 olarak alındı.

1000: mmol'e dönüşüm katsayısı.

C: mmol / glutatyon (mg/dl)

OD1: DTNB ilave edilmeden önce 412 nm dalga boyunda ölçülecek optik dansite.

OD2: DTNB ilave edildikten sonra 412 nm dalga boyunda ölçülecek optik dansite.

Flavonoid Tayini:

200 mg/L konsantrasyonda kuersetin stok çözeltisi hazırlandı ve bu konsantrasyondan seyreltme ile beş farklı konsantrasyon elde edildi. Elma ekşisi ekstraktları (2 ml) aynı miktarda %2'lik AlCl₃ ile karıştırılarak oda koşullarında 10 dakika bekletildi. Örneklerin absorbansları 415 nm'de okundu. Aynı işlemler standart olarak kullanılan kuersetin için de yapılarak numunelerin flavonoid içerikleri Kuersetin eşdeğeri olarak hesaplandı (mg QE/g).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.1. Araştırmanın Bulguları

Bu çalışmaya, Van ilinde yaşayan 18–25 yaş aralığındaki toplam 44 birey dört gruba ayrılarak dâhil edilmiştir. Birinci grup, deneyimli Muaythai sporcularından; ikinci grup, benzer özelliklere sahip ancak zerdeçal ekstraktı kullanan sporculardan; üçüncü grup, spor yapmayan sağlıklı bireylerden; dördüncü grup ise spor yapmayan ancak zerdeçal ekstraktı kullanan sağlıklı bireylerden oluşmaktadır. Katılımcıların demografik özellikleri değerlendirilmiş ve bu doğrultuda fiziksel profilleri oluşturulmuştur. Deney ve kontrol gruplarından alınan kan örneklerinden katalaz (CAT) enzim aktivitesi, redükte glutatyon (GSH) düzeyi ve malondialdehit (MDA) düzeyi ölçülmüştür. Elde edilen veriler tablo ve grafikler aracılığıyla sunulmuş ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.1 Deneklerin Demografik Özellikleri.

		n	Ortalama±Std. sapma	Minimum	Maximum	p
Yaş (yıl)	1. grup	11	21.2727±2.10195	19	25	0.989
	2. grup	11	21.0909±2.38556	18	25	
	3. grup	11	21.3636±2.20330	18	25	
	4. grup	11	21.0909±2.38556	18	25	
Boy (cm)	1. grup	11	174.36±10.033	160	190	0.957
	2. grup	11	176.09±10.144	162	196	
	3. grup	11	176.18±10.685	158	193	
	4. grup	11	176.64±10.10181	160	192	
Ağırlık(kg)	1. grup	11	72.8182±14.05573	53	94	0.996
	2. grup	11	72.7273±14.03632	54	95	
	3. grup	11	72.8182±13.71728	55	95	
	4. grup	11	72.8182±14.09836	54	93	

Malondialdehit (MDA) Katalaz (CAT) Glutatyon (GSH)

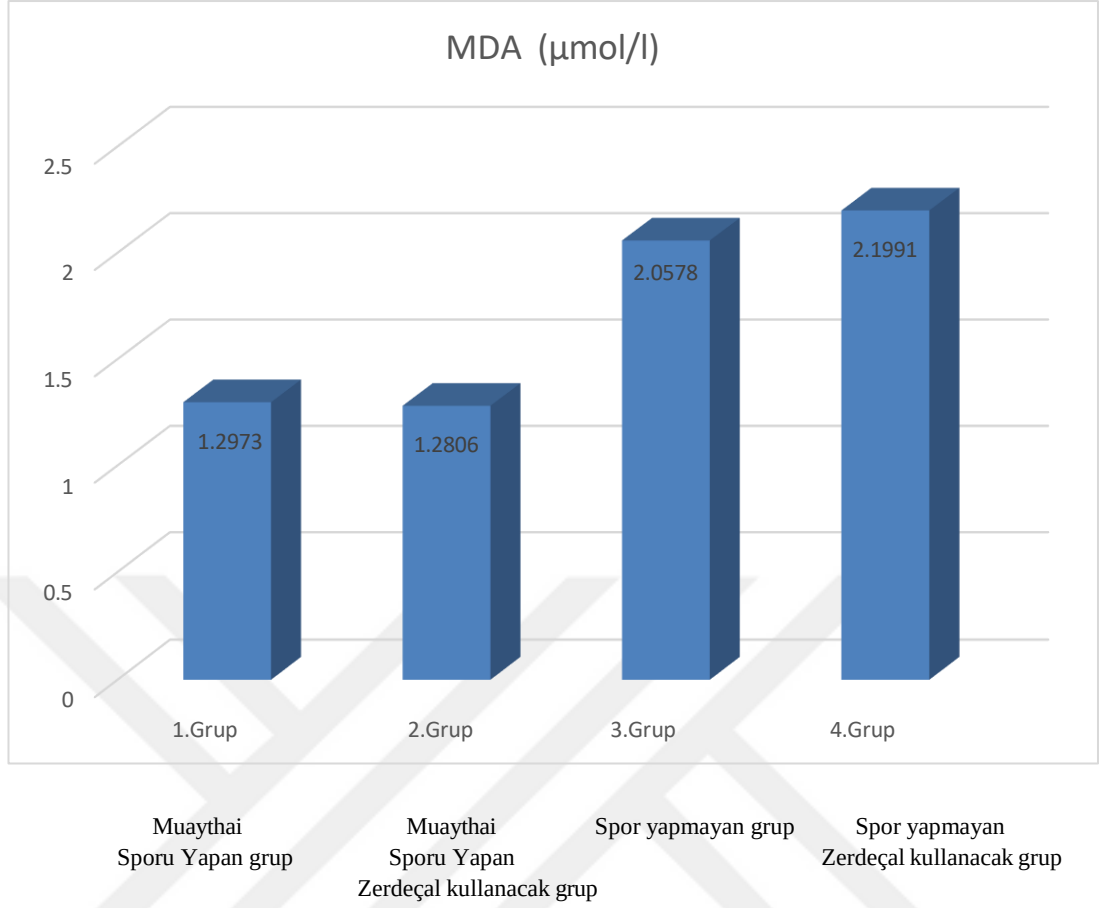
Tablo 4.1'de sunulan verilere göre, yaş, boy uzunluğu ve vücut ağırlığı değişkenleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > .005$).

Tablo 4.2 Gruplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler ve Karşılaştırma Sonuçları

		n	Ortalama±Std. sapma	Minimum	Maximum	p
MDA µmol/L	Muaythai sporu yapan kontrol (1.Grup)	11	1.2973±0.26384 ^b	1.06306	1.06306	0.001
	Muaythaisporu yapan zerdeçal ekstraktı alacak (2.Grup)	11	1.2806±0.24845 ^b	1.07047	1.07047	
	Spor yapmayan grup (3.grup)	11	2.0578±0.03153 ^a	2.01300	2.01300	
	Spor yapmayan zerdeçal ekstraktı alacak grup (4.grup)	11	2.1991±0.04330 ^a	2.11600	2.28100	
CAT U/ml	Muaythaisporu yapan kontrol (1.Grup)	11	0.0766±0.00011 ^a	0.07640	0.07680	0.001
	Muaythaisporu yapan zerdeçal ekstraktı alacak (2.Grup)	11	0.0767±0.00021 ^a	0.07630	0.07710	
	Spor yapmayan grup (3.grup)	11	0.0279±0.00626 ^c	0.01300	0.03600	
	Spor yapmayan zerdeçal ekstraktı alacak grup (4.grup)	11	0.0350±0.00279 ^b	0.03000	0.03900	
GSH µmol/L	Muaythaisporu yapan kontrol (1.Grup)	11	0.0047±0.00064 ^a	0.00330	0.00580	0.001
	Muaythaisporu yapan zerdeçal ekstraktı alacak (2.Grup)	11	0.0048±0.00038 ^a	0.00420	0.00530	
	Spor yapmayan grup (3.grup)	11	0.0019±0.00043 ^c	0.00140	0.00290	
	Spor yapmayan zerdeçal ekstraktı alacak (4.grup)	11	0.0031±0.00046 ^b	0.00140	0.00580	

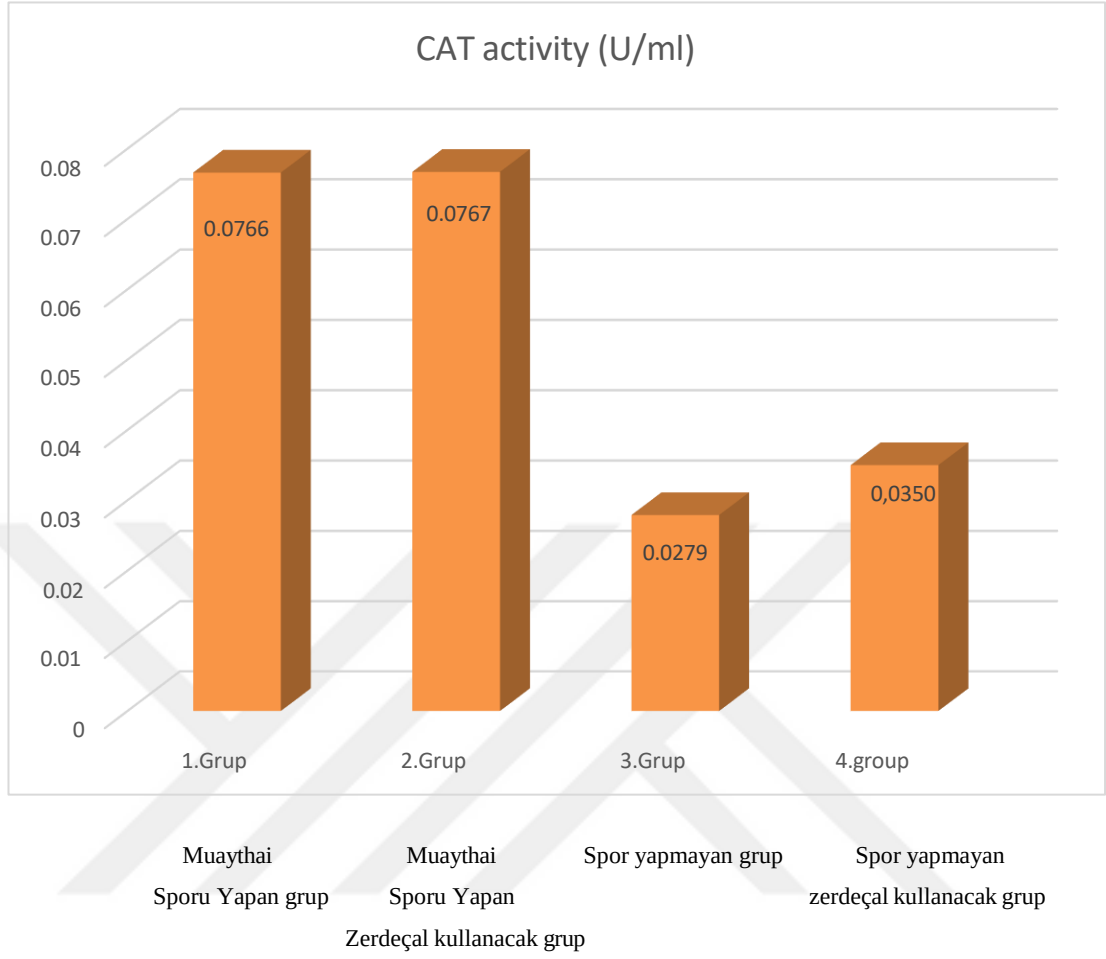
Malondialdehit (MDA) Katalaz (CAT) Glutasyon (GSH)

Gruplarda ilk gün alınan kan değerleri için tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2 incelendiğinde, gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Buna göre, MDA düzeyi, spor yapmayan ve zerdeçal kullanmayan grupta yüksek bulunurken, Muaythai spor yapan ve zerdeçal kullanan grupta ise oldukça düşük bulunmuştur (Figür 1). CAT ve GSH düzeyleri, spor yapmayan grupta istatistiksel olarak düşük tespit edilmiştir (Figür 2 ve 3).



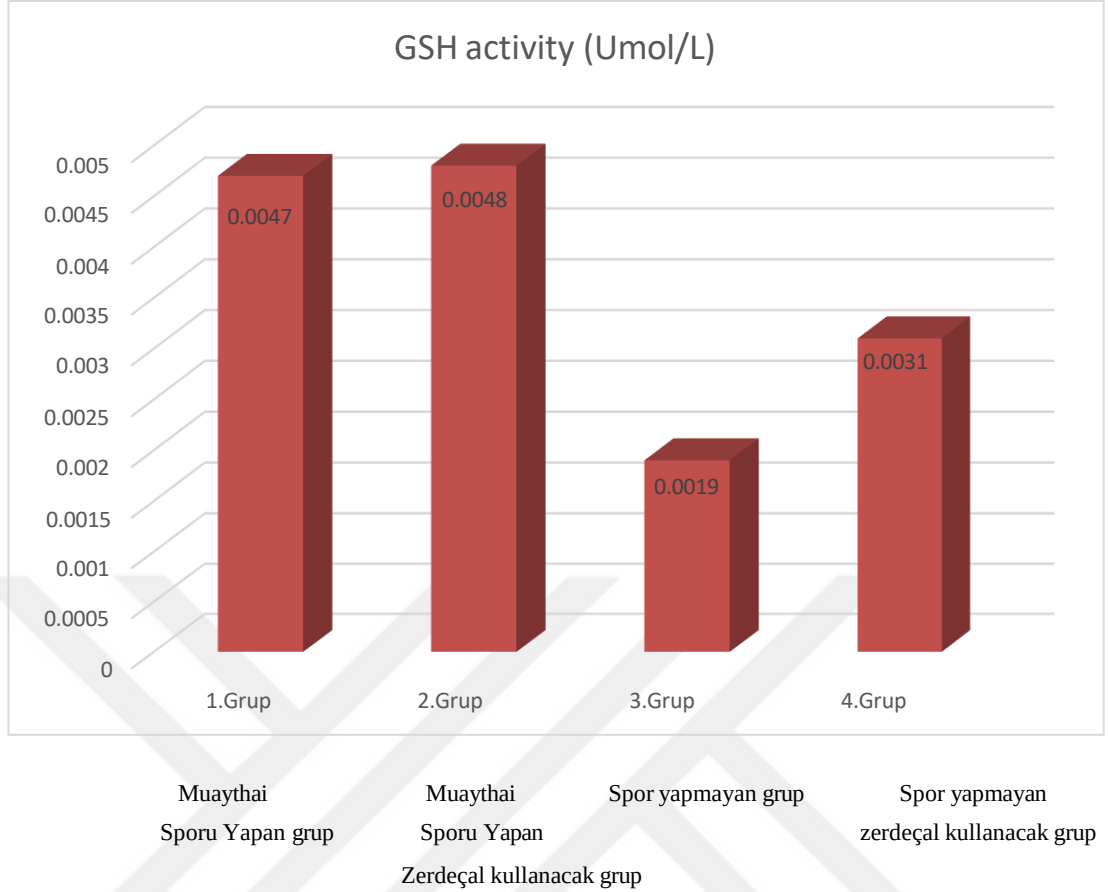
Şekil 4.1 Gruplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları.

Grafik, 1. gün ölçülen malondialdehit (MDA) düzeylerini dört grup arasında karşılaştırılmıştır. Spor yapmayan 3.ve 4.grupta MDA düzeyi en yüksek (2.0578 $\mu\text{mol/L}$ ve 2.1991 $\mu\text{mol/L}$) bulunmuştur. Düzenli Muaythai antrenmanı yapan gruplarda ise MDA düzeyleri daha düşük olup (1.2973 $\mu\text{mol/L}$ ve 1.2806 $\mu\text{mol/L}$), oksidatif stresin sporla azaldığını ortaya koymaktadır. Zerdeçal takviyesi henüz uygulanmadığı için gruplar arasında belirgin bir fark oluşmamıştır. Bu sonuçlar, düzenli antrenmanın oksidatif stres üzerinde olumlu etkisi olduğunu desteklemektedir.



Şekil 4.2 Gruplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları

Grafikte, 1. gün ölçülen katalaz (CAT) enzim aktivitesi düzeyleri sunulmuştur. Spor yapmayan 3. ve 4. gruplarda CAT aktivitesi sırasıyla 0.0279 U/mL ve 0.0350 U/mL olarak ölçülmüş ve bu gruplarda düşük antioksidan savunma düzeyleri gözlemlenmiştir. Buna karşılık, düzenli Muaythai antrenmanı yapan 1. ve 2. gruplarda CAT seviyeleri sırasıyla 0.0766 U/mL ve 0.0767 U/mL olup belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, düzenli fiziksel aktivitenin vücudun antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirdiğini göstermektedir. Zerdeçal takviyesi henüz uygulanmadığı için, bu aşamada zerdeçal kullanacak gruplarla diğer gruplar arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Elde edilen veriler, düzenli antrenmanın oksidatif stresle mücadelede önemli bir rol oynadığını ve enzimatik antioksidan kapasiteyi artırdığını desteklemektedir.



Şekil 4.3 Gruplarda 1. Gün Alınan Kan Örneklerine Ait GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

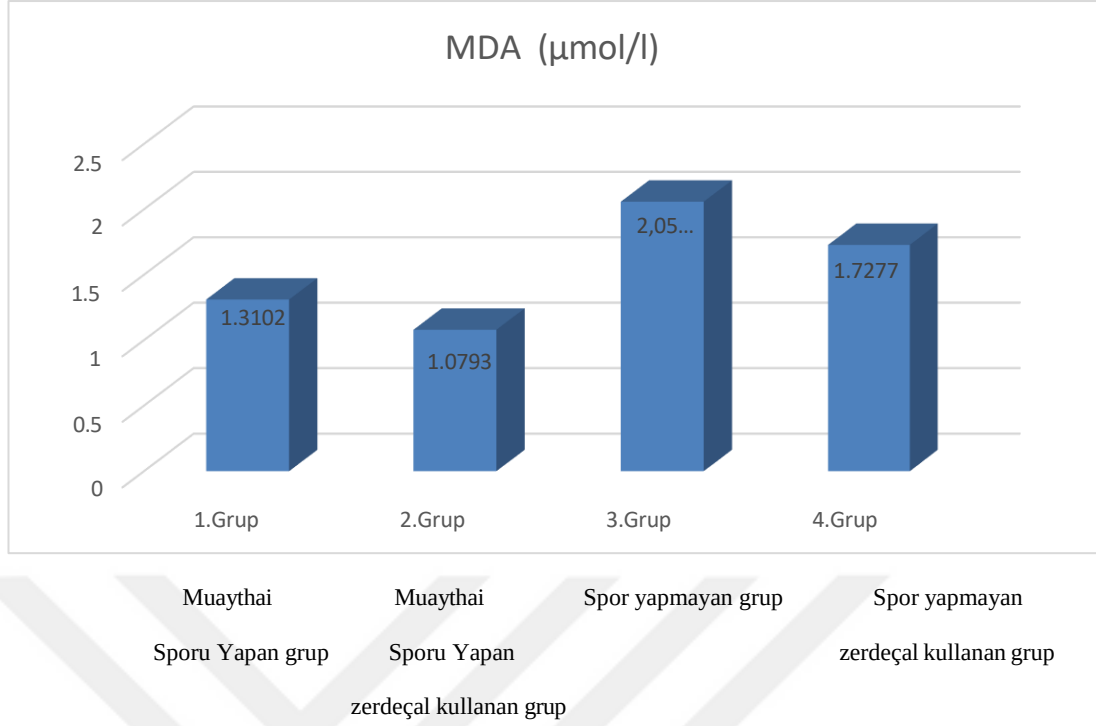
Grafikte, 1. gün ölçülen glutatyon (GSH) düzeyleri gösterilmektedir. Spor yapmayan 3. ve 4. gruplarda GSH seviyeleri sırasıyla 0,0019 $\mu\text{mol/L}$ ve 0,0031 $\mu\text{mol/L}$ ile düşük bulunmuştur. Buna karşılık, düzenli Muaythai antrenmanı yapan 1. ve 2. gruplarda GSH düzeyleri sırasıyla 0,0047 $\mu\text{mol/L}$ ve 0,0048 $\mu\text{mol/L}$ olup belirgin şekilde daha yüksektir. Bu bulgular, düzenli fiziksel aktivitenin antioksidan kapasiteyi artırarak oksidatif stresle mücadelede etkili olduğunu göstermektedir. Zerdeçal takviyesi henüz uygulanmadığı için, bu aşamada spor yapmayan gruplar arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Elde edilen veriler, düzenli egzersizin endojen antioksidan sistemleri güçlendirdiğini ve vücudun oksidatif strese karşı savunma mekanizmalarını desteklediğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4.3 Gruplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler ve Karşılaştırma Sonuçları

		n	Ortalama±Std. sapma	Minimu m	Maximu m	p
MDA μmol/L	Muaythai sporu yapan kontrol (1.Grup)	11	1.3102±0.27058 ^c	1.00633	1.83226	0.001
	Muaythai sporu yapan zerdeçal ekstaktı kullanan (2.Grup)	11	1.0793±0.02601 ^d	1.03101	1.12275	
	Spor yapmayan (3.grup)	11	2.0580±0.03126 ^a	2.01300	2.09700	
	Spor yapmayan zerdeçal kullanan ekstraktı kullanan (4.grup)	11	1.7277±0.03194 ^b	1.00633	2.09700	
CAT U/ml	Muaythai sporu yapan kontrol (1.Grup)	11	0.0767±0.00041 ^a	0.07590	0.07700	0.001
	Muaythai sporu yapan zerdeçal ekstaktı kullanan (2.Grup)	11	0.0783±0.00407 ^a	0.07640	0.09040	
	Spor yapmayan (3.grup)	11	0.0263±0.00512 ^b	0.01300	0.03100	
	Spor yapmayan zerdeçal ekstaktı kullanan grup (4.grup)	11	0.0638±0.002482	0.06000	0.06900	
GSH μmol/L	Muaythaisporu yapan control (1.Grup)	11	0.0048±0.00048 ^a	0.0040	0.0055	0.001
	Muaythaisporu yapan zerdeçal kullanan (2.Grup)	11	0.0050±0.00059 ^a	0.0041	0.0058	
	Spor yapmayan (3.grup)	11	0.0020±0.00035 ^b	0.0014	0.0026	
	Spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanan (4.grup)	11	0.0033±0.00017	0.00300	0.00350	

Malondialdehit (MDA) Katalaz (CAT) Glutasyon (GSH)

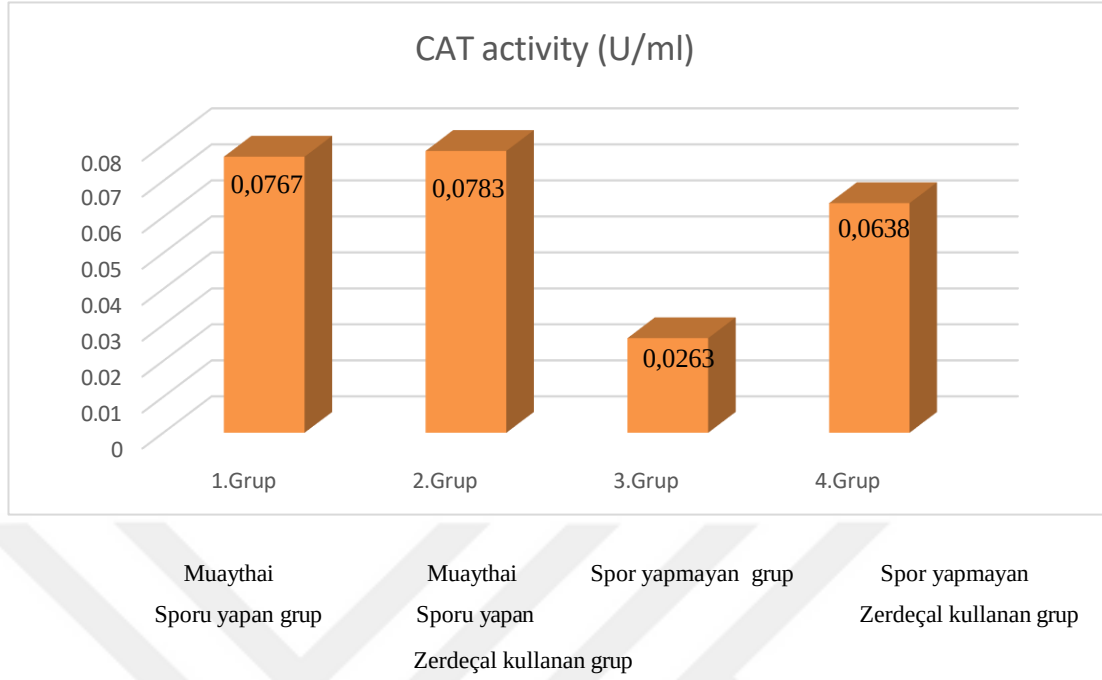
Gruplarda 28. gün sonunda alınan kan örneklerine ait tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları Tablo 4.3'te sunulmuştur. Tablo incelendiğinde, gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p < .005$). Buna göre, 28. gün sonunda alınan kan örneklerinde MDA düzeyi spor yapmayan grupta yüksek bulunurken, düzenli egzersiz yapan ve zerdeçal takviyesi alan grupta belirgin şekilde daha düşük ölçülmüştür (Figür 4). CAT ve GSH düzeyleri ise spor yapmayan gruplarda anlamlı derecede düşük, hem düzenli spor yapan hem de zerdeçal kullanan grupta yüksek tespit edilmiştir (Figür 5 ve Figür 6).



Şekil 4.4 Gruplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

Grafikte, 28 gün boyunca zerdeçal takviyesi verilen ve verilmeyen grupların malondialdehit (MDA) düzeyleri karşılaştırılmıştır. MDA düzeyi, vücuttaki oksidatif stresin önemli bir biyobelirteci olarak kabul edilmektedir. Spor yapmayan 3. grup, en yüksek MDA düzeyine sahiptir (2,0580 $\mu\text{mol/L}$); bu durum, fiziksel aktivite eksikliğinin oksidatif stresi artırdığını göstermektedir. Düzenli Muaythai antrenmanı yapan ve aynı zamanda zerdeçal kullanan 2. grup ise en düşük MDA düzeyine sahiptir (1,0793 $\mu\text{mol/L}$). Bu sonuç, zerdeçalın antioksidan etkisinin fiziksel aktivitenin olumlu etkilerini desteklediğini göstermektedir. Sadece spor yapan ve zerdeçal kullanmayan 1. grup (1,3102 $\mu\text{mol/L}$) ile sadece zerdeçal kullanan ancak spor yapmayan 4. grup (1,7277 $\mu\text{mol/L}$) karşılaştırıldığında; her iki faktörün (spor + zerdeçal) birlikte uygulanmasının, tek başına uygulamaya göre daha belirgin bir antioksidan fayda sağladığı görülmektedir.

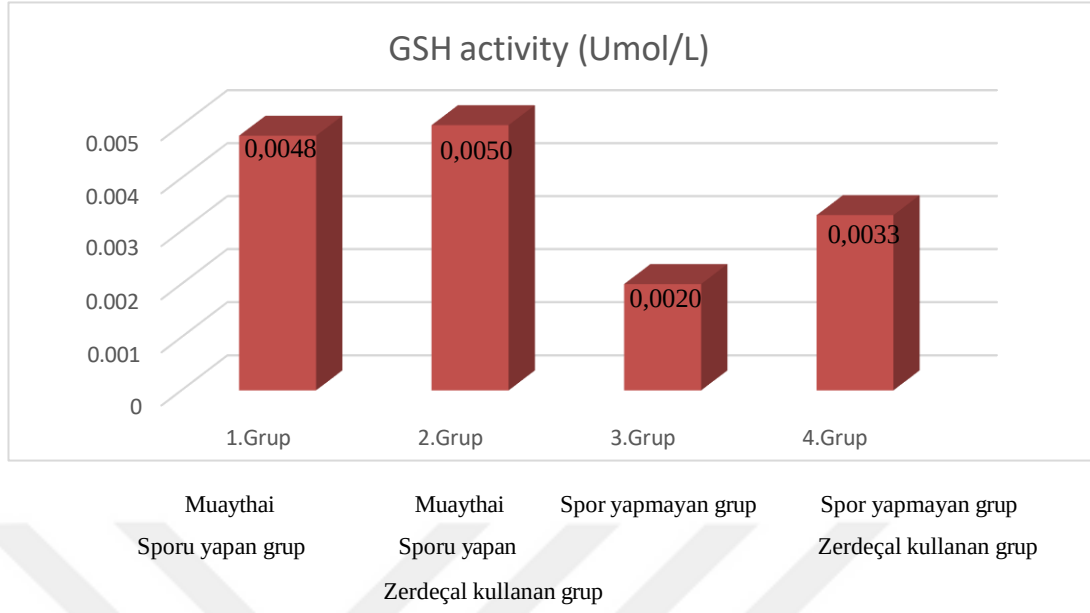
Bu bulgular, zerdeçalın hem spor yapan hem de sedanter bireylerde oksidatif stresin azaltılmasında etkili olabileceğini; ancak en güçlü etkiyi fiziksel aktivite ile birlikte uygulandığında gösterdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.5 Gruplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait CAT Enzim Aktivitesi Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

Grafikte, dört farklı grupta 28. gün sonunda ölçülen CAT (katalaz) enzim aktivitesi değerleri sunulmuştur. Spor yapmayan 3. grup, en düşük CAT aktivitesine (0,0263 U/ml) sahip olup, bu durum, fiziksel aktivite eksikliğinin vücudun antioksidan savunma kapasitesini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Düzenli Muaythai yapan ve zerdeçal kullanan 2. grup, 0,0783 U/ml ile en yüksek CAT aktivitesine ulaşmıştır. Bu sonuç, düzenli egzersizin antioksidan savunmayı artırdığını ve zerdeçalın bu etkiyi daha da güçlendirdiğini göstermektedir.

Sadece Muaythai yapan 1. grup (0,0767 U/ml), ikinci en yüksek CAT aktivitesine sahip olup, bu durum, fiziksel aktivitenin tek başına bile güçlü bir antioksidan yanıt oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Spor yapmayan ancak yalnızca zerdeçal kullanan 4. grup, 0,0638 U/ml CAT aktivitesine sahip olup, bu bulgu, zerdeçalın fiziksel aktivite olmadan da katalaz aktivitesini artırabildiğini, ancak bu etkinin egzersizle birlikte olduğunda daha belirgin hale geldiğini göstermektedir. Sonuç olarak, hem fiziksel aktivitenin hem de zerdeçalın antioksidan sistem üzerinde olumlu etkileri olduğu, ancak en yüksek faydanın bu iki faktörün birlikte uygulanmasıyla elde edildiği söylenebilir. Bu durum, zerdeçalın egzersize bağlı oksidatif stresle mücadelede destekleyici bir rol üstlenebileceğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.6 Gruplarda 28. Gün Sonunda Alınan Kan Örneklerine Ait GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

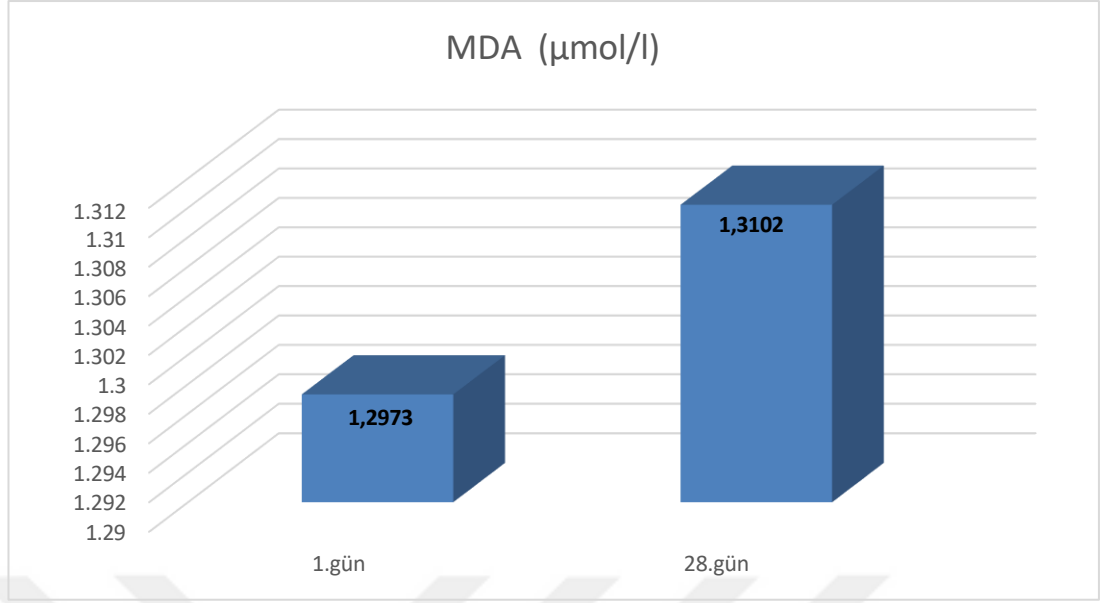
Grafikte, 28 gün boyunca zerdeçal verilen ve verilmeyen grupların GSH (Glutasyon) düzeyleri gösterilmektedir. Spor yapmayan 3. grup, en düşük GSH seviyesine (0,0020 $\mu\text{mol/L}$) sahiptir; bu durum, fiziksel aktivite eksikliğinin antioksidan savunma kapasitesini azalttığını göstermektedir. Düzenli Muaythai yapan ve zerdeçal kullanan 2. grup, en yüksek GSH seviyesine (0,0050 $\mu\text{mol/L}$) sahip olup, zerdeçalın antioksidan etkisinin, fiziksel aktivitenin olumlu etkisini desteklediğini düşündürmektedir. Düzenli Muaythai yapan ancak zerdeçal kullanmayan 1. grup (0,0048 $\mu\text{mol/L}$), 3. gruba kıyasla daha yüksek, ancak 2. gruba göre daha düşük bir GSH seviyesine sahiptir. Bu bulgular, fiziksel aktivitenin antioksidan savunmayı güçlendirdiğini ve zerdeçal ile birlikte bu etkinin daha da arttığını ortaya koymaktadır. 4. grup ise zerdeçal destekli ancak fiziksel aktivite yapmayan bireylerden oluşmakta olup, GSH seviyesinin 3. gruba göre belirgin şekilde yüksek olduğu (0,0033 $\mu\text{mol/L}$) gözlemlenmiştir. Bu durum, düzenli fiziksel aktivite olmasa da zerdeçalın antioksidan sistem üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, zerdeçalın antioksidan savunmayı artırıcı potansiyelinin fiziksel aktiviteyle birlikte en üst düzeye çıktığı, ancak tek başına kullanıldığında da belirli düzeyde koruyucu etkiler sağladığı söylenebilir.

Tablo 4.4 1. Grup: Muaythai Kontrol Grubunun 1. ve 28. Günlerde Alınan Kan Örneklerine Ait Öncesi ve Sonrası Karşılaştırma Sonuçları

		n	Ortalama±Std. sapma	p
MDA μmol/L	1. gün Muaythai sporu yapan (1.Grup)	11	1.2973±0.26384	0.923
	28. gün Muaythai sporu yapan (1.Grup)	11	1.3102±0.27058	
CAT U/ml	1. gün Muaythai sporu yapan (1.Grup)	11	0.0766±0.00011	0.561
	28. gün Muaythai sporu yapan(1.Grup)	11	0.0767±0.00041	
GSH μmol/L	1. gün Muaythai sporu yapan (1.Grup)	11	0.0047±0.00064	0.654
	28. gün Muaythai sporu yapan(1.Grup)	11	0.0048±0.00048	

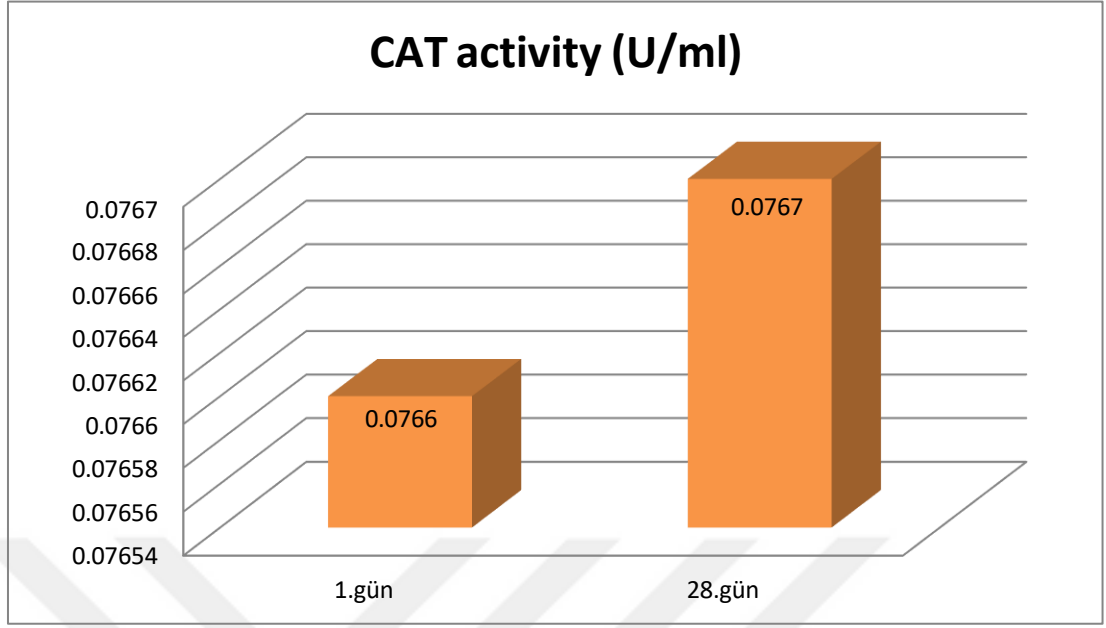
Malondialdehit (MDA) Katalaz (CAT) Glutasyon (GSH)

Tablo 4.4 incelendiğinde, Muaythai sporu yapan bireylerin 1. ve 28. gün karşılaştırıldığında, MDA, CAT ve GSH bakımından ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$).



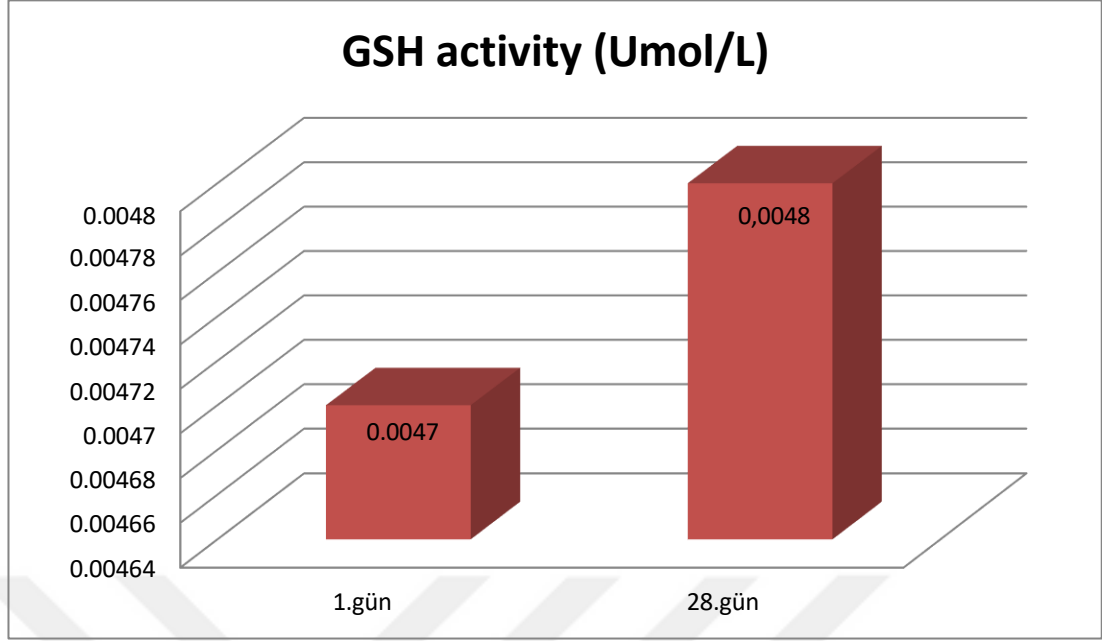
Şekil 4.2 Grup: Muaythai Sporü Yapan Grubun 1. ve 28. Gün MDA Düzeyleri Karşılaştırma Sonuçları

28 gün boyunca antrenman yoğunluğunun artmasıyla MDA seviyelerinde hafif bir artış gözlenmiştir (1,2973'ten 1,3102 $\mu\text{mol/L}$ 'ye). Bu durum, artan yüklenme prensibine dayalı fiziksel aktivitenin vücutta oksidatif stres oluşturabileceğini düşündürmektedir. Ancak, bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmaması, vücudun adaptasyon mekanizmalarının devreye girerek oksidatif stresi dengelediğini göstermektedir. Fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$).



Şekil 4.3 1. Grup: Muaythai Sporü Yapan Grubun 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesi Karşılaştırma Sonuçları

Antrenman süresi boyunca katalaz aktivitesinde çok küçük bir artış gözlenmiştir (0,0766'dan 0,0767 U/ml'ye). Bu küçük artış, artan yüklenme prensibine dayalı fiziksel aktivitenin antioksidan savunma mekanizmasını hafifçe uyardığını, ancak bu etkinin belirgin olmadığını göstermektedir. Vücut, artan oksidatif strese karşı katalaz aktivitesini artırarak yanıt vermiş olabilir; ancak bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$).



Şekil 4.4 1. Grup: Muaythai Sporu Yapan Grubun 1. ve 28. Gün GSH Düzeyleri Karşılaştırma Sonuçları

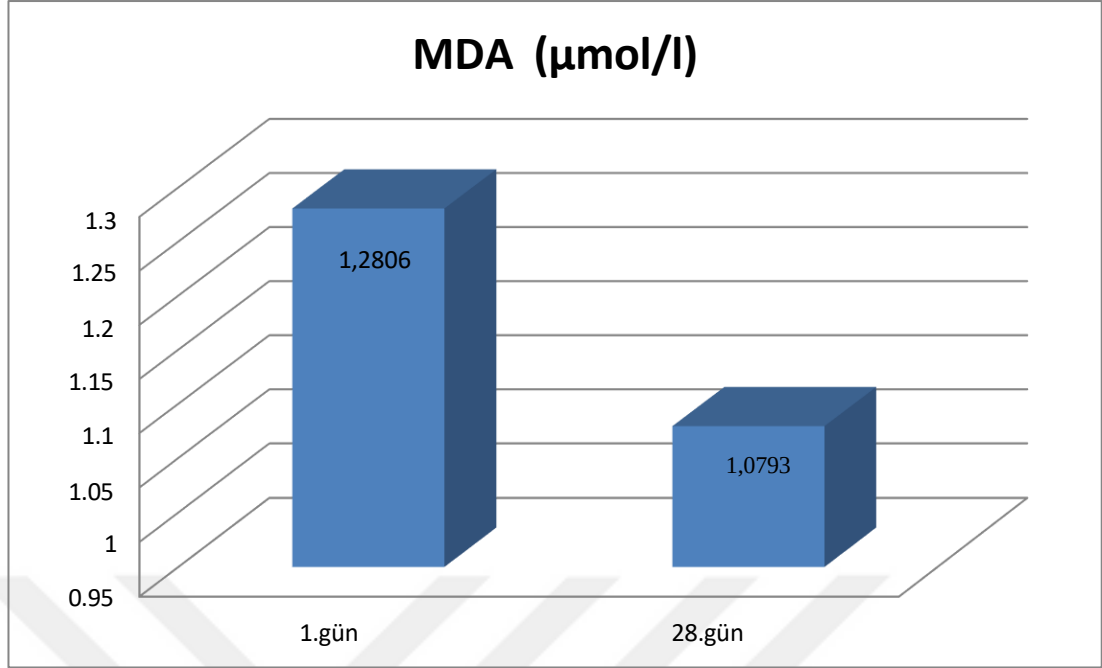
Glutasyon seviyelerinde de çok hafif bir artış gözlenmiştir (0,0047'den 0,0048 $\mu\text{mol/L}$ 'ye). Bu durum, artan yüklenme prensibine dayalı antrenmanın antioksidan savunmayı güçlendirdiğini, ancak bu etkinin sınırlı kaldığını düşündürmektedir. Muhtemelen adaptasyon süreci devam etmektedir ve daha uzun süreli antrenmanlar, daha belirgin değişimlere yol açabilir. Fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$).

Tablo 4.5 2. Grup: Muaythai Sporu Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, İlk Gün ve 28. Gün Sonunda Alınan Kan Değerlerinin Öncesi ve Sonrası İçin Karşılaştırma Sonuçları

		n	Ortalama±Std. sapma	p
MDA μmol/L	İlk gün Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanacak 2.grup (Başlangıç kan değeri)	11	1.2806±0.24845	0.021
	28. gün Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan 2.grup (Zerdeçal uygulamasından sonraki Kan Değeri)	11	1.0793±0.02601	
CAT U/ml	İlk gün Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanacak 2. grup(Başlangıç kan değeri)	11	0.0767±0.00021	0.233
	28. gün Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan (2.grup)	11	0.0783±0.00407	
GSH μmol/L	İlk gün Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanacak 2.grup (Başlangıç kan değeri)	11	0.0048±0.00038	0.006
	28. gün Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan 2.grup (Zerdeçal uygulamasından sonraki Kan Değeri)	11	0.0050±0.00059	

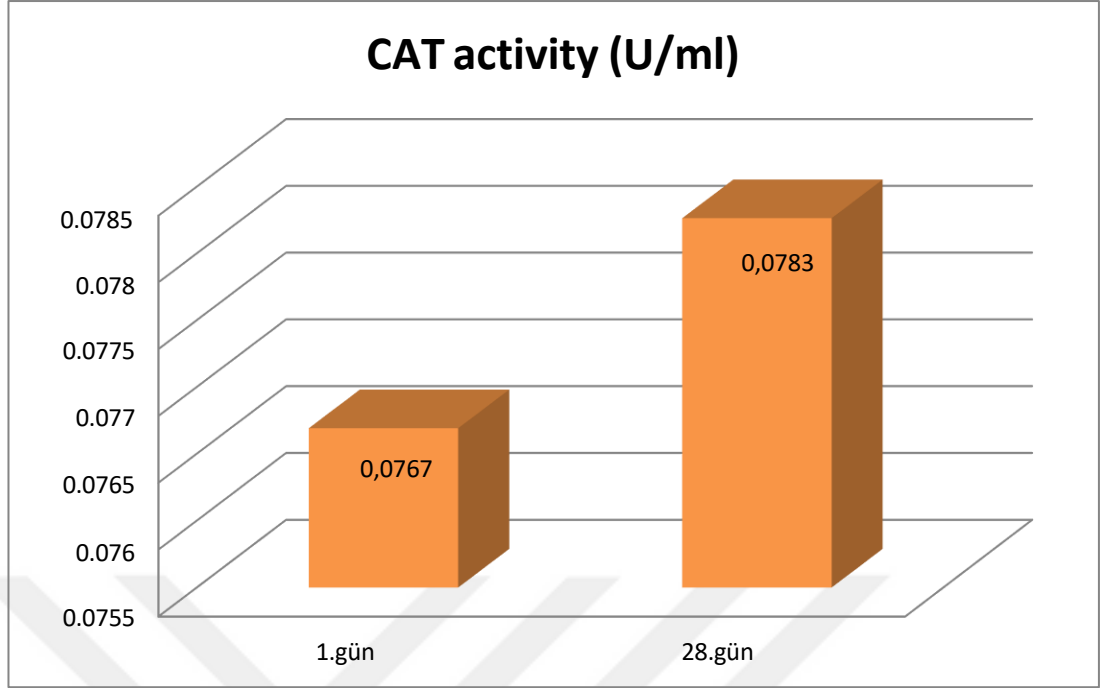
Malondialdehit (MDA) Katalaz (CAT) Glutasyon (GSH)

Tablo 4. 5 incelendiğinde Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan grubun ilk gün ve 28 gün sonra alınan kan değerlerinde MDA, GSH bakımından ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Buna göre, 28. gün sonunda Muaythai sporu yapanların MDA ortalaması önemli derecede düşük bulunmuştur. GSH düzeyleri bakımından yapılan karşılaştırmada ise, 28 gün sonunda GSH düzeyinin önemli derecede yükseldiği gözlemlenmiştir.



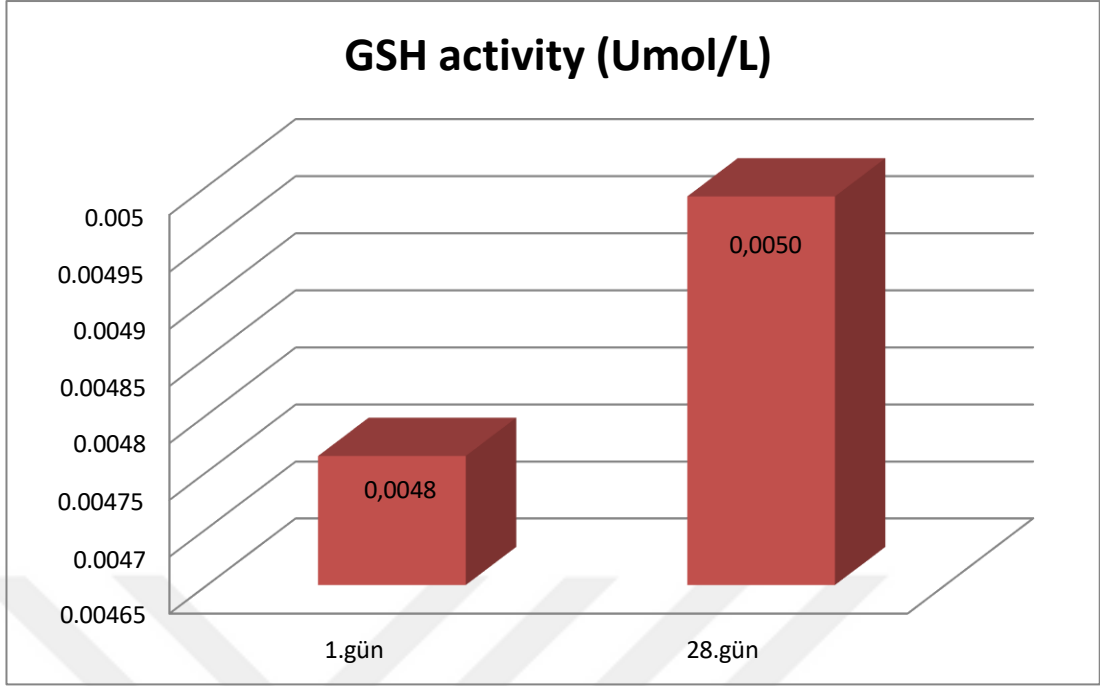
Şekil 4.10 2. Grup: Muaythai Sporü Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

MDA, lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olup oksidatif stresin biyomarkeri olarak kabul edilmektedir. 1. gün yüksek ölçülen MDA seviyesi (1,2806 μmol/L), 28 günlük zerdeçal takviyesi sonrası anlamlı derecede azalmıştır (1,0793 μmol/L). Bu düşüş, zerdeçalın oksidatif stresle ilişkili hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde potansiyel bir ajan olarak değerlendirilebileceğini desteklemektedir. Zerdeçalın içerdiği biyoaktif bileşiklerin (özellikle kurkumin) antioksidan ve serbest radikal temizleyici etkileri sayesinde lipid peroksidasyonunu inhibe ettiği gözlemlenmiştir. Fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.11 2. Grup: Muaythai Sporu Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları

Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan grupta, Tablo 4.5'te gösterildiği üzere, katalaz (CAT) enzimi düzeyindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,233$). Ancak, birinci gün CAT enzim düzeyi 0,0767 U/ml olarak ölçülmüş ve 28. gün sonunda bu değer 0,0783 U/ml'ye yükselmiştir. Sayısal olarak gözlenen bu artış, zerdeçalın antioksidan savunma mekanizmaları üzerinde potansiyel olarak olumlu etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, düzenli egzersizle birlikte zerdeçal kullanımının oksidatif stresle mücadelede destekleyici bir rol oynayabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 4.12 2. Grup: Muaythai Sporü Yapan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

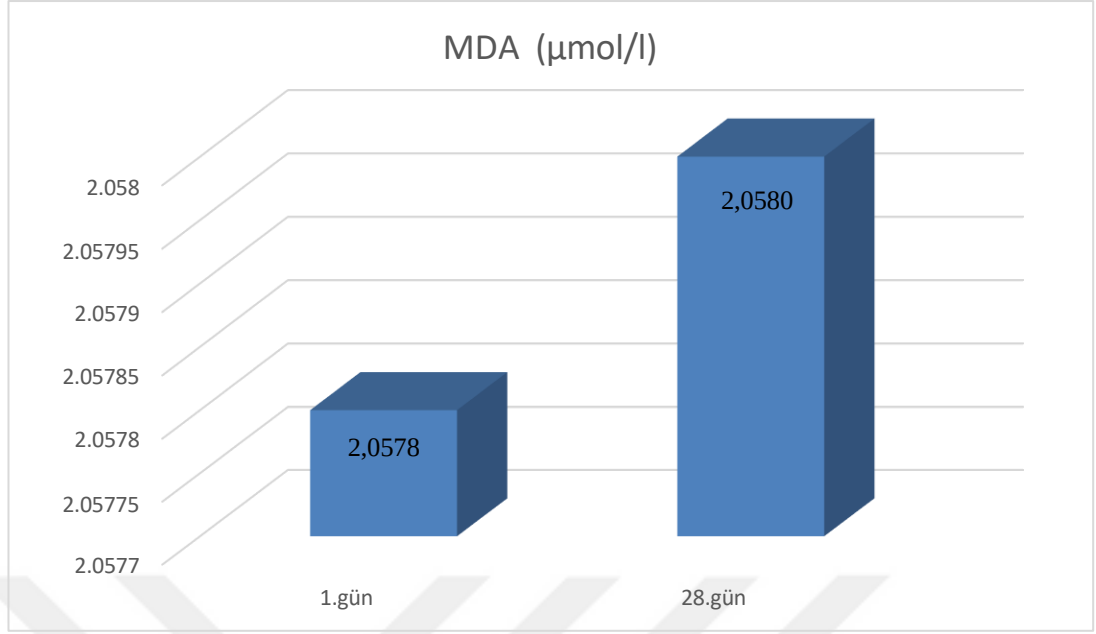
Glutatyon, hücreşel redoks dengesi ve antioksidan savunma mekanizmalarının önemli bir bileşenidir. 1. gün düşük ölçülen GSH seviyesi (0,0048 $\mu\text{mol/L}$), 28 günlük zerdeçal takviyesi sonrası anlamlı bir şekilde artmış (0,0050 $\mu\text{mol/L}$ 'ye). Bu artış, zerdeçalın glutatyon sentezini destekleyici etkisini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu değişim, zerdeçalın oksidatif stres belirteçleri üzerinde koruyucu ve düzenleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Zerdeçalın, Nrf2 yolaklarını aktive ederek endojen antioksidan sistemleri güçlendirdiği düşünülmektedir. Fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Tablo 4.6 3.Grup: Spor yapmayan grubun, ilk gün ve 28. gün sonunda alınan kan değerlerinin öncesi ve sonrası için karşılaştırma sonuçları.

		n	Mean±Std. Deviation	p
MDA μmol/L	1. gün sporu yapmayan (3.Grup)	11	2.0578±0.03153	0.341
	28. gün sporu yapmayan (3.Grup)	11	2.0580±0.03127	
CAT U/ml	1. gün sporu yapmayan (3.Grup)	11	0.0279±0.00627	0.534
	28. gün sporu yapmayan (3.Grup)	11	0.0264±0.00512	
GSH μmol/L	1. gün sporu yapmayan (3.Grup)	11	0.0020±0.00043	0.887
	28. gün sporu yapmayan (3.Grup)	11	0.0020±0.00035	

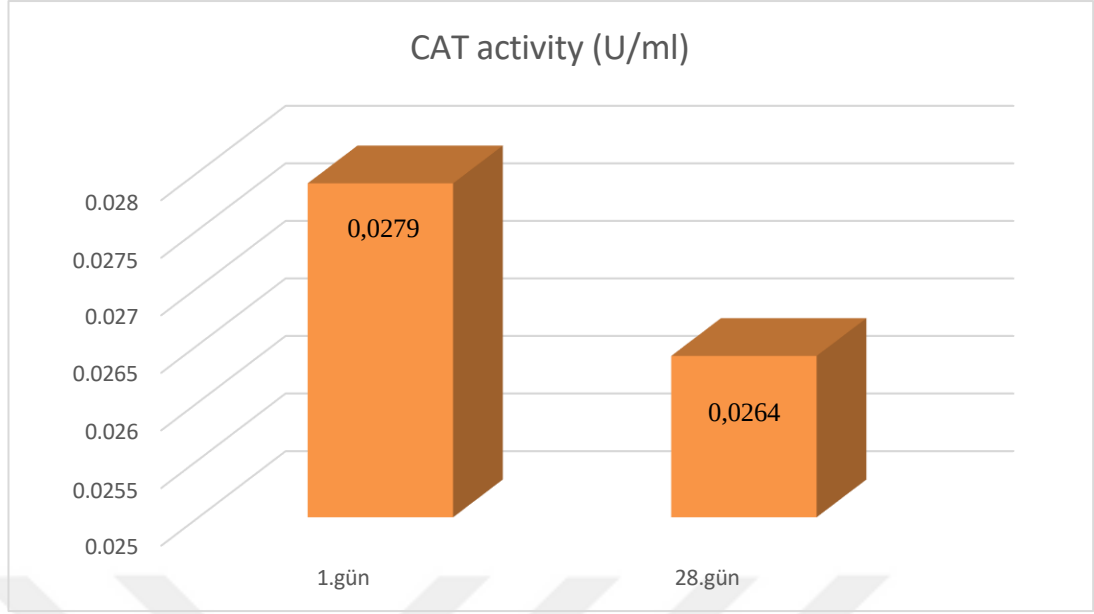
Malondialdehit (MDA) Katalaz (CAT) Glutasyon (GSH)

Spor yapmayan grubun ilk gün ve 28 gün sonra alınan kan değerlerinde öncesi ve sonrası için karşılaştırma sonuçları Tablo 4.6 de verilmiştir. Tablo 4.6 incelendiğinde ilk gün spor yapmayan ile 28. gün spor yapmayanların MDA, CAT ve GSH bakımından ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak anlamlı değildir



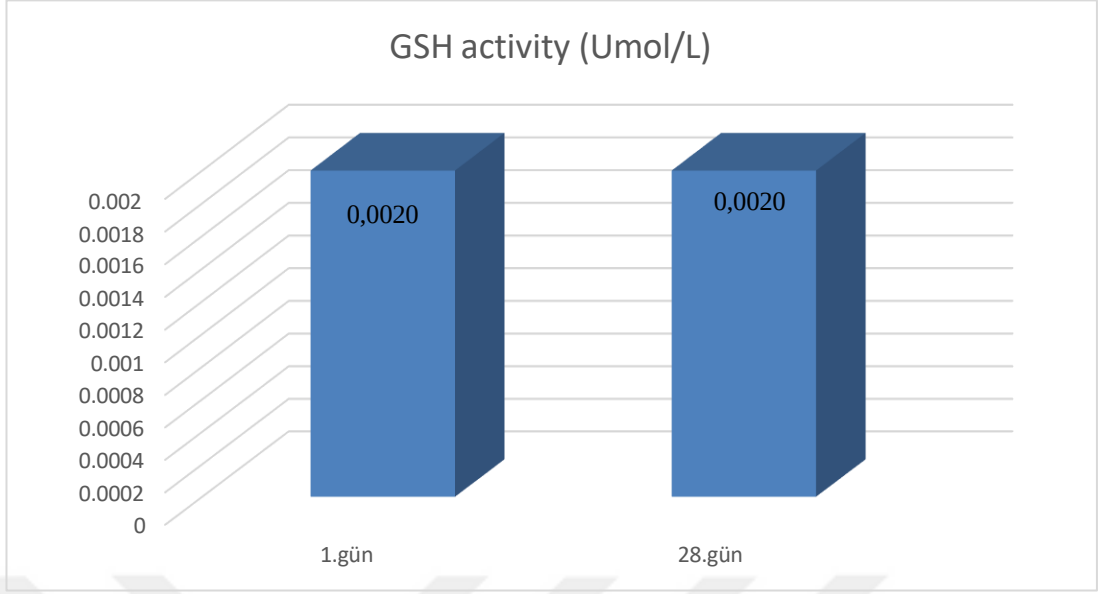
Şekil 4.13 3. Grup: Spor Yapmayan Grubun, 1. ve 28. Gün MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

Spor yapmayan bireylerde MDA düzeyine bakıldığında, 1. günde ölçülen değer 2,0578 $\mu\text{mol/l}$ iken, 28. gün bu değer çok küçük bir artışla 2,0580 $\mu\text{mol/l}$ 'ye yükselmiştir. Ancak bu fark son derece küçük olup, istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuç, spor yapmayan bireylerde 28 günlük süre boyunca oksidatif stres düzeyinde belirgin bir değişiklik olmadığını, MDA düzeyinin sabit kaldığını göstermektedir. Dolayısıyla, hücresel düzeyde lipid peroksidasyonuna dair önemli bir artış gözlenmemiştir.



Şekil 4.14 3. Grup: Spor Yapmayan Grubun, 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları

Spor yapmayan bireylerde antioksidan sistemin bir parçası olan katalaz enziminin aktivitesine bakıldığında, 1. gün değeri 0,0279 U/ml iken 28. gün bu değer 0,0264 U/ml'ye düşmüştür. Bu azalma istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yani, 28 günlük süreçte bu bireylerin antioksidan savunma düzeylerinde belirgin bir değişim veya bozulma olmamıştır. Fakat az da olsa bir düşüş eğilimi, pasif durumda olan bireylerde antioksidan enzim aktivitesinde zamanla hafif bir gerileme olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 4.5 3. Grup: Spor Yapmayan Grubun, 1. ve 28. Gün GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları.

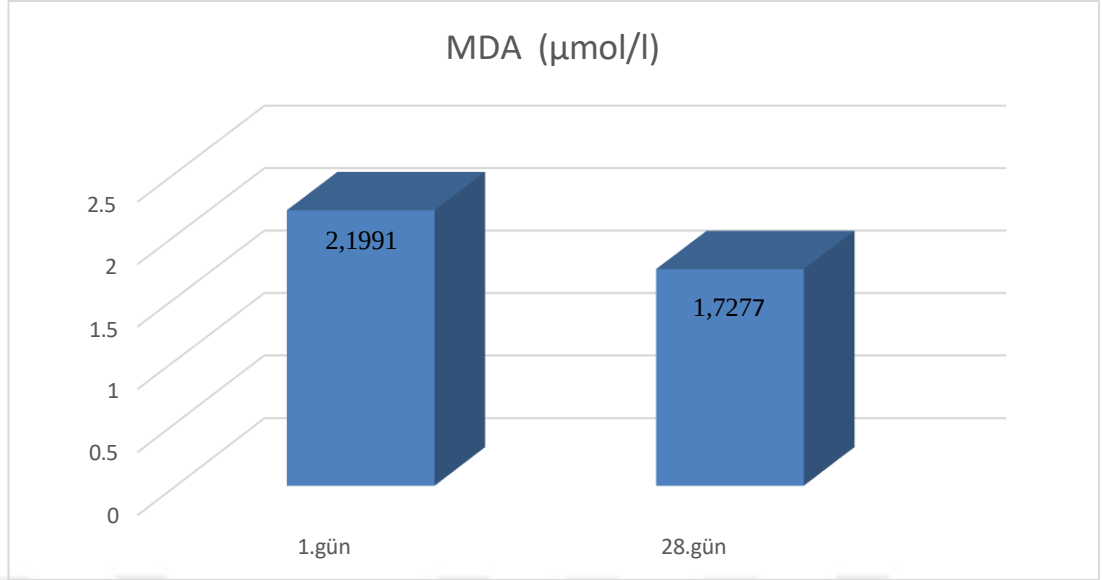
Spor yapmayan bireylerde GSH düzeyine bakıldığında, 1. günde ölçülen değer $0,0020 \mu\text{mol/L}$ olup, 28. günde de aynı seviyede, yani $0,0020 \mu\text{mol/L}$ olarak kalmıştır. Bu durum, iki zaman noktası arasında herhangi bir değişim olmadığını ve farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, spor yapmayan bireylerde 28 günlük süreçte antioksidan savunma sistemi göstergesi olan GSH düzeyinde belirgin bir değişiklik olmadığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu grupta oksidatif savunma kapasitesinde hücresel düzeyde kayda değer bir gelişme ya da azalma gözlenmemiştir.

Tablo 4.5 4. Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, İlk Gün ve 28. Gün Sonunda Alınan Kan Değerlerinin Öncesi ve Sonrası İçin Karşılaştırma Sonuçları

		n	Mean±Std. Deviation	p
MDA μmol/L	1. gün spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanacak (4.Grup)	11	2.1991±0.04331	0.001
	28. gün spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanan (4.Grup)	11	1.7277±0.03194	
CAT U/ml	1. gün spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanan (4.Grup)	11	0.0350±0.00279	0.001
	28. gün spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanan (4.Grup)	11	0.0638±0.00248	
GSH μmol/L	1. gün spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanan (4.Grup)grup	11	0.0031±0.00047	0.424
	28. gün spor yapmayan zerdeçal ekstraktı kullanan (4.Grup)	11	0.0033±0.00017	

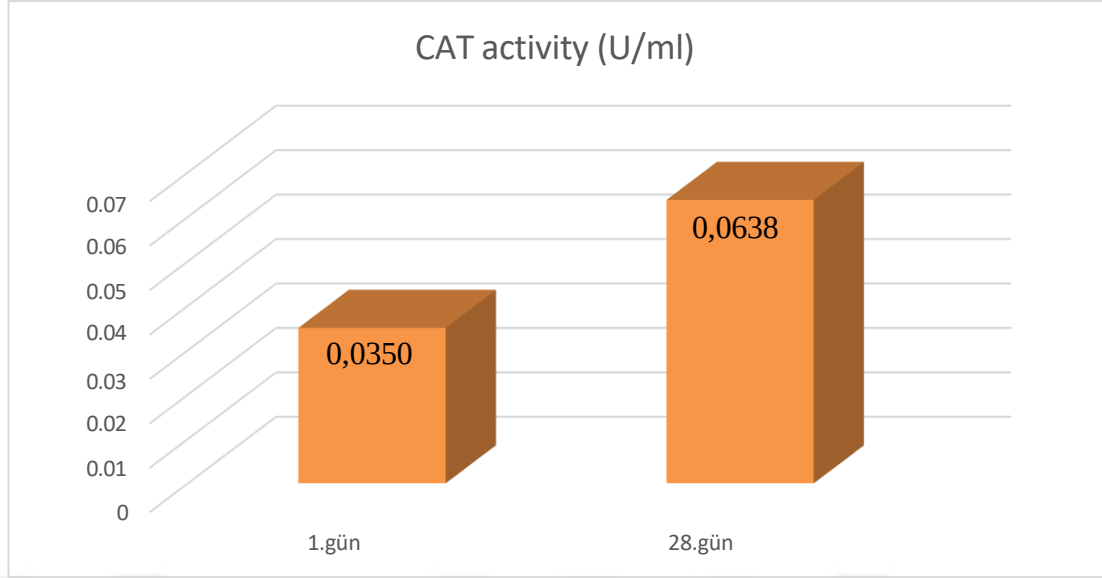
Malondialdehit (MDA) Katalaz (CAT) Glutatyon (GSH)

Spor yapmayan zerdeçal kullanan grubun ilk gün ve 28 gün sonra alınan kan değerlerinde öncesi ve sonrası için karşılaştırma sonuçları Tablo 4. 7 de verilmiştir. Tablo 4. 7 incelendiğinde ilk gün spor yapmayan zerdeçal kullanan ile 28. gün spor yapmayan zerdeçal kullananların GSH bakımından ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmazken (Figure 18), MDA ve CAT bakımından ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre spor yapmayan zerdeçal kullanan grupta 28 gün sonra MDA değeri anlamlı derecede düşerken, CATdeğeri anlamlı derecede yükselmiştir (Figure 16,17).



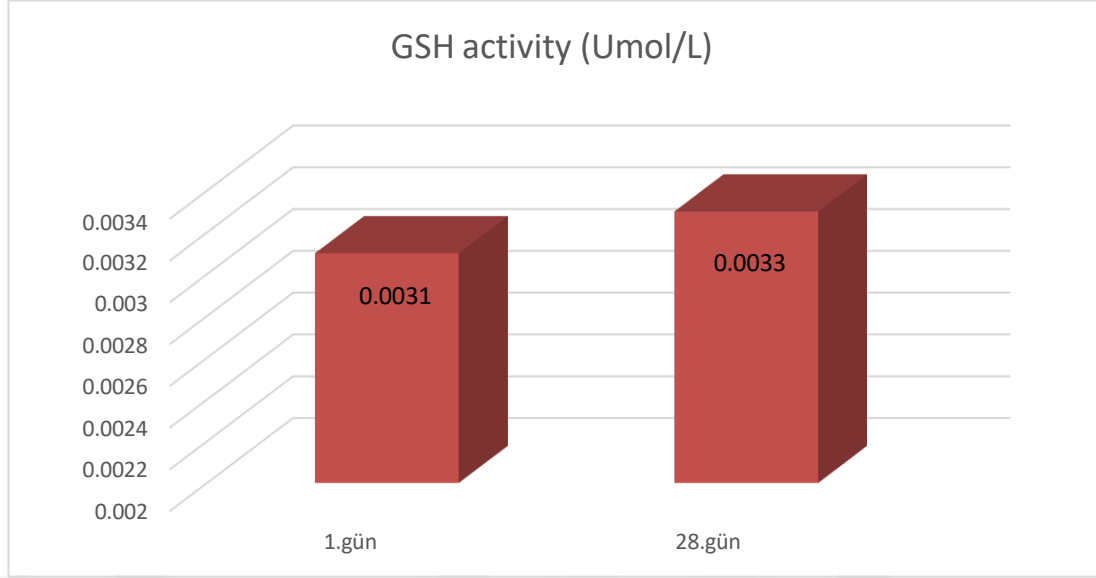
Şekil 4.6 4. Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün MDA Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

Spor yapmayan ancak zerdeçal ekstraktı kullanan bireylerde, 1. gün MDA düzeyi 2,1991 $\mu\text{mol/L}$ iken 28. gün bu değer 1,7277 $\mu\text{mol/L}$ 'ye düşmüştür. Bu azalma istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). MDA, lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olup oksidatif stresin hücre zarlarına verdiği zarar hakkında bilgi verir. Bu sonuç, zerdeçal kullanımının 28 günlük süreçte oksidatif stres düzeyini azalttığını, hücresel lipid peroksidasyonunu önleyici etkide bulunduğunu göstermektedir. Zerdeçalın antioksidan özelliği sayesinde, vücutta serbest radikal üretimi baskılanmış ve hücre hasarı azalmıştır.



Şekil 4.7 4. Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün CAT Enzim Aktivitesinin Karşılaştırma Sonuçları

Spor yapmayan ancak zerdeçal ekstraktı kullanan bireylerde, 1. gün CAT enzim aktivitesi 0,0350 U/ml olarak ölçülmüş, 28. gün ise bu değer 0,0638 U/ml'ye yükselmiştir. Bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). CAT enzimi, hidrojen peroksit gibi zararlı reaktif oksijen türlerini su ve oksijene dönüştürerek oksidatif stresin azaltılmasında önemli rol oynayan bir antioksidan savunma bileşenidir. Elde edilen bulgular, zerdeçal ekstraktı kullanımının katalaz enzim aktivitesini artırarak vücudun endojen antioksidan savunma sistemini güçlendirdiğini göstermektedir. Bu durum, zerdeçalın hücresel düzeyde koruyucu ve destekleyici bir antioksidan etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.8 4. Grup: Spor Yapmayan ve Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Grubun, 1. ve 28. Gün GSH Düzeylerinin Karşılaştırma Sonuçları

Spor yapmayan ancak zerdeçal ekstraktı kullanan bireylerde, 1. gün GSH enzim düzeyi 0,0031 $\mu\text{mol/L}$ olarak ölçülmüş, 28. gün ise bu değer 0,0033 $\mu\text{mol/L}$ 'ye yükselmiştir. Bu sonuçlar, zerdeçal kullanımının GSH düzeyinde hafif bir artış sağladığını, ancak bu etkinin istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmadığını göstermektedir. Bu durum, zerdeçalın glutatyon düzeyleri üzerindeki etkisinin sınırlı kaldığını veya çalışmada kullanılan süre ve dozun bu etkiyi belirginleştirmede yetersiz olduğunu göstermektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5.1. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, Muaythai sporcularında zerdeçal ekstraktı kullanımının oksidatif stres belirteçleri ve antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Araştırmaya, Van ilinde yaşayan ve 18-25 yaş aralığında bulunan toplam 44 erkek katılımcı dahil edilmiş ve rastgele tabakalı örnekleme yöntemiyle dört gruba ayrılmıştır: 1-Muaythai branşında elit düzeyde yer alan sporculardan oluşan kontrol grubu, 2-Aynı kriterleri taşıyıp 28 gün boyunca günlük 400 mg zerdeçal ekstraktı kullanan deney grubu, 3-Herhangi bir spor geçmişi bulunmayan bireylerden oluşan sedanter kontrol grubu, 4-Spor geçmişi olmayan ve 28 gün süresince günlük 400 mg zerdeçal ekstraktı kullanan sedanter deney grubu. Çalışmanın başlangıcında ve 28. gün sonunda alınan kan örneklerinde oksidatif stres belirteçleri ile antioksidan enzim aktiviteleri analiz edilmiştir. Egzersizin akut etkilerini en aza indirmek amacıyla, kan örneklerinin alınmasından önceki üç gün boyunca katılımcıların fiziksel antrenman yapmamaları sağlanmıştır. Sporcu gruplarına artan yüklenme prensibine dayalı bir antrenman programı uygulanmış ve zerdeçal ekstraktı kullanımının oksidatif stres düzeyleri üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Şekil 4.1'de, deney ve kontrol gruplarından elde edilen kan örneklerinde malondialdehit (MDA) düzeyleri analiz edilmiştir. Birinci gün ölçülen MDA seviyelerinin, sedanter gruplarda en yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (2.0578 $\mu\text{mol/L}$ ve 2.1991 $\mu\text{mol/L}$). Düzenli Muaythai antrenmanı yapan gruplarda ise MDA düzeylerinin daha düşük olduğu saptanmıştır (1.2973 $\mu\text{mol/L}$ ve 1.2806 $\mu\text{mol/L}$). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu bulgular, düzenli fiziksel aktivitenin oksidatif stres düzeylerini azaltabileceğini göstermektedir.

Literatürde, düzenli fiziksel egzersizin oksidatif stres belirteçleri üzerindeki etkilerini inceleyen ve benzer sonuçlar bildiren çok sayıda çalışma mevcuttur. Örneğin, Zanella, Nakazone, Pinhel ve Souza (2011) tarafından yapılan bir çalışmada; profesyonel futbolcular, sedanter bireyler ve futbolcuların birinci derece

akrabaları karşılaştırılmış; düzenli aerobik ve anaerobik antrenmanlara katılan futbolcularda MDA seviyelerinin sedanter bireylere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Bloomer ve Fisher-Wellman (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, en az altı ay boyunca haftada üç saatten fazla egzersiz yapan bireylerle, son altı ay içerisinde düzenli spor yapmayan ve fiziksel olarak aktif olmayan bireyler karşılaştırılmış; egzersiz yapan grupta dinlenme anındaki MDA seviyelerinin anlamlı düzeyde daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Bu bulgular, düzenli fiziksel egzersizin oksidatif stres düzeylerini azaltabileceğini ve biyokimyasal düzeyde koruyucu bir etki sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Benzer bir şekilde, Dal (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada da sezon boyunca düzenli antrenman programı uygulayan sporcular ile sedanter bireyler karşılaştırılmış ve her iki grubun hem dinlenme anı hem de yoğun egzersiz sonrası MDA düzeyleri analiz edilmiştir. Çalışmada, sporcuların MDA seviyelerinin her iki durumda da sedanter bireylere kıyasla daha düşük olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlar, düzenli egzersizin oksidatif stres üzerindeki azaltıcı etkisini desteklemektedir.

Bu çalışmada da benzer şekilde, elit düzeyde Muaythai antrenmanı yapan sporcuların birinci gün alınan kan örneklerinde ölçülen MDA düzeylerinin, sedanter gruplara kıyasla daha düşük olması; düzenli egzersizin oksidatif stresi azalttığını gösteren literatürle tutarlıdır.

Şekil 4.2’de, deney ve kontrol gruplarından alınan kan örneklerinde birinci gün ölçülen katalaz (CAT) enzim aktivitesi düzeyleri incelenmiştir. Sedanter gruplarda en düşük CAT aktivitesi (0.0279 U/ml ve 0.0350 U/ml) tespit edilirken, düzenli Muaythai antrenmanı yapan gruplarda belirgin şekilde daha yüksek değerler (0.0766 U/ml ve 0.0767 U/ml) saptanmıştır. Bu bulgular, düzenli antrenmanın antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirdiğini göstermektedir.

Literatürde, düzenli fiziksel egzersizin oksidatif stres belirteçleri ve antioksidan enzimler üzerindeki etkilerini araştıran ve benzer sonuçlara ulaşan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Güngörmez (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Muaythai sporcuları ve sağlıklı bireylerden oluşan kontrol grubunun kan örnekleri incelenmiş ve oksidan–antioksidan dengesine ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Analizler sonucunda, Muaythai sporcularında katalaz (CAT) enzim düzeylerinin, sedanter bireylere kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Bu sonuçlar, düzenli ve yoğun egzersizin endojen antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirdiğini ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde, Bayram (2013) tarafından yapılan bir çalışmada da egzersizin katalaz seviyeleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularına göre, egzersiz genel olarak katalaz düzeylerini artırırken, atletlerin sedanter bireylere göre daha düşük seviyelere sahip olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, egzersizin hem yüksek irtifada hem de deniz seviyesinde dokular ya da kanda antioksidan katalaz seviyelerini yükselttiği saptanmıştır.

Sentürk ve arkadaşları (2005) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise, düzenli antrenman yapan bireylerde egzersiz sonrası antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, CAT ve GPx) sedanter bireylere göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, düzenli egzersizin antioksidan savunma sistemini güçlendirebileceğini ve organizmanın oksidatif strese karşı daha güçlü bir adaptif yanıt geliştirmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular da benzer bir yönde olup, elit düzeyde Muaythai antrenmanı yapan sporcuların birinci gün ölçülen katalaz (CAT) enzim aktivitesi düzeylerinin, sedanter kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek olması; düzenli egzersizin antioksidan savunma sistemini güçlendirdiğini gösteren literatürle tutarlıdır.

Şekil 4.3'te birinci gün ölçülen glutatyon (GSH) düzeyleri incelendiğinde, sedanter gruplarda en düşük seviyelerin ($0.0019 \mu\text{mol/L}$ ve $0.0031 \mu\text{mol/L}$), düzenli Muaythai antrenmanı yapan gruplarda ise daha yüksek değerlerin ($0.0047 \mu\text{mol/L}$ ve $0.0048 \mu\text{mol/L}$) tespit edildiği görülmüştür ($p < 0.05$). Bu bulgular, düzenli fiziksel antrenmanın antioksidan savunma sistemini desteklediğini göstermektedir.

Literatürde, düzenli egzersizin oksidatif stres belirteçleri üzerindeki etkilerini inceleyen ve benzer sonuçlar ortaya koyan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Atlı ve Bilici (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, 14 aktif erkek basketbolcu ile 14 sedanter birey karşılaştırılmış; katılımcılardan elde edilen kan örneklerinde malondialdehit (MDA), katalaz (CAT) ve redükte glutatyon (GSH) düzeyleri spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, MDA ve CAT düzeyleri basketbolcularda anlamlı düzeyde daha düşük bulunurken; GSH düzeylerinin ise sedanter bireylere kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu bulgular, düzenli egzersizin oksidatif stresle mücadelede antioksidan sistemler üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir.

Çalışmamızda elde edilen veriler de bu literatürle örtüşmektedir. Düzenli Muaythai antrenmanı yapan sporcuların birinci gün ölçülen GSH düzeylerinin, sedanter sağlıklı gruplara göre daha yüksek olması; fiziksel aktivitenin endojen antioksidan sistem üzerinde güçlendirici bir etkisinin bulunduğunu desteklemektedir.

28 günlük çalışma sürecinin sonunda, zerdeçal ekstraktı verilen ve verilmeyen gruplardan elde edilen kan örneklerinde MDA, GSH düzeyleri ile CAT enzim aktivitesi tekrar ölçülmüştür.

Şekil 4.4'te, dört grubun 28. gün sonunda ölçülen malondialdehit (MDA) düzeyleri karşılaştırılmıştır. En yüksek MDA düzeyine, sedanter ve zerdeçal takviyesi almayan bireylerden oluşan 3. grupta rastlanmıştır ($2.0580 \mu\text{mol/L}$). Zerdeçal takviyesi verilen ancak fiziksel aktivite yapmayan 4. grupta bu değer $1.7277 \mu\text{mol/L}$ 'ye düşmüştür. Bu durum, zerdeçalın tek başına kullanıldığında bile oksidatif stresin azaltılmasında etkili olabileceğini göstermektedir. En düşük MDA düzeyi ise, hem düzenli Muaythai antrenmanı yapan hem de zerdeçal takviyesi alan 2. grupta saptanmıştır ($1.0793 \mu\text{mol/L}$). Sadece egzersiz yapılan ancak zerdeçal takviyesi uygulanmayan 1. grupta bu değer $1.3102 \mu\text{mol/L}$ olarak ölçülmüştür. Bu veriler, zerdeçal ekstraktının tek başına fayda sağladığını; ancak düzenli fiziksel egzersiz ile birlikte uygulandığında oksidatif stres üzerinde daha güçlü ve sinerjik bir etki ortaya koyduğunu göstermektedir.

Literatürde de benzer sonuçlar elde edilen çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Fakhri ve arkadaşları (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, yaş ortalaması 21.78 ± 0.94 yıl ve vücut kitle indeksi 28.12 ± 2.1 kg/m² olan 48 aşırı kilolu kadın öğrenci rastgele dört gruba ayrılmıştır: egzersiz grubu (n=12), egzersiz + kurkumin takviye grubu (n=12), sadece kurkumin takviyesi alan grup (n=12) ve kontrol grubu (n=12). Egzersiz grupları, 6 hafta boyunca haftada üç gün, maksimum kalp atım hızının %85–95'i aralığında yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman (HIIT) uygulamıştır. Takviye gruplarına ise günlük 80 mg nano-kurkumin kapsülü verilmiştir. Çalışma sonucunda, yalnızca kurkumin takviyesi yapılan egzersiz grubunda MDA düzeylerinde anlamlı bir azalma ($p=0.009$) ve toplam antioksidan kapasitede anlamlı bir artış ($p=0.01$) gözlenmiştir. Buna karşın, yalnızca egzersiz yapan ve kontrol grubundaki bireylerde MDA seviyelerinde belirgin bir artış ($p=0.004$) saptanmıştır. Bu bulgular, nano-kurkumin takviyesinin antioksidan/oksidatif dengeyi iyileştirmede ve oksidatif stresi azaltmada etkili olabileceğini ortaya koymaktadır.

Şekil 4.5'te, 28 gün boyunca zerdeçal ekstraktı verilen ve verilmeyen gruplarda katalaz (CAT) enzim aktivitesi karşılaştırılmıştır. En düşük CAT aktivitesi, sedanter ve zerdeçal ekstraktı almayan bireylerden oluşan 3. grupta ölçülmüştür (0.0263 U/ml). Zerdeçal ekstraktı verilen ancak fiziksel aktivite yapmayan 4. grupta bu değer 0.0638 U/ml olarak belirlenmiş; bu da zerdeçalın, fiziksel aktivite olmadan da oksidatif stresi azaltabileceğini göstermektedir. En yüksek CAT aktivitesi ise hem Muaythai yapılan hem de zerdeçal verilen 2. grupta ölçülmüştür (0.0783 U/ml). Sadece egzersiz yapılan 1. grupta ise bu değer 0.0767 U/ml olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, zerdeçalın tek başına fayda sağladığını; ancak fiziksel aktiviteyle birlikte uygulandığında oksidatif stres üzerinde daha güçlü bir koruyucu etki gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Şekil 4.6'da ise, 28 gün boyunca zerdeçal verilen ve verilmeyen gruplarda GSH düzeyleri karşılaştırılmıştır. En düşük GSH düzeyi, fiziksel aktivite yapmayan ve zerdeçal almayan 3. grupta tespit edilmiştir (0.0020 µmol/L). Bu durum, sedanter yaşamın antioksidan kapasiteyi düşürdüğünü göstermektedir. En yüksek GSH düzeyi, düzenli Muaythai yapılan ve zerdeçal verilen 2. grupta ölçülmüştür (0.0050

$\mu\text{mol/L}$). Bu bulgu, zerdeçalın antioksidan etkisinin, fiziksel aktivitenin olumlu etkisini desteklediğini göstermektedir. Sadece egzersiz yapılan 1. grupta GSH seviyesi $0.0048 \mu\text{mol/L}$ olarak bulunmuş; bu da fiziksel aktivitenin GSH düzeyini artırabildiğini göstermektedir. Zerdeçal verilen ancak egzersiz yapılmayan 4. grupta ise GSH düzeyi $0.0033 \mu\text{mol/L}$ olarak kaydedilmiş; bu bulgu, zerdeçalın tek başına da antioksidan savunmaya katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Yılmaz (2016) tarafından yapılan bir araştırmada, tükenme egzersizi uygulanan ratlara verilen kurkumin takviyesinin antioksidan parametreler ve laktat düzeyleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma, 36 Wistar Albino cinsi erişkin erkek rat üzerinde gerçekleştirilmiş ve hayvanlar altı gruba ayrılmıştır: kontrol, DMSO, kurkumin ve yüzme egzersizi yapılan kombinasyonlar. Dört hafta süren deneyin sonunda, kan örneklerinde GSH, SOD, CAT, MDA ve laktat düzeyleri ölçülmüştür. Sonuçlar, tükenme egzersizinin oksidatif stresi artırdığını, ancak 28 gün boyunca verilen günlük 50 mg/kg kurkuminin antioksidan parametrelerde anlamlı değişiklikler sağladığını göstermiştir. Kurkuminin, egzersize bağlı oksidatif stresi azaltarak sporcu sağlığı ve performansına olumlu katkı sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 4.7'de, Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanmayan 1. kontrol grubunun 1. gün ve 28. gündeki MDA düzeyleri karşılaştırılmıştır. 28 gün boyunca antrenman yoğunluğunun artmasına bağlı olarak MDA seviyelerinde hafif bir artış gözlenmiştir (1.2973 'ten $1.3102 \mu\text{mol/L'ye}$). Bu durum, fiziksel aktivitenin oksidatif stresi artırabileceğini düşündürmektedir. Ancak, söz konusu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmaması, vücudun adaptasyon mekanizmalarının devreye girerek oksidatif stresi dengelediğini göstermektedir.

Şekil 4.8'de, Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanmayan 1. kontrol grubunun 1. gün ve 28. gün ölçülen katalaz (CAT) aktivitesi karşılaştırılmıştır. Antrenman süresi boyunca çok az bir artış gözlenmiştir (0.0766 'dan 0.0767 U/ml'ye). Bu küçük değişim, düzenli fiziksel aktivitenin antioksidan savunma mekanizmasını hafifçe uyardığını; ancak bu etkinin belirgin olmadığını ortaya koymaktadır. Vücut, artan oksidatif strese karşı katalaz aktivitesini

artırarak yanıt vermiş olabilir, ancak bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Şekil 4.9'da, Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanmayan 1. kontrol grubunun 1. gün ve 28. gün ölçülen glutatyon (GSH) seviyeleri karşılaştırılmıştır. Antrenman süresi boyunca GSH seviyelerinde çok hafif bir artış gözlenmiştir (0.0047'den 0.0048 $\mu\text{mol/L}$ 'ye). Bu durum, antrenmanın antioksidan savunmayı güçlendirdiğini, ancak etkinin sınırlı kaldığını göstermektedir. Muhtemelen adaptasyon süreci devam etmektedir ve daha uzun süreli antrenmanlar daha belirgin değişimlere yol açabilir. Ancak, bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Şekil 4.10'da, Muaythai antrenmanı yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan 2. deney grubunun MDA düzeylerinin 1. ve 28. gün ölçümleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, MDA seviyelerinde belirgin bir azalma olduğunu göstermektedir (1.2806 $\mu\text{mol/L}$ 'den 1.0793 $\mu\text{mol/L}$ 'ye). MDA, hücrelerde oluşan hasarı gösteren bir belirteç olup oksidatif stresin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu düşüş, zerdeçalın oksidatif stresle bağlantılı hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde faydalı olabileceğini ortaya koymaktadır. Zerdeçalın içerdiği kurkumin gibi etkili bileşiklerin güçlü antioksidan özellikleri sayesinde hücrelere zarar veren maddeleri azalttığı belirlenmiştir.

Literatür taramasında da benzer sonuçlar bulunmuştur. Bir çalışmada, kurkumin takviyesinin inflamasyon, oksidatif stres, kas hasarı ve aerobik kapasite üzerindeki etkileri incelenmiştir. Seksen aktif kadın (21 ± 2 yaş) rastgele iki gruba ayrılmış ve 8 hafta boyunca günlük 500 mg kurkumin ve plasebo almıştır. Çalışma sonunda, kurkumin grubunda CRP, LDH ve MDA seviyeleri anlamlı şekilde azalırken ($P < 0.05$), VO_2 max değeri artmıştır ($P = 0.0001$). Vücut kompozisyonunda belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Sonuçlar, kurkuminin inflamasyonu ve oksidatif stresi azaltarak aerobik kapasiteyi artırabileceğini göstermektedir (Salehi vd., 2021).

Bańkowski ve arkadaşları (2022) ise kurkumin takviyesinin orta yaşlı amatör uzun mesafe koşucularında aerobik kapasite ve antioksidan durum üzerindeki

etkilerini incelemişlerdir. Çalışma, kurkuminin antioksidan enzim aktivitelerini artırarak hücrel oksidatif stresi azaltabileceğini ancak aerobik kapasite üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Şekil 4.11'de, Muaythai sporu yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan grupta, 1. gün katalaz (CAT) enzim düzeyi 0,0767 U/ml olarak ölçülmüş, 28. gün sonunda bu değer 0,0783 U/ml'ye yükselmiştir. Sayısal olarak gözlenen bu artış, Tablo 4.5'te gösterildiği üzere istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,233$). Ancak, bu durum zerdeçalın antioksidan savunma mekanizmaları üzerinde potansiyel olumlu etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir. Her ne kadar anlamlılık düzeyine ulaşmamış olsa da, enzim düzeyindeki hafif artış, düzenli egzersizle birlikte zerdeçal kullanımının oksidatif stresle mücadelede destekleyici bir rol oynayabileceğine işaret etmektedir. Bu nedenle, daha uzun süreli ve farklı dozajlarla yapılacak ileri çalışmalarda bu etkinin daha belirgin hale gelmesi mümkündür.

Şekil 4.12'de, Muaythai antrenmanı yapan ve zerdeçal ekstraktı kullanan 2. deney grubunun GSH düzeylerinin 1. ve 28. gün ölçümleri karşılaştırılmıştır. Zerdeçal takviyesi sonrası GSH seviyelerinde anlamlı bir artış gözlenmiştir (0,0048 U/ml'den 0,0050 U/ml'ye). Glutasyon, hücrelerin savunma mekanizmalarında ve oksidatif dengeyi korumada önemli bir rol oynayan bir bileşiktir. Bu artış, zerdeçalın glutasyon üretimini destekleyerek oksidatif strese karşı koruyucu ve düzenleyici bir etki gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, zerdeçalın hücrelerin kendi antioksidan sistemlerini harekete geçirerek savunma kapasitesini artırabileceği değerlendirilmektedir.

Literatür incelemesi sonucunda, bu araştırmalarda elde edilen bulgularla uyumlu çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Bir çalışmada, bir hafta boyunca 90 mg kurkumin takviyesinin oksidatif stres üzerindeki etkileri incelenmiştir. Katılımcılar iki gruba ayrılmıştır: kurkumin ($n = 11$) ve plasebo ($n = 9$). 14 km koşu sonrası kurkumin grubu, plaseboya kıyasla TAC ve GSH seviyelerinde artış ($P < 0.05$) ve MDA-TBARS seviyelerinde azalma göstermiştir ($P = 0.022$). Sonuçlar, kısa süreli kurkumin takviyesinin antioksidan kapasiteyi artırarak oksidatif stresi azaltabileceğini ortaya koymaktadır (Roohi, Moradlou & Bolboli, 2017).

Gorzi vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, kısa süreli bir tekvando turnuvası sırasında kurkumin takviyesinin genç sporcuların antioksidan kapasiteleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. 30 genç sporcu rastgele üç gruba ayrılmıştır: orta dönem, kısa dönem ve plasebo grubu. Orta dönem grubundaki sporculara turnuvadan 48 saat önce, kısa dönem grubundakilere ise müsabakalar arasındaki sürelerde kurkumin takviyesi verilmiştir. Sporculara toplamda 140 mg (orta dönem grubu) ve 70 mg (kısa dönem grubu) kurkumin verilmiştir. Plasebo grubuna ise aynı zaman dilimlerinde plasebo takviyesi uygulanmıştır. Yarışmalar arasında birer saatlik aralarla üç kez gerçekleştirilen on dakikalık müsabakalardan sonra, kan örneklerinde GPX, CAT ve MDA düzeyleri analiz edilmiştir. Orta dönem grubunda GPX düzeylerinde anlamlı bir artış ($p = 0,0001$) gözlemlenmiş, ancak MDA seviyeleri gruplar arasında anlamlı bir fark göstermemiştir ($P = 0,437$). Yine de, orta dönem grubunda MDA seviyelerinin nispeten daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, kurkumin takviyesinin turnuva öncesinde başladığında antioksidan savunmayı artırarak, genç sporcuların toparlanmasını destekleyebileceğini göstermektedir.

Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15 incelendiğinde, spor yapmayan grup için 1. gün ve 28. gün kan değerlerinde yapılan karşılaştırmalara göre, MDA, CAT ve GSH düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Spor yapmayan bireylerde MDA değeri 1. günde $2,0578 \mu\text{mol/l}$ iken, 28. günde küçük bir artışla $2,0580 \mu\text{mol/l}$ 'ye çıkmıştır. Katalaz enzimi aktivitesi 1. günde $0,0279 \text{ U/ml}$ iken, 28. günde $0,0264 \text{ U/ml}$ 'ye düşmüştür. GSH düzeyi ise 1. günde $0,0020 \mu\text{mol/L}$ olarak ölçülmüş olup, 28. günde aynı seviyede kalmıştır. Bu sonuçlar, her üç parametrede de zaman içinde bir değişim olmadığını ve farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

Şekil 4.16 incelendiğinde, spor yapmayan ancak zerdeçal ekstraktı kullanan bireylerde MDA düzeyinin 1. günde $2,1991 \mu\text{mol/L}$ 'den 28. günde $1,7277 \mu\text{mol/L}$ 'ye düştüğü görülmektedir. Bu azalma istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). MDA, lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olup oksidatif stres düzeyini yansıtır. Elde edilen bu bulgu, zerdeçal kullanımının oksidatif stresi azaltarak

hücrel lipid peroksidasyonunu engellediğini ve serbest radikal oluşumunu baskıladığını göstermektedir.

Bu araştırmalarda elde edilen bulgularla uyumlu çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Safran-Bank ve arkadaşları (2019), fazla kilolu ve obez ergen kızlarda zerdeçal (kurkumin) takviyesinin iltihap ve oksidatif stres üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 60 ergen kız, 10 hafta boyunca iki gruba ayrılmıştır: bir grup günde 500 mg kurkumin alırken, diğer grup plasebo almıştır. Hafif bir diyetle birlikte uygulanan bu takviye sonucunda, kurkumin kullanan grupta özellikle malondialdehit (MDA) seviyelerinde belirgin bir düşüş görülmüştür.

Şekil 4.17 incelendiğinde, spor yapmayan ancak zerdeçal ekstraktı kullanan bireylerde 1. gün CAT enzim aktivitesi 0,0350 U/ml iken, 28. gün bu değer 0,0638 U/ml'ye yükselmiştir. Bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). CAT enzimi, reaktif oksijen türlerinden biri olan hidrojen peroksiti su ve oksijene dönüştürerek oksidatif stresin azaltılmasında görev alır. Elde edilen sonuçlar, zerdeçal ekstraktı kullanımının katalaz enzim aktivitesini artırarak endojen antioksidan savunmayı güçlendirdiğini ve hücrel düzeyde koruyucu bir etki sağladığını göstermektedir.

Benzer şekilde, Rodrigues ve arkadaşları (2021), kurkumin takviyesinin hemodiyaliz hastalarında antioksidan ve antiinflatuar yanıtlar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 12 hafta süresince günde 1 gram kurkumin takviyesi alan hastalarda katalaz (CAT) enzimi aktivitesinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Katalaz enzimi, hidrojen peroksit gibi zararlı reaktif oksijen türlerini detoksifiye ederek oksidatif stresi azaltan önemli bir enzimdir. Bu bulgu, kurkuminin hücrel savunma sistemlerini güçlendirerek oksidatif hasarı azaltmaya yardımcı olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 4.18 incelendiğinde, spor yapmayan ancak zerdeçal ekstraktı kullanan bireylerde 1. gün GSH enzim düzeyinin 0,0031 $\mu\text{mol/L}$ olarak ölçüldüğü, 28. gün sonunda ise bu değer 0,0033 $\mu\text{mol/L}$ 'ye yükseldiği görülmektedir. Ancak bu artış, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuçlar, zerdeçal kullanımının GSH düzeyinde hafif bir artış sağladığını, ancak bu etkinin istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmadığını göstermektedir. Bu durum, zerdeçalın glutatyon düzeyleri üzerindeki

etkisinin sınırlı kaldığını veya çalışmada kullanılan süre ve dozun bu etkiyi belirginleştirmede yetersiz olduğunu düşündürmektedir.

Benzer şekilde, Darmian ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, zerdeçal takviyesi ile (AT) ve zerdeçal takviyesinin (TS) metabolik durum ve oksidatif stres üzerindeki etkilerini inceledi. 45–60 yaş arası hiperlipidemik tip 2 diyabet hastaları dört gruba ayrılmış: AT+TS, AT, TS ve kontrol. Sekiz hafta sonunda, AT+TS grubunda metabolik durum, oksidatif stres belirteçleri ve inflamasyon göstergelerinde (hs-CRP) en belirgin iyileşme gözlemlendi. Glutasyon (GSH) ve toplam antioksidan kapasite (TAC) seviyeleri artarken, malondialdehit (MDA) ve hs-CRP düzeyleri azaldı. Sonuçlar, zerdeçalın antioksidan ve iltihap azaltıcı etkilerini desteklemektedir (Darmian vd., 2022).

Farklı bir çalışmada, 10 erkek katılımcı ($26,8 \pm 2,0$ yıl) rastgele üç gruba ayrılmıştır: (1) plasebo (kontrol), (2) yalnızca egzersiz öncesi kurkumim alan grup ve (3) egzersiz öncesi ve hemen sonrası kurkumim alan grup. Katılımcılara egzersizden 2 saat önce ve egzersiz sonrasında 90 mg kurkumim veya plasebo verilmiştir. Tüm katılımcılar, 60 dakika boyunca koşu bandında $VO_2\text{max}$ 'ın %65'inde yürüyüş veya koşu yapmıştır. Egzersiz öncesi, hemen sonrası ve 2 saat sonrası alınan kan örnekleri incelendiğinde, kurkumim takviyesinin antioksidan kapasiteyi artırarak egzersize bağlı oksidatif stresin azalmasına katkı sağladığı görülmüştür (Takahashi vd., 2013).

Farklı bir çalışmada, zerdeçal ekstraktının antioksidan savunma, kan basıncı ve egzersize bağlı oksidatif stres üzerindeki etkilerini incelemiştir. Rastgele kontrollü bir deneyde, 22 sağlıklı birey zerdeçal ekstraktı veya plasebo almıştır. Zerdeçal alan grupta egzersiz sonrası kan basıncı artışı belirgin şekilde düşük kalmış, ayrıca antioksidan kapasite ve toplam polifenol seviyelerinde anlamlı artış gözlenmiştir. Zerdeçal alan katılımcılar, plasebo grubuna kıyasla daha uzun mesafe koşmuştur. Sonuçlar, zerdeçalın antioksidan ve anti-inflamatuar etkileriyle egzersiz performansını destekleyebileceğini ortaya koymaktadır (Hajleh & Al-Dujaili, 2022).

Başka bir çalışmada, kurkumin konsantresi alımının kardiyovasküler risk faktörleri ve egzersiz kaynaklı oksidatif stres üzerindeki etkileri incelenmiştir. Toplam 22 katılımcı çalışmaya dahil edilmiştir ve katılımcılar kurkumin ($n = 22$) ve

plasebo grubu olarak ikiye ayrılmıştır. 30 dakikalık egzersiz sonrası kurkumin grubunda kan basıncı yanıtı anlamlı şekilde azalmış ve son BP kan basıncı ile PWV arterlerin sertli değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Kurkumin alımı sonrasında idrar antioksidan gücü ($P = 0.031$) ve toplam polifenol seviyeleri ($P = 0.022$) artmıştır. Ayrıca, kurkumin grubundaki katılımcılar, plaseboya kıyasla daha uzun mesafe koşmuştur ($P = 0.005$). Sonuçlar, kurkumin alımının BP'yi düşürdüğünü, antioksidan kapasiteyi artırdığını ve egzersiz performansını iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulguların doğrulanması için daha geniş çalışmalar gerekmektedir (Hajleh & Al-Dujaili, 2022).

Bu araştırmada, Muaythai sporcularında zerdeçal ekstraktının oksidatif stres belirteçleri ve antioksidan aktiviteleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. 28 gün süren deneysel uygulama sonucunda, zerdeçal takviyesinin malondialdehit (MDA) düzeylerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttığı, glutatyon (GSH) düzeylerini ise anlamlı şekilde artırdığı belirlenmiştir. Katalaz (CAT) enzim aktivitelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmemekle birlikte, 1. gün ölçülen 0,0767 U/ml düzeyi, 28. gün sonunda 0,0783 U/ml'ye yükselmiştir. Elde edilen bulgular, zerdeçal ekstraktının oksidatif stresle mücadelede etkin bir rol oynadığını ve vücudun endojen antioksidan savunma sistemlerini desteklediğini göstermektedir. Ayrıca, fiziksel aktivitenin tek başına antioksidan kapasiteyi artırdığı, zerdeçal takviyesinin ise bu etkiyi pekiştirdiği anlaşılmıştır. Bu durum, zerdeçalın sportif performansın korunması ve antrenman sonrası toparlanma süreçlerinin iyileştirilmesinde potansiyel bir doğal destek olabileceğini ortaya koymaktadır.

Araştırmanın dikkat çeken bir diğer bulgusu ise, zerdeçal takviyesinin sadece egzersize bağlı biyokimyasal stresin azaltılmasında değil, sedanter bireylerde de antioksidan kapasiteyi artırıcı etki göstermesidir. Zerdeçal ekstraktı kullanan sedanter bireylerde MDA düzeyleri anlamlı şekilde azalmış, CAT enzim aktiviteleri anlamlı şekilde artmış; GSH düzeylerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemekle birlikte 1. gün 0,0031 $\mu\text{mol/L}$ olan değer, 28. gün sonunda 0,0033 $\mu\text{mol/L}$ 'ye yükselmiştir. Bu durum, zerdeçalın az da olsa olumlu etkisini gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma zerdeçal ekstraktının yalnızca sporcularda performans ve toparlanma süreçlerini destekleyici değil, aynı zamanda genel sağlık düzeyinin artırılmasında da önemli bir doğal ajan olabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, fiziksel aktivitenin antioksidan savunma sistemini güçlendirdiği ve zerdeçal takviyesiyle bu etkinin daha da arttığı belirlenmiştir. Bu bulgular, zerdeçalın antrenman kaynaklı oksidatif yüklenmelerin azaltılmasında tamamlayıcı bir rol üstlenebileceğini ve egzersize bağlı performans kayıplarının önlenmesinde destekleyici bir strateji olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, Muaythai sporcuları üzerinde zerdeçal ekstraktının etkilerini inceleyen ilk araştırma olması nedeniyle literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

5.2. Öneriler

Zerdeçal Ekstraktı Kullanan Muaythai Sporcularında Oksidatif Stres Düzeyi ve Bazı Antioksidan Aktivitelerin Belirlenmesi Konusunda Derinlemesine İnceleme için şu önerilerde bulunulabilir:

Sedanter bireylerde Etki: Sedanter bireylerde zerdeçal kullanımının antioksidan savunma sistemi üzerindeki olumlu etkileri göz önüne alındığında, bu grubun daha geniş örneklemelerle incelendiği, doz-süre ilişkisini değerlendiren ileri düzey çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Zerdeçal Dozajı ve Biyoyararlanım: Zerdeçalın farklı dozları ve formülasyonları (nano-kurkumin, fosfolipid kompleksi vb.) test edilerek etkinliği karşılaştırılabilir.

Uzun Vadeli Takip Çalışması: Zerdeçalın oksidatif stres üzerindeki etkileri kısa ve uzun vadede değerlendirilerek sürekliliği test edilebilir.

Biyokimyasal Mekanizmaların Detaylandırılması: Kurkuminin NF- κ B, Nrf2, SOD, GPx gibi hücresel yolaklarla etkileşimi daha ayrıntılı incelenebilir.

Farklı Spor Dallarında Araştırmalar: Zerdeçalın etkileri Muaythai dışındaki sporcular üzerinde de incelenmelidir. Özellikle dayanıklılık sporları ve kuvvet antrenmanları açısından etkileri değerlendirilmesi yararlı olabilir.

Karşılaştırma Literatür Analizi: Muaythai dışındaki dövüş sporlarında zerdeçalın etkileriyle karşılaştırma yapılarak genel sporcu sağlığı açısından değerlendirme genişletilebilir.

Performans Üzerine Etkiler: Antrenman sonrası toparlanma süresi, kas ağrıları ve bağışıklık fonksiyonları gibi ek performans göstergeleri çalışmaya dahil edilebilir

Çapraz Tasarım (Crossover Design): Aynı sporcuların hem kontrol hem de deney grubunda yer aldığı bir çapraz tasarım kullanılarak bireysel farklılıkların etkisi azaltılabilir.

Beslenme ve Genetik Faktörler: Katılımcıların diyet alışkanlıkları ve genetik polimorfizmleri dikkate alınarak, oksidatif strese verilen yanıtların daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi önerilmektedir.

Uzun Süreli alışmalar: 28 günlük süre boyunca gözlemlenen değişimlerin uzun vadede nasıl şekillendiğine yönelik araştırmaların yapılması önerilmektedir.

Gelecek alışmalar için Öneriler: Çalışmada 18-25 yaş arası sporcular yer almıştır. Daha geniş yaş aralıklarında ve kadın sporcular üzerinde de araştırmalar önerilmektedir.

Gelecek alışmalar için Yeni Araştırma Yönelimleri: Zerdeçalın sadece oksidatif stres değil, aynı zamanda nörolojik fonksiyonlar, kas adaptasyonu ve zihinsel dayanıklılık üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendiren ek çalışmaların yapılması yararlı olabilir.

KAYNAKÇA

- Ağlar, S(2019). *Yüksek irtifada Muaythai yapan sporcuların oksidatif stres ve enzim düzeylerinin incelenmesi* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Ağlar, S., & Demir, H(2025). Karate Yapan Sporcularda Antioksidanların Önemi. *Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(1), 29-32.
- Akbay, G. D., & Pekcan, A. G(2016). Zerdeçal: Beslenme ve sağlık yönünden değerlendirilmesi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 44(1), 68-72.
- Akkuş, İ(1995). Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri. *Mimoza Yayınları*, Konya, 1, 57-63.
- Aktitiz, S., Acar, M., Göktepe, N., & Turnagöl, H(2024). Kurkuminin egzersiz sonrası toparlanma üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 52(2), 103-112. <https://doi.org/10.38069/besd.2024.52.2.103>
- Albuz, Ö(2019). Günlük yaşamda gıda takviyesi olarak kullanılan zencefil, zerdeçal ve karanfilin sitotoksik etkilerinin araştırılması. *Kocatepe Veterinary Journal*, 12(3), 351-356. <https://doi.org/10.30607/kocatepe.567816>
- Alessio, H. M(1993). Exercise-induced oxidative stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(2), 218-224. <https://doi.org/10.1249/00005768-199302000-00012>
- Allegra, A., Innao, V., Russo, S., Gerace, D., Alonci, A., & Musolino, C(2017). Anticancer activity of kurkumim and its analogues: Preclinical and clinical studies. *Cancer Investigation*, 35(1), 1-22. <https://doi.org/10.1080/07357907.2017.1269897>
- Alpay, C. B(2007). *Elit güreşçilerde kekik çayı yüklemesinin serbest radikal formasyonu ve antioksidan sisteme etkisi* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Altuntaş, E(2020). *Zerdeçal Ekstraktlarının Toplam Fenolik, Antioksidan, Radikal Giderme Kapasiteleri Ve Kurkuminoidlerin Voltammetrik Tayini* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Antunes, L. M. G., Araújo, M. C. P., Dias, F. D. L., & Takahashi, C. S(2005). Effects of H₂O₂, Fe²⁺, and Fe³⁺ on kurkumim-induced chromosomal aberrations in CHO cells. *Genetics and Molecular Biology*, 28, 161-164. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572005000200005>
- Aoi, W., Ogaya, Y., Takami, M., Konishi, T., Sauchi, Y., Park, E. Y., & Higashi, A(2015). Glutathione supplementation suppresses muscle fatigue induced by prolonged exercise via improved aerobic metabolism. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0074-1>

- Apor, P., & Rádi, A(2006). Physical exercise, oxidative stress and damage. *Orvosi Hetilap*, 147(22), 1025-1031. <https://doi.org/10.1556/OH.147.2006.22.1>
- Atlı, M., & Bilici, M(2019). Determination of degrees of oxidative stress and some antioxidant enzyme activities in basketball players. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(4), 1296-1301. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.667492>
- Aydemir, B., & Sarı, E. K(2009). Antioksidanlar ve büyüme faktörleri ile ilişkisi. *Kocatepe Veterinary Journal*, 2(2), 56-60. <https://doi.org/10.30607/kocatepe.97094>
- Baechle, T. R., & Earle, R. W(Eds.)(2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Human kinetics.
- Bańkowski, S., Petr, M., Rozpara, M., & Sadowska-Krępa, E. (2022). Effect of 6-week curcumin supplementation on aerobic capacity, antioxidant status and sirtuin 3 level in middle-aged amateur long-distance runners. *Redox Report*, 27(1), 186-192. <https://doi.org/10.1080/13510002.2022.2032439>
- Bayram, M(2013). *Uzun mesafe atletlerde yüksek irtifanın katalaz, peroksidaz ve karbonik anhidraz enzim seviyelerine etkisi* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bingöl, G(1977). Vitaminler ve enzimler
- Bloomer, R. J., & Fisher-Wellman, K. H(2008). Blood oxidative stress biomarkers: Influence of sex, exercise training status, and dietary intake. *Gender Medicine*, 5(3), 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.genm.2008.06.002>
- Bremner, J. D., & McCaffery, P(2008). The neurobiology of retinoic acid in affective disorders. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 32(2), 315-331. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2007.08.013>
- Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F., Karadeniz, Ş., & Çakmak, E. K(2015). Bilimsel araştırma yöntemleri.
- Ceballos, L., Triver, J. M., & Nicole, A(1992). Age-correlated modifications of copper-zinc superoxide dismutase and glutathione-related enzyme activities in human erythrocytes. *Journal of Clinical Chemistry*, 36, 66-70. <https://doi.org/10.1515/jcc.1992.36.1.66>
- Corti, A., Casini, A. F., & Pompella, A(2010). Cellular pathways for transport and efflux of ascorbate and dehydroascorbate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 500(2), 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.01.018>
- Crisafulli, A., Vitelli, S., Cappai, I., Milia, R., Tocco, F., Melis, F., & Concu, A(2009). Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muaythai boxing match. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 34(2), 443-449.
- Czernicka, L., Grzegorzcyk, A., Marzec, Z., Antosiewicz, B., Malm, A., & Kukula-Koch, W(2019). Antimicrobial potential of single metabolites of *Curcuma longa* assessed in the total extract by thin-layer chromatography-based

- bioautography and image analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4), 898. <https://doi.org/10.3390/ijms20040898>.
- Çimen, Ç., Öter, Ç., Demir, H., & Savran, A(2005). Rat eritrositlerinden elde edilen katalaz enziminin karakterizasyonu ve kinetiğinin incelenmesi. *YYÜ Veteriner Fakültesi*, 16, 15-20.
- Çöteli, E., & Karataş, F(2017). Zerdeçal (*Curcuma longa* L.) bitkisindeki antioksidan vitaminler ve glutasyon miktarları ile total antioksidan kapasitesinin belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 33(2), 91-101.
- Dal, S(2015). *Sporcularda ve sedanter bireylerde besin tüketiminin, besin ögesi alımının ve egzersizin oksidatif stres üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi* (Doktora tezi, Eastern Mediterranean University [EMU]-Doğu Akdeniz Üniversitesi [DAÜ]).
- Demirel, M., & Türsen, Ü(2019). Mineraller ve Deri. *Türkiye Klinikleri Dermatology-Special Topics*, 12(4), 9-11.
- Devassy, J. G., Nwachukwu, I. D., & Jones, P. J(2015). Kurkumim and cancer: Barriers to obtaining a health claim. *Nutrition Reviews*, 73(3), 155-165.
- Dinç, N(2006). *Aerobik egzersizin ve multivitamin kullanımının lipid, homosistein ve antioksidan metabolizması üzerine etkileri* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Draper, H. H., & Hadley, M(1990). A review of recent studies on the metabolism of exogenous and endogenous malondialdehyde. *Xenobiotica*, 20(9), 901-907. <https://doi.org/10.3109/00498259009044203>.
- Eren, S. H(2008). *Sıçanlarda melatonin desteğinin akut (hafif ve ağır) egzersizle çeşitli dokularda oluşan lipid peroksidasyonu ve antioksidan durum üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Erkul, C., Özenoğlu, A., & Reis, E(2021). Zerdeçalın genel sağlık üzerine etkileri. *Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 76-87. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4678585>
- Fakhri, S., Shakeryan, S., Fakhri, F., & Alizadeh, A. A(2019). The effect of 6 weeks of high-intensity interval training (HIIT) with using Nano-kurkumim supplement on total antioxidant capacity and malondialdehyde level in overweight girls. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*, 26(4), 333-342. <https://doi.org/10.22034/jbums.2019.660872.1185>
- Fan, C. D., Li, Y., Fu, X. T., Wu, Q. J., Hou, Y. J., Yang, M. F., ... & Sun, B. L(2017). Reversal of beta-amyloid-induced neurotoxicity in PC12 cells by kurkumim, the important role of ROS-mediated signaling and ERK pathway. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 37, 211-222. <https://doi.org/10.1007/s10571-016-0425-7>

- Fink, R. C., & Scandalios, J. G(2002). Molecular evolution and structure–function relationships of the superoxide dismutase gene families in angiosperms and their relationship to other eukaryotic and prokaryotic superoxide dismutases. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 399(1), 19-36. [https://doi.org/10.1016/S0003-9861\(02\)00329-5](https://doi.org/10.1016/S0003-9861(02)00329-5)
- Garewal, H(1997). Antioxidants and disease prevention (Vol. 14). CRC Press.
- Gastin, P. B(2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports medicine*, 31, 725-741.
- Gibson-Moore, H., & Spiro, A(2017). Can turmeric really prevent cancer?. *Nutrition Bulletin*, 42(2).
- Gollnick, P. D., & Matoba, H(1984). The muscle fiber composition of skeletal muscle as a predictor of athletic success: An overview. *The American journal of sports medicine*, 12(3), 212-217.
- Gorzi, A., Kazemzadeh, Y., & Ahmadi, P(2016). The effect of length of kurkumim supplementation on antioxidant capacity of adolescent taekwondo players. *Sport Physiology*, 8(29), 131-144.
- Gönenç, A., Özkan, Y., Torun, M., & Şimşek, B(2001). Plasma malondialdehyde (MDA) levels in breast and lung cancer patients. *Journal of clinical pharmacy and therapeutics*, 26(2), 141-144.
- Gupta, S. C., Sung, B., Kim, J. H., Prasad, S., Li, S., & Aggarwal, B. B(2013). Multitargeting by turmeric, the golden spice: From kitchen to clinic. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(9), 1510–1528. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100741>
- Gülen Akgün, H(2016). *Kurkumin-oksim bileşiğinin sentezi, karakterizasyonu ve antioksidan özelliklerinin değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul).
- Güngörmez, Y(2019). *Muaythai sporcularının antioksidan sistem mekanizmaları ve enzim düzeylerinin (Cat, GSH, MDA) incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Gürbüz, M., & Çelik, M. N(2019). Mineraller ve Diabetes Mellitus. *Türkiye Klinikleri Journal of Internal Medicine*, 4(2), 71-83.
- Hajleh, M. N. A., & Al-Dujaili, E. A. S(2022). Effects of Turmeric Concentrate on Cardiovascular Risk Factors and Exercise-Induced Oxidative Stress in Healthy Volunteers; an Exploratory Study. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 13(3), 601.
- Harrison, E. H(2012). Mechanisms involved in the intestinal absorption of dietary vitamin A and provitamin A carotenoids. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1821(1), 70-77.
- Hasan, A. A., Tatarskiy, V., & Kalinina, E(2022). Synthetic pathways and the therapeutic potential of quercetin and kurkumim. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(22), 14413. <https://doi.org/10.3390/ijms232214413>

- He, Y., Yue, Y., Zheng, X., Zhang, K., Chen, S., & Du, Z(2015). Kurkumim, inflammation, and chronic diseases: How are they linked? *Molecules*, 20(5), 9183-9213. <https://doi.org/10.3390/molecules20059183>
- Hewlings, S. J., & Kalman, D. S(2017). Kurkumim: A review of its effects on human health. *Foods*, 6(10), 92. <https://doi.org/10.3390/foods6100092>
- Holmes, R. S., & Masters, C. J(1972). Species specific feature of the distribution and multiplicity of mammalian liver catalases. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 148, 217-233. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(72\)90206-9](https://doi.org/10.1016/0003-9861(72)90206-9)
- Huang, C. H., & Huang, S. L(2004). Effect of dietary vitamin E on growth, tissue lipid peroxidation, and liver glutathione level of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*, fed oxidized oil. *Aquaculture*, 237(1-4), 381-389.
- Jayaprakasha, G. K., Rao, L. J. M., & Sakariah, K. K(2005). Chemistry and biological activities of *C. longa*. *Trends in Food Science & Technology*, 16(12), 533-548.
- Jenkinson, S. G., Lawrence, R. A., & Tucker, W. Y(1984). Glutathione peroxidase, superoxide dismutase, and glutathione S-transferase activities in human lung. *American Review of Respiratory Disease*, 130(2), 302-304. <https://doi.org/10.1164/arrd.1984.130.2.302>
- Jonathan, M., & Euan, A(1997). A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest*, 111(3), 787-795.
- Jurenka, J. S(2009). Anti-inflammatory properties of kurkumim, a major constituent of *Curcuma longa*: A review of preclinical and clinical research. *Alternative Medicine Review*, 14(2).
- Kalkan, İ(2018). Zerdeçal (Hint safranı) ve sağlık. In M. Tayfur (Ed.), *Beslenme ve diyetetik güncel konular-5* (1st ed., pp. 193-204). Ankara: Alp Ofset Matbaacılık Ltd. Şti.
- Karaca, S. N(2023). Selenyum. *Türkiye Klinikleri Family Medicine-Special Topics*, 14(6), 37-48.
- Karahan, M., & Erol, B(2004). Çocukluk ve ergenlik döneminde kas ve tendon yaralanmaları. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 38(1), 37-46. <https://doi.org/10.3944/AOTT.2004.37>
- Karasar, N(2016). *Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, teknikler, ilkeler*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Karre, L., Lopez, K., & Getty, K. J(2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science*, 94(2), 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.01.024>
- Kayser, B(1994). Nutrition and energetics of exercise at altitude: Theory and possible practical implications. *Sports Medicine*, 17, 309-323.

- Kılıç, S(2013). Örnekleme yöntemleri. *Journal of Mood Disorders*, 3(1), 12. <https://doi.org/10.5455/jmood.20130129090925>
- Kidd, P. M(1997). Glutathione: Systemic protectant against oxidative and free radical damage. *Alternative Medicine Reviews*, 2, 155-176..
- Koca, H. B(2007). *Koroner arter hastalarında lipit ve protein oksidasyonu ile selenyum içeren antioksidanların düzeyi* (Yüksek Lisans Tezi). Kocatepe Üniversitesi.
- Kolimechkov, S., Douglas, D., Izov, N., Alexandrova, A., & Petrov, L(2022). The effect of turmeric and its compound kurkumim on muscle recovery in athletes: A mini review. *Kinesiologia Slovenica*, 28(1), 83–95.
- Kunwar, A., & Priyadarsini, K. I(2011). Free radicals, oxidative stress and importance of antioxidants in human health. *Journal of Medical & Allied Sciences*, 1(2), 53. <https://doi.org/10.5455/jmas.20110823030028>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., & Jimenez, L(2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 727-747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Miller, N. J., & Paganga, G(1996). Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*, 20, 933-956
- Moslen, M. T(1994). Reactive oxygen species in normal physiology, cell injury and phagocytosis. In *Free radicals in diagnostic medicine: A systems approach to laboratory technology, clinical correlations, and antioxidant therapy* (pp. 17-27).
- Myburgh, K. H(2014). Polyphenol supplementation: Benefits for exercise performance or oxidative stress? *Sports Medicine*, 44, 57-70. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0100-x>
- Mydlik, M., Derzsiova, K., Racz, O., Sipulova, A., Lovasova, E., Molcanyiova, A., & Petrovicova, J(2004). Vitamin E-coated dialyzer and antioxidant defense parameters: Three-month study. *Seminars in Nephrology*, 24(5), 525-531.
- Nagle, F. J(1973). Physiological assessment of maximal performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 1(1), 313-338. <https://doi.org/10.1249/00003677-197300010-00009>
- Nair, A. B., & Jacob, S(2016). A simple practice guide for dose conversion between animals and humans. *Journal of Basic and Clinical Pharmacy*, 7(2), 27-31. <https://doi.org/10.4103/0976-0105.177703>
- Nakaç, A(2010). *Futbolcularda E vitamini kullanımının oksidan ve antioksidan kapasite üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

- Nandi, A., Yan, L. J., Jana, C. K., & Das, N(2019). Role of catalase in oxidative stress and age-associated degenerative diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9613095>.
- Nandi, A., Yan, L.-J., Jana, C. K., Das, N., & Longevity, C(Year). Role of catalase in oxidative stress- and age-associated degenerative diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*.
- Naziroğlu, M., & Günay, C(1999). The levels of some antioxidant vitamins, glutathione peroxidase, and lipoperoxidase during the anaesthesia of dogs. *Cell Biochemistry and Function*, 17, 207-212. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0846\(199907\)17:4<207::AID-CBF715>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0846(199907)17:4<207::AID-CBF715>3.0.CO;2-C)
- Nottin, S., Doucende, G., Schuster, I., Tanguy, S., Dauzat, M., & Obert, P(2009). Alteration in left ventricular strains and torsional mechanics after ultralong duration exercise in athletes. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, 2(4), 323-330. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.109.849277>
- Öğüt, S(2014). Doğal Antioksidanların Önemi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 25-30.
- Özata, M(2022). *Magnezyumun iyileştirici gücü*. Efe Akademi Yayınları.
- Özkan, M(2023). *Parkinson hastalarında MDA, TOS, TAS, İMA belirteçlerinin tespiti ve oksidatif stres durumu* (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi.
- Percival, M(1997). Bağ dokusu onarımı ve yara iyileşmesi için beslenme desteği. *Klinik Beslenme İçgörülleri*, 6(98), 1-4.
- Pesic, S., Jakovljevic, V., Djordjevic, D., et al. (2009). Exercise-induced changes in redox status of elite karate athletes. *Chinese Journal of Physiology*, 55, 8–15.
- Pokorný, J(2007). Are natural antioxidants better—and safer—than synthetic antioxidants? *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(6), 629-642. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700072>.
- Reddy, A. C. P., & Lokesh, B. R(1994). Effect of dietary turmeric (*Curcuma longa*) on iron-induced lipid peroxidation in the rat liver. *Food and Chemical Toxicology*, 32(3), 279-283. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(94\)90154-1](https://doi.org/10.1016/0278-6915(94)90154-1)
- Rodrigues, H. C. N., Martins, T. F. P., Braga, C. C., Silva, M. A. C., da Cunha, L. C., de Araújo Sugizaki, C. S., & Peixoto, M. D. R. G. (2021). Antioxidant and anti-inflammatory response to curcumin supplementation in hemodialysis patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Clinical Nutrition ESPEN*, 44, 136–142. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.04.018>
- Roohi, B. N., Moradlou, A. N., & Bolboli, L(2017). Influence of kurkumim supplementation on exercise-induced oxidative stress. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(1), e41397. <https://doi.org/10.5812/asjasm.41397>

- Ruerngsa, Y., Charuad, K. K., & Cartmell, J(2008). *Muaythai: The art of fighting*. [E-book], 1-277.
- Salehi, M., Mashhadi, N. S., Esfahani, P. S., Feizi, A., Hadi, A., & Askari, G(2021). The effects of kurkumim supplementation on muscle damage, oxidative stress, and inflammatory markers in healthy females with moderate physical activity: A randomized, double-blind, placebo-kontrolled clinical trial. *International Journal of Preventive Medicine*, 12, 79. https://doi.org/10.4103/ijpm.IJPM_327_20
- Saraf-Bank, S., Ahmadi, A., Paknahad, Z., Maracy, M., & Nourian, M. (2019). Effects of curcumin supplementation on markers of inflammation and oxidative stress among healthy overweight and obese girl adolescents: A randomized placebo-kontrolled clinical trial. *Phytotherapy Research*, 33(8), 2015-2022.
- Saruhan, Ş. C., & Özdemirci, A(2016). *Bilim, felsefe ve metodoloji*. İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım.
- Scott, C(2005). Misconceptions about aerobic and anaerobic energy expenditure. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2(2), 32-35. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-2-2-32>
- Selvi, İ(2009). *Farklı branşlarda bulunan sporcularda ve sedanterlerde kas kuvvetinin esneklik ile ilişkisi* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Sen, S., & Chakraborty, R(2011). The role of antioxidants in human health. *American Chemical Society, Oxidative Stress: Diagnostics, Prevention and Therapy*, 1-37.
- Sen, S., Chakraborty, R., Sridhar, C., Reddy, Y. S. R., & De, B(2010). Free radicals, antioxidants, diseases and phytomedicines: Current status and future prospect. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(1), 91-100.
- Senturk, U. K., Gunduz, F., Kuru, O., Kocer, G., Ozkaya, Y. G., Yesilkaya, A., ... & Baskurt, O. K(2005). Exercise-induced oxidative stress leads hemolysis in sedentary but not trained humans. *Journal of Applied Physiology*, 99(4), 1434-1441. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00194.2005>
- Sharma, R. A., Gescher, A. J., & Steward, W. P(2005). Kurkumim: The story so far. *European Journal of Cancer*, 41(13), 1955-1968.
- Shin, J. W., Seol, I. C., & Son, C. G(2010). Interpretation of animal dose and human equivalent dose for drug development. *The Journal of Korean Medicine*, 31(3), 1-7.
- Sikora, E., Cieslik, E., & Topolska, K(2008). The sources of natural antioxidants. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 7(1), 5-17.

- Singh, B. K., Sharma, S. R., & Singh, B(2009). Combining ability for superoxide dismutase, peroxidase, and catalase enzymes in cabbage head (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Scientia Horticulturae*, 122(2), 195-199. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.04.022>
- Soleimani, V., Sahebkar, A., & Hosseinzadeh, H. (2018). Turmeric (*Curcuma longa*) and its major constituent (curcumin) as nontoxic and safe substances. *Phytotherapy Research*, 32(6), 985-995.
- Stanković, M., & Radovanović, D(2012). Oxidative stress and physical activity. *SportLogia*, 8(1), 1-11.
- Suhett, L. G., de Miranda Monteiro Santos, R., Silveira, B. K. S., Leal, A. C. G., de Brito, A. D. M., de Novaes, J. F., & Lucia, C. M. D(2021). Effects of kurkumim supplementation on sport and physical exercise: A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(6), 946-958. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1757530>
- Suhongsa, C(1999). *Muaythai*. Manchester: IAMTF.
- Surh, Y. J(2003). Cancer chemoprevention with dietary phytochemicals. *Nature Reviews Cancer*, 3(10), 768-780. <https://doi.org/10.1038/nrc1180>
- Şentürk, A., & Atalay, K(2018). *Muaythai temel teknikler-kondisyon beslenme*. Ankara: Yayıncı..
- Takahashi, M., Suzuki, K., Kim, H. K., Otsuka, Y., Imaizumi, A., Miyashita, M., & Sakamoto, S(2014). Effects of kurkumim supplementation on exercise-induced oxidative stress in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 469–475. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1357185>
- Taub, I. A(1984). Free radical reactions in food.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M(2016). Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(3), 543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>
- Trofin, A. E., Trincă, L. C., Ungureanu, E., & Arion, A. M(2019). CUPRAC voltammetric determination of antioxidant capacity in tea samples by using screen-printed microelectrodes. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2019, Article 8012758. <https://doi.org/10.1155/2019/8012758>
- Turna, G., Kılıç, N., & Sarı, Z. Y. S(2011). Ehrlich asit solid tümör modeli oluşturulmuş farelerde *Thymus sipyleus* ve taurinin karaciğer MDA, GSH, AOPP düzeylerine ve SOD aktivitesine etkileri. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 31(5), 1153–1159.
- Ulupınar, S., Özbay, S., Gençoğlu, C., Franchini, E., Kışalı, N. F., & İnce, İ(2021). Effects of sprint distance and repetition number on energy system contributions in soccer players. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 19(3), 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2021.03.003>
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., & Telser, J(2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human

- disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44–84. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001>
- Veere Van Der, A(2013). *Muaythai*. Meyer & Meyer Sport.
- Wang, S., Wang, X., Ye, Z., Xu, C., Zhang, M., Ruan, B., Wei, M., Jiang, Y., Zhang, Y., Wang, L., Lei, X., & Lu, Z(2015). Kurkumim promotes browning of white adipose tissue in a norepinephrine-dependent way. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 466(2), 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.09.018>
- Wollgast, J., & Anklaam, E(2000). Polyphenols in chocolate: Is there a contribution to human health? *Food Research International*, 33(6), 449–459. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00068-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00068-7)
- Yerer, M. B., & Aydoğan, S(2000). Oksidatif stres ve antioksidanlar. *Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(1), 49–53.
- Yıldız, S. A(2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir. *Solunum Dergisi*, 14(1), 1–8.
- Yılmaz, T(2016). Tükenme egzersizi yaptırılan ratlara uygulanan kurkumin takviyesinin antioksidan parametreler ve laktat düzeylerine etkisi [Doctoral dissertation, Dumlupınar Üniversitesi].
- Young, I. S., & Woodside, J. V(2001). Antioxidants in health and disease. *Journal of Clinical Pathology*, 54(3), 176–186. <https://doi.org/10.1136/jcp.54.3.176>
- Zadak, Z., Hyspler, R., Ticha, A., Hronek, M., Fikrová, P., Rathouská, J., & Stetina, R(2009). Antioxidants and vitamins in clinical conditions. *Physiological Research*, 58(Suppl 1), S13–S17.
- Zanella, A. M., Nakazone, M. A., Pinhel, M. A. S., & Souza, D. R. S(2011). Lipid profile, apolipoprotein AI, and oxidative stress in professional soccer players, sedentary individuals, and their relatives. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, 55(2), 121–126.

EKLER

1.1 Etik Kurul Kararı



T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı

Sayı : B.30.2.YYU.0.01.00.00/ 59

Tarih: 27/06/2024

Konu :Etik Kurul Kararı

Sn. Dr.Öğrt.Üyesi Halil İbrahim AKBAY

“Zerdeçal Ekstrakti Kullanan Muay Thai Sporcularında Oksidatif Stres Düzeyi ve Bazı Antioksidan Aktivitelerinin belirlenmesi” isimli çalışmanıza ait etik kurul kararı ekte sunulmuştur. Söz konusu çalışmanıza ait sonuç raporunun çalışmanızın bitiş tarihinden itibaren en geç 15 (onbeş) gün içerisinde sonuç rapor örneğinin düzenlenerek Kurulumuza teslim edilmesi gerekmektedir.

Gereğini bilgilerinize rica ederim.

Prof.Dr. Oğuz TUNCER
Klinik Araştırmalar
Etik Kurul Başkanı

EKİ:
Karar Yazısı (1Adet)

Adres: 65080 Zeve Kampüsü - VAN Tel : (0432) 2150470 E-Posta: etikkurull@gmail.com
Fax : (0432) 2168352 Web: http://www.yyu.edu.tr

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sinan AĞLAR
Doğum Yeri ve Tarihi	
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	Yakın Doğu Üniversitesi (2005-2009)
Yüksek Lisans Öğrenimi	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce
Bilimsel Faaliyetler	3. Uluslararası Veteriner Biyokimya ve Klinik Biyokimya Kongresi, 22. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi'
İş Deneyimi	
Stajlar	Milli Eğitim Bakanlığı
Projeler	Spor ile iyi bir gelecek maddeye hayır proje başkanı
Çalıştığı Kurumlar	Gençlik Spor Bakanlığı, Milli Eğitim Bakanlığı
İletişim	
E-posta Adresi	
Mezuniyet Tarihi	
26.04.2019	