

T.C.

İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI

BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

**+4 °C DE MUHAFAZA EDİLEN VE TİAMİN (Vitamin B₁)
YÜKLÜ NANOLİFLERLE KAPLANAN KIRMIZI ET VE
SOMON ETLERİNİN TİAMİN DÜZEYLERİNİN VE
BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN TESPİT EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melika SAR

**İstanbul
Ocak – 2022**

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

**+4 °C DE MUHAFAZA EDİLEN VE TİAMİN (Vitamin B₁)
YÜKLÜ NANOLİFLERLE KAPLANAN KIRMIZI ET VE
SOMON ETLERİNİN TİAMİN DÜZEYLERİNİN VE
BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN TESPİT EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melika SAR

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Zafer CEYLAN

Eş Danışman

Doç. Dr. Mustafa YAMAN

İstanbul

Ocak – 2022

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

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

Danışman Doç. Dr. Zafer CEYLAN

Üye Doç. Dr. Mustafa YAMAN

Üye Doç. Dr. Jale ÇATAK

Üye Dr. Öğr. Üyesi Serap ANDAÇ ÖZTÜRK

Üye Dr. Öğr. Üyesi Burcu ATEŞ ÖZCAN

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Prof. Dr. Metin TOPRAK

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “+4 °C de Muhafaza Edilen ve Tiamin (Vitamin B₁) Yüklü Nanoliflerle Kaplanan Kırmızı Et ve Somon Etlerinin Tiamin Düzeylerinin ve Biyoerişilebilirliğinin Tespit Edilmesi” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Melika SAR

ÖN SÖZ

Araştırmamdaki her aşamada bana yardımcı olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Zafer CEYLAN'a, lisans ve lisansüstü eğitim sürecimde gerek dersleriyle gerekse yaptığı çalışmalarla bize vizyon katan ve tezimde ikinci danışmanım olan çok değerli hocam Doç. Dr. Mustafa YAMAN başta olmak üzere tüm öğretmenlerime, gerçekleştirilen tezin tüm aşamalarında yardımını esirgemeyen Araştırmacı Ömer Faruk MIZRAK'a, tezimin farklı aşamalarında bilgi sahibi olmamıza yardımcı olan Öğretim Görevlisi Turgay ÇETİNKAYA'ya, Gıda Yüksek Mühendisi Nazan KUTLU'ya ve Doç. Dr. Raciye MERAL'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Sadece tez aşaması değil, birçok okul ve özel hayat sürecimde yanımda olup destek olan sevgili arkadaşlarım Merve GÜVEN başta olmak üzere tüm dostlarıma, beni yetiştirerek bugünlere gelmemde en büyük payı olan en değerlilerim annem Şenay SAR, babam Türkmen SAR ve kardeşim Oğuzhan SAR'a, en son olarak da her zaman ve her konuda yanımda olup beni cesaretlendiren ve sevgisini benimle paylaşan Muhammed PALAZLI'ya sonsuz minnetlerimi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Melika SAR
İstanbul – 2022

ÖZET

**+4 °C DE MUHAFAZA EDİLEN VE TİAMİN (Vitamin B₁)
YÜKLÜ NANOLİFLERLE KAPLANAN KIRMIZI ET VE
SOMON ETLERİNİN TİAMİN DÜZEYLERİNİN VE
BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN TESPİT EDİLMESİ**

Melika SAR

Yüksek Lisans, Beslenme ve Diyetetik

Tez danışmanı: Doç. Dr. Zafer CEYLAN

Ocak, 2022 - 107 Sayfa

Birey, gereksinim duyduğu besin öğelerini, tüm besin gruplarının yeterli ve dengeli bir şekilde tüketimi ile karşılamalıdır. Bu besin gruplarından et ve ürünleri; omega-3, çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral ve aminoasit çeşitliliği açısından önemli bir besin grubu olarak kabul edilmektedir. Et grubunun tüketimi, bireyin yaşamsal fonksiyonlarının gelişimi açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak besinlerin hazırlanması, pişirilmesi, depolanması ve işlenmesi sırasında besin içeriği etkilenerek makro ve mikro besin öğelerinde kayıplar yaşanmaktadır. Bu çalışmanın amacı da +4 °C’de farklı sürelerle muhafaza edilen ve tiamin yüklü nanoliflerle kaplanan kırmızı et ve somon eti örneklerinin tiamin düzeylerinin ve biyoerişilebilirliğinin tespit edilmesidir.

İstanbul’da bulunan uluslararası bir marketten temin edilen gıda örnekleri (kırmızı et ve somon eti) kontrol (lifsiz) ve nanolif ile kaplanmış grup olarak iki ayrılmıştır. Tüm gruplar (kontrol ve nanolifli); 0 gün (5 saat), 1 gün ve 3 gün +4 °C’de bekletilmiştir. Soğuk depolama işleminin ardından çiğ, pişmiş ve *in-vitro* sindirim prosesine tabii tutulup biyoerişilebilirlik hesaplanması yapılan sindirim grubu için HPLC ile tiamin (vitamin B₁) içerikleri saptanmıştır. Kontrol ve nanolif ile kaplanmış kırmızı et ve somon eti grupları içinde işlem basamakları paralel ilerletilerek sonuç değerlendirilmeleri gerçekleştirilmiştir. Tüm çalışmanın sonuçları Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanması ile istatistiksel olarak p<0,05 önem derecesine göre değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; tiamin yüklü nanoliflerin gıda örneklerine nüfus ettiği, tiamin stabilitesini ve tiamin biyoerişilebilirliğini arttırdığı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tiamin, Biyoerişilebilirlik, Elektrodöndürme, Nanolif, Protein



ABSTRACT

DETERMINATION OF THIAMINE (Vitamin B₁) LEVELS AND BIOACCESSIBILITY OF RED MEAT AND SALMON MEAT STORED AT +4°C AND COATED WITH NANOFIBERS LOADED WITH THIAMINE

Melika SAR

MSc, Nutrition and Dietetics

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Zafer CEYLAN

January, 2022 - 107 Pages

Humans meet the nutritional elements they need with an adequate and balanced consumption of all food groups. Meat group, one of these food groups, is considered an important nutritional source as it provides omega-3, polyunsaturated fatty acids, vitamins, minerals and amino acid diversity. It plays a major role in the consumption of the meat group in terms of providing the development of the individual's vital functions and can meet the protein requirement in nutritional diseases. However, the nutrient content is affected during food preparation, cooking, storage, and processing, and the losses contain both macronutrients and micronutrients.

This study aims to determine the thiamine levels and bioaccessibility of red meat and salmon meat samples stored at +4 °C for different periods and coated with thiamine-loaded nanofibers.

Food samples (red meat and salmon) obtained from an international market in Istanbul were divided into control (fibre-free) and nanofiber coated groups. All groups (control and nanofiber); It was kept at +4 °C for 0 days (5 hours), 1 day and 3 days. After the cold storage process, thiamine (vitamin B₁) analysis was performed by HPLC for the digestion group, subjected to raw, cooked, and in-vitro digestion processes. The bioaccessibility calculations were made so that thiamine contents were determined. In the control and nanofiber coated red meat and salmon meat groups, the process steps were progressed in parallel, and the results were evaluated. The results of the whole study were statistically assessed according to the $p < 0.05$ significance level by applying the Tukey multiple comparison test.

As a result; It has been revealed that the study was successful by obtaining statistically significant results that thiamine-loaded nanofibers penetrate food samples increase thiamine stability and thiamine bioaccessibility.

Keywords: Thiamine, Bioaccessibility, Electrospinning, Nanofiber, Protein



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	ii
ÖN SÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
BİRİNCİ BÖLÜM	
GİRİŞ	1
İKİNCİ BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Nanoteknoloji.....	4
2.1.1. Nano Kavramı ve Nanoteknolojinin Tarihi	4
2.1.2. Nanoteknolojinin Genel Kullanım Alanları.....	4
2.1.2.1. Nanoteknolojinin Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları.....	5
2.1.3. Nanolif	8
2.1.4. Nanolif Üretim Yöntemleri.....	9
2.1.4.1. Çekmek Yöntemi (Drawing).....	9
2.1.4.2. Faz Ayrımı	9
2.1.4.3. Elektrodöndürme Yöntemi.....	10
2.1.5. Elektrodöndürme ile Nanolif Üretiminde Majör Parametreler.....	12

2.1.5.1. Moleküler Ağırlık	14
2.1.5.2. Akış Hızı	14
2.1.5.3. Toplayıcı ve İğne Ucu Arasındaki Mesafe	14
2.1.5.4. Voltaj.....	15
2.2. Beslenmede Et Grubunun Önemi.....	15
2.2.1. Kırmızı Et	16
2.2.2. Balık Eti	33
2.3. Tiamin (Vitamin B ₁)	46
2.3.1. Genel Özellikleri ve Kimyasal Yapısı	46
2.3.2. Vücutta Kullanımı ve İşlevleri.....	47
2.3.3. Günlük Gereksinimi ve Kaynakları	48
2.3.4. Yetersizliği ve Toksik Etkisi	49
2.4. Biyoyararlılık ve Biyoerişilebilirlik	50

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT	51
3.1. Materyal	51
3.2. Nanolif Üretimi	51
3.2.1. Elektrodöndürme Solüsyonunun Hazırlanması	51
3.2.2. Elektrodöndürme Prosesi.....	51
3.2.3. Nanoliflerin Morfolojik Karakterizasyonu: SEM Analizi	52
3.3. Gıda Örneklerinin: Kaplanması ve Analiz Sürecine Hazır Hale Getirilmesi ...	52
3.4. Biyoerişilebilirlik Analizi.....	56
3.4.1. <i>İn-vitro</i> Sindirim Metodu.....	56
3.4.1.1. Sindirim Solüsyonlarının Hazırlanması	56
3.4.1.2. <i>İn-vitro</i> Sindirim Metodunun Uygulanması	57
3.4.2. HPLC Yöntemi ile Vitamin B ₁ (Tiamin) Tayini	58

3.4.2.1. Çözeltilerin Hazırlanması	58
3.4.2.2. Örneklerin Hazırlanması	59
3.4.2.3. HPLC Koşulları	60
3.4.3. Biyoerişilebilirlik Hesaplanması	61
3.5. İstatistiksel Analiz	61

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI	63
4.1. Elektrodöndürme Yönteminin Optimizasyonu	63
4.2. Nanoliflerin Morfolojik Analizi: SEM Görüntüsü.....	63
4.3. HPLC Metoduyla Vitamin B ₁ (Tiamin) Miktarı Analizi	64
4.3.1. Kırmızı Et Bulguları	65
4.3.1.1. Kırmızı Et Biyoerişilebilirlik Bulguları	70
4.3.2. Somon Eti Bulguları	71
4.3.2.1. Somon Eti Biyoerişilebilirlik Bulguları	76

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ	78
KAYNAKÇA	82
ÖZ GEÇMİŞ	91

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Nanoteknolojinin Gıda Alanında Uygulamaları.....	6
Tablo 2.2: Elektrodöndürme Parametrelerinin Nanolif Üzerine Etkileri.....	13
Tablo 2.3: Çeşitli Kırmızı Et Ürünlerinin Besin Değerleri	18
Tablo 2.4: Çeşitli Balık Ürünlerinin Besin Değerleri	34
Tablo 2.5: Tiamin İçin Önerilen Alım Düzeyleri	49
Tablo 3.1: Gıda Örneklerinin Kodlamalarının Açılımı.....	56
Tablo 3.2: HPLC Koşulları	60
Tablo 4.1: Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarları	66
Tablo 4.2: Kırmızı Et Örneklerinin Biyoerişilebilirlik Değerleri	70
Tablo 4.3: Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarları	72
Tablo 4.4: Somon Fileto Örneklerinin Biyoerişilebilirlik Değerleri.....	76

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Gıda Bilimi ve Teknolojisinde Nanoteknolojinin Uygulama Matrisi	8
Şekil 2.2: Elektrodöndürme Yönteminin Modellemesi	11
Şekil 2.3: Tiamin'in Kimyasal Yapısı	46
Şekil 2.4: Tiamin Pirofosfatın Metabolizmadaki Etkinliği	47
Şekil 3.1: Elektrodöndürme Prosesinin Şeması	52
Şekil 3.2: Gıda Örneklerinin Tartım ve Kaplama Aşaması	53
Şekil 3.3: Gıda Örneklerinin Gruplandırılması	55
Şekil 3.4: Tartılan Örneklerin Kuru Isıda Pişirilme Aşaması	57
Şekil 3.5: Gerçekleştirilen Çalışmanın Uygulama Basamaklarının Şeması	62
Şekil 4.1: Tiamin Yüklü Nanoliflerin SEM Görüntüsü	63
Şekil 4.2: Tiamin Standardının HPLC Kromatogramı	64
Şekil 4.3: Gıda Örneğindeki Tiamin Miktarının HPLC Kromatogramı	64
Şekil 4.4: Çiğ Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarı	67
Şekil 4.5: Pişmiş Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarı	67
Şekil 4.6: Sindirim Grubu Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarı	68
Şekil 4.7: 0 gün (5 saat) Bekletilen Kırmızı Et Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi	68
Şekil 4.8: 1 Gün Bekletilen Kırmızı Et Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi	69
Şekil 4.9: 3 Gün Bekletilen Kırmızı Et Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi	69
Şekil 4.10: Kırmızı Et Örneklerinin Biyoerişilebilirliği	71
Şekil 4.11: Çiğ Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarı	73
Şekil 4.12: Pişmiş Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarı	73
Şekil 4.13: Sindirim Grubu Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarı	74
Şekil 4.14: 0 gün (5 saat) Bekletilen Somon Fileto Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi	74
Şekil 4.15: 1 Gün Bekletilen Somon Fileto Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi	75
Şekil 4.16: 3 Gün Bekletilen Somon Fileto Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi	75
Şekil 4.17: Somon Fileto Örneklerinin Biyoerişilebilirliği	77

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Ca	: Kalsiyum
CHO	: Karbonhidrat
DHA	: Dokosaheksaenoik Asit
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DPA	: Dokosapentaenoik Asit
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
Fe	: Demir
HDL	: High Density Lipoprotein (Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein)
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
I	: İyot
K	: Potasyum
KKÇ	: Kırmızı Et, Kontrol, Çiğ
KKP	: Kırmızı Et, Kontrol, Pişmiş
KKS	: Kırmızı Et, Kontrol, Sindirim
KLÇ	: Kırmızı Et, Lifli, Çiğ
KLP	: Kırmızı Et, Lifli, Pişmiş
KLS	: Kırmızı Et, Lifli, Sindirim
Mg	: Magnezyum
MTE	: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü

Na	: Sodyum
NE	: Niasin Eşdeğeri
P	: Fosfor
pH	: Power of Hydrogen
RE	: Retinol Eşdeğeri
Se	: Selenyum
sf	: Sayfa
SKÇ	: Somon Eti, Kontrol, Çiğ
SKP	: Somon Eti, Kontrol, Pişmiş
SKS	: Somon Eti, Kontrol, Sindirim
SLÇ	: Somon Eti, Lifli, Çiğ
SLP	: Somon Eti, Lifli, Pişmiş
SLS	: Somon Eti, Lifli, Sindirim
TDP	: Tiamin Difosfat
TEPGE	: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
TMP	: Tiamin Monofosfat
TPP	: Tiamin Pirofosfat
TTP	: Tiamin Trifosfat
TÜBER	: Türkiye Beslenme Rehberi
vd	: ve diğerleri
Zn	: Çinko

SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
±	: Yaklaşık Değer
≥	: Büyük, Eşittir
↑	: Artar
↓	:Azalır
°C	: Santigrat Derece
µg	: Mikrogram
µm	: Mikrometre
C	: Karbon
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
g	: Gram
IU	: International Unit
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kJ	: Kilojoul
kV	: Kilovolt
L	: Litre
M	: Molarite
m	: Metre
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mV	: Milivolt

N	: Normalite
nm	: Mikrometre
rpm	: Revolutions Per Minute (Dakikadaki Devir Sayısı)
sa	: Saat
sn	: Saniye
α	: Alfa
ω	: Omega



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Beslenme, insanlık için hayati bir konudur. Büyümenin, sağlığın ve işlevselliğin anahtarı olan beslenme için Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) “kritik bir parça” tabirini kullanmaktadır. Sağlıklı besleme; insan yaşamını ve sağlığını sürdürmek için gıdalardaki gerekli olan temel besin öğelerinin yeterli ve dengeli bir şekilde alımı ile ilgilenmektedir (WHO, 2018; Mohanty vd., 2019; Anitha, Govindaraj ve Kane-Potaka, 2020). Yeterli ve dengeli beslenme; bedenimizin büyümesi, yenilenmesi ve işlevini göstermesi için gerekli olan besin öğelerinin yeteri kadarının alınmasını ve gerektiği şekilde kullanılmasını kapsamaktadır (Ünal, 2019). Yaşam standartların yükselişte olduğu bu yeni dönemde, besinlerin hastalıklarla olan ilişkilerinin ortaya çıkması ile bireylerin besin tercihlerinde ve beslenme alışkanlıklarında farklılaşmalara sebebiyet vermiştir. Bu nedenle bireylerin, tüketecekleri besinlerin enerji ve besin öğeleri gereksinimlerinin tamamlanmasından ziyade “besinlerin sağlığımız için faydaları” konusu daha çok önem kazanmaya başlanmıştır (Özkaya, 2021).

Makro besinlerden biri olan proteinler yaşamsal faaliyetlerimiz için hayatımızda önemli rol oynamaktadır. İnsan vücudunun %16'sı proteindir ve depolanma miktarı çok sınırlıdır. Özellikle hayati metabolik faaliyetlerde ve vücutta yapısal bir unsur olarak görev almaktadır. Bitkisel veya hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinler günlük enerji ihtiyacımızın %10-20'sini oluşturmaktadır. Kaliteli protein kaynağı olan hayvansal kaynaklar, elzem aminoasit içeriklerinden kaynaklı biyoyararlılıkları yüksektir (TÜBER, 2015). Protein gereksinimlerini karşılayacak doğru ürün kombinasyonunu seçmek çok önemlidir (Anitha, Govindaraj ve Kane-Potaka, 2020). DSÖ verilerine bakıldığında, sağlıklı bir birey için günlük protein gereksiniminin 1 g/kg olması ve bu gereksinimin de %42'sinin hayvansal kaynaklı olması gerektiği belirtilmiştir (Saygın ve Demirbaş, 2018). Farklı bir kaynakta ise bu oran, tüketilmesi gereken protein miktarının 2/3'sini veya minimum 1/2'sini hayvansal kaynaklı proteinden oluşması gerektiğini belirtmektedir (Ekinci, 2018).

Etlerde bulunan proteinlerin yanı sıra; esansiyel amino asitler, mineraller (demir, fosfor, bakır, vd.), vitaminler (tiamin, riboflavin, niasin, vd.) ve diğer mikro besinlerin en zengin kaynağı olduğu için insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır

(Hassannejad vd., 2021; Ekinciler ve Yücecan, 1973). Temel besin kaynağı olarak kabul edilen kırmızı etin içeriğinde önemli ölçüde; demir, çinko ve B₁₂ vitaminini içermektedir (Karacan, 2017). Kırmızı ete ek olarak balık eti, hastalıkları önleyici etki gösteren eikosapentaenoik asit (EPA), dokosapentaenoik asit (DPA), dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerine sahip olmasının yanında (Çetinkaya vd., 2021; Stark vd., 2016), suda çözünebilen vitaminleri; B₆ (Piridoksal, Piridoksamin ve Piridoksin), Tiamin (B₁), Riboflavin (B₂) ve Niasin (B₃)'i barındırmaktadır (Çatak, Çaman ve Ceylan, 2020; Ceylan vd., 2018; Boyacı vd., 2012). Balık ve deniz ürünleri kırmızı ete kıyasla daha az doymuş yağ içermektedir. Bu farklılık sağlık açısından değerlendirildiğinde, doymuş yağ alımını sınırlandırmak isteyen bireyler için, besin içeriklerinde farklılıklar olsa da besin çeşitliliği sağlamaktadır (Bohrer, 2017).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde kişi başı yıllık kırmızı et tüketimi 80,7 kg iken Türkiye'de bu durum 18,6 kg olarak bildirilmiştir. Veriler böyle iken, sağlıklı bir beslenme modelinde hayvansal kaynaklı proteinin önemli bir rol oynaması kırmızı et, tavuk eti ve balık etine olan önemi daha da arttırmaktadır (Doğan, 2019).

Besinlerin hazırlanması, pişirilmesi, depolanması ve gıdaların işlenmesi sırasında ortamın pH'sının, oksijenin, ısı ve ışığın değişim göstermesinden makro ve mikro besin öğeleri etkilenerek kayba uğramaktadır. Yaşanan kayıpların gerçekleşmesi ile besinden alınacak olan verimin ve biyoyararlanımı etkilenmektedir (Sürücüoğlu ve Balgamış, 1987; Yaman, 2019). Gıdanın biyolojik olarak erişilebilirliği, bir hücre kültürü laboratuvarı kurulması durumunda Caco-2 hücreleri kullanılarak mide ve ince bağırsak koşullarını simüle eden *in-vitro* sindirim yöntemleri ile belirlenebilmektedir. B₁ vitamininin işlemlerden geçirildikten sonra kayıpların olması nedeniyle çoğu ülkede gıdalarda tiamin zenginleştirilmesi gerçekleştirilmektedir. (Courraud vd., 2013; Yaman vd., 2021; Ball, 2005).

Günümüzde raf ömrünü uzatmak ve gıda güvenliğini sağlamak için ışınlamadan gıda katkı maddesine kadar çeşitli gıda işleme teknikleri kullanılmaktadır. Gıda bilimi ve endüstrisinde, son zamanlarda nanoteknoloji gibi yeni yöntemler büyük ilgi görmektedir. Bu bağlamda nanopartiküller, nanoemülsiyonlar, nanolifler ve kekik, kurkumin gibi biyoaktif materyallerin nanoenkapsülasyonuna dayalı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Yaman, Sar & Ceylan, 2022; Meral vd., 2019; Ceylan vd., 2020). Ceylan vd. (2020)'nin yaptığı çalışmada, nanoenkapsülasyon ile kapsüllenen

kurkumin ve biberiye yağının balık filetolarındaki bozulmalarının önlenmesinde olumlu etki gösterdiği bildirilmiştir.

Nanoteknoloji kullanılarak üretilen bir ürün, gıda yüzeyinde daha geniş bir temas alanı sağlamaktadır. Önceki literatür çalışmalarına göre, mikrobiyolojik bozulmasının yanı sıra gıdalarda bulunan suda çözünebilen vitaminlerin stabilitesi üzerinde olumlu sonuçlar elde edilebileceği ön görülmektedir (Ceylan vd., 2020). Yapılan bu çalışmanın amacı ise; elektrodöndürme yöntemiyle üretilen tiamin (vitamin B₁) yüklü nanoliflerin, kaplama materyali olarak kullanılan kırmızı et ve somon etinin tiamin değerinin stabilitesine ve biyoerişilebilirliğine etkisinin incelenmesidir.



İKİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Nanoteknoloji

2.1.1. Nano Kavramı ve Nanoteknolojinin Tarihi

İnsanın, hayalleri ve hayal gücü genellikle yeni bilim ve teknolojiye sebebiyet vermektedir. Nanoteknolojinin varoluşu da bu şekilde meydana gelmiştir. Nano kelime sözcük anlamı olarak Yunancadan “cüce” kelimesinden gelmektedir. Nanometre, bir metrenin milyarda biri (10^{-9} m) olarak kabul edilmektedir. 1925 yılında Nobel Kimya Ödülü sahibi Richard Zsigmondy tarafından, nanometre terimini parçacık boyutunu mikroskop altında karakterize ederek üretmiş ve “nanometre” kavramını ilk kez gün yüzüne çıkarmıştır. 1959 yılında Amerikan Fizikçiler Cemiyeti toplantısında Fizikçi Richard Phillips Feynman’ın atomların ve moleküllerin kontrol edilebileceğine yönelik fikrini ortaya koymasıyla nanoteknoloji kavramının ilk adımları atılmıştır. Bu yeni fikir, yeni düşünme biçimlerini göstermiştir ve o tarihten bu yana Feynman’ın hipotezlerinin doğru olduğu kanıtlanmıştır. Feynman her ne kadar bu konu üzerinde ışık tutmuş olsa da “nanoteknoloji” kavramını ilk kullanan kişi Japon bilim insanı Norio Taniguchi olmuştur. Nanoteknolojinin altın çağı, 1980’lerde Kroto, Smalley ve Curl’ün fullerenleri keşfettiği ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nden (MTE) Eric Drexler’in, Feynman’ın ve Taniguchi’nin ele aldıkları kaynaklardaki nanoteknoloji terimlerinden gelen fikirleri kullanmasıyla ve atomların detaylı görüntülenmesini sağlayabilen Heinrich Rohrer ve Gerd Karl Binning tarafından Taramalı Tünel Mikroskopun icadı ile başlamış olup, nanoteknolojik çalışmalar 1986 yılında Atomik Kuvvet Mikroskobu’nun üretilmesi ile büyük bir hız kazanmıştır (Sekhon, 2010; Roco, 2011; Hulla, Sahu ve Hayes, 2015).

2.1.2. Nanoteknolojinin Genel Kullanım Alanları

Maddenin, nano boyutta kontrolünün ve üretiminin gerçekleştirilmesiyle aynı zamanda istenildiği takdirde, müdahale edilerek maddeye özellikler eklenip veya çıkarılmasıyla nanoteknolojik çalışmalar ilgilenmektedir. Günümüz hatta geleceğimizin teknolojisi olarak kabul edilen nanoteknolojinin temel hedefi; nano boyutta üretilecek materyallerin doğru ve kontrollü bir şekilde üretilip, uygulanması

ve bu sayede daha verimli, performansı yüksek maddelerin elde edilmesini, yaşam standartlarının artırılmasını ve tükenmekte olan kaynakların daha verimli kullanımının sağlanmasını hedeflemektedir. Farklı disiplinleri tek çatı altında barındırabilen; Matematik, Fizik, Kimya, Biyoloji, Tıp, Bilgisayar, Malzeme Bilimi, Tekstil, Eczacılık, Havacılık ve Uzay Konuları, Savunma, Otomotiv, Enerji ve Gıda gibi birçok konu başlıklarının geniş kullanım alanına sahip teknoloji devrimidir (Yardımcı, 2012; Saka ve Gülel, 2015; Turunç, 2019).

2.1.2.1. Nanoteknolojinin Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları

Dünya üzerinde insan nüfusunun artışının devam etmesi halinde çeşitli kaynaklarda azalmalar görüleceği ve bunların başında gıda kaynaklarının olduğu ön görülmektedir. Bu ön görüş gelecekte için “sürdürülebilir gıda” kavramının önemini ortaya çıkarmıştır. Nano teknoloji ile gıda bilimi ve teknolojisi, diğer teknolojiler gibi, insanlık için gelecek adına bir ümit ışığı olduğu belirtilmektedir (Gökırmaklı ve Bayram, 2018).

Nanoteknolojinin; gıdanın üretimi, işlenmesi ve ambalajlanması sırasında kullanılması ile “nano gıda” kavramı ortaya çıkmıştır (Saka ve Gülel, 2015). Nanoteknolojik bir yöntem ile elde edilen nano ölçekli bir malzeme, mikro boyutlu ve makro boyutlu malzemelere kıyasla gıdanın yüzeyinde daha yüksek bir temas sağlamaktadır (Ceylan, 2019). Gıdalarda, patojenlerin tespit edilmesi, gıda güvenliliğinin artırılması, antibakteriyel ambalaj uygulamaları ile patojenlerin uzaklaştırılması ve raf ömrünü uzatmaya yönelik çalışmaların geliştirilmesi, biyoaktif maddelerin taşınması ve besinlere fonksiyonel özellik kazandırılmasına yönelik nanoteknolojik çalışmalar bulunmaktadır (Baysal, 2020). Tablo 2.1 ve Şekil 2.1’de nanoteknolojinin gıda endüstrisinde kullanım alanları özetlenmiştir.

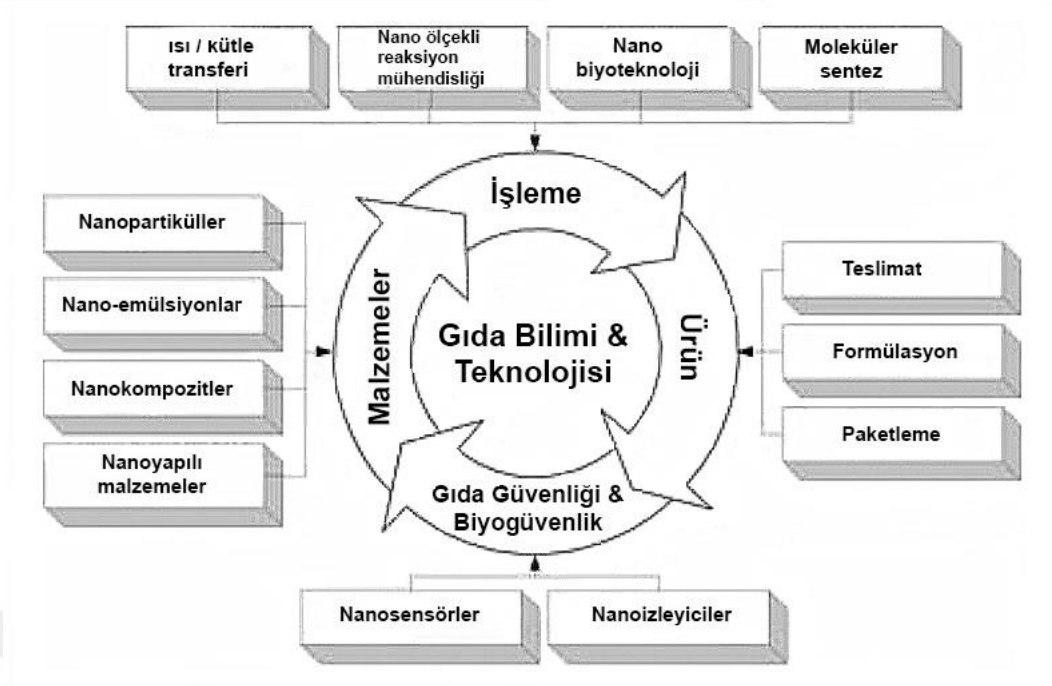
Nanoteknolojinin gıda ambalajlanmasında kullanılmasında ürünün raf ömrünü, kalitesini, güvenliğini ve güvenilirliğini sağlamaktadır (Uyarcan vd., 2019). Ceylan vd. (2017)’nin yayınladığı çalışmada, balık filetolarının kitosan bazlı nanoliflerle kaplanması filetoların mikrobiyolojik stabilitesini sağlamak için umut verici bir yaklaşım olacağını ve böylece fabrikasyon nanoliflerin soğuk depolama sırasında bu tür uygulamalar için bir kaplama materyali olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Farklı bir çalışmada da niasin ve kurkumin yüklü nanoliflerle kaplanan balık etinin mikrobiyal bozulmasının önlenilebileceği ortaya konmuştur (Ceylan, 2019).

Tablo 2.1: Nanoteknolojinin Gıda Alanında Uygulamaları

Uygulama Alanı	Kullanılan Nano Materyal	İşlev
Gıdaların İşlenmesi ve Fonksiyonel Ürünlerin Geliştirilmesi	Nanoemülsiyonlar	Nanodamlacıklar vasıtasıyla ürün görünümünü ve yapısını iyileştirmektedir. Nanokapsülleme ile yağların ve yağda eriyen besin öğelerinin biyoyararlanımını ve sindirimini arttırmaktadır.
Biyoaktif Maddelerin Taşınması ve Kontrollü Salınımı	Nanokapsüller	Çeşitli besin öğelerinin olumsuz çevre koşullarından korunmasını sağlayarak biyoyararlanımını arttırmasını hedefleyip, besinden-dokulara taşınmasını sağlamaktadır. Nanokapsüllenmenin kullanımı besinde koruyucu bariyer oluşturarak tat ve lezzet değişimini önleme, biyoyararlılığının arttırılması, kontrollü salınım, suda çözünmeyen maddelerin çözünmesini sağlaması gibi etkileri bulunmaktadır.
	Lipozomlar	Lipozomların, tıp ve mühendislik alanlarında ilaç taşıyıcı özelliklerinden yararlanırken, gıda ve tarım alanlarında ise suda çözünebilir/çözünemeyen moleküllerin tutumunu sağlama özelliğinden yararlanılmaktadır.

Uygulama Alanı	Kullanılan Nano Materyal	İşlev
Patojen Tespiti ve Gıda Güvenliğinin Arttırılması	Nanosensörler	Besin üretimi işlemleri sırasında besinlerin mikrobiyolojik bozulması ya da hasar sağlayan patojenlerin veya kimyasal kirleticilerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Bu alanda yüksek işlevsellikte, düşük maliyetli, basit, geri dönüşümü kolay ve etiket okuma konusunda avantaj sağlayan karbon nanotüpler kullanılmaktadır.
Paketleme Sistemlerinin Geliştirilmesi	Nanokompozit Ambalaj Malzemeleri	Üretim için enerjinin azaltılması, gıda muhafazada taşıma ve depolama alanlarında olumsuzlukları en aza indirgenmesi ve koruyucu bariyer oluşturulması, CO ₂ salımının azaltılması ve sağlığı tehdit edebilecek tüm olasılıkların en az seviyeye getirilmesi gibi çevresel ve ekonomik avantajlar sunmaktadır.
	Biyobozunur Nanokompozit Ambalaj Malzemeleri	Biyobozunur ambalajların üretiminde yenilebilir tarımsal hammaddeler (hayvansal kaynaklar, deniz, mikrobiyal kaynak veya gıda sanayi işleme atıkları) kullanılmaktadır. Diğer ambalajlardan farkı, çevre dostu üretimi istenen ambalaj olması ve geri dönüştürülebilirliğidir.
	Aktif ve Akıllı Nano Ambalajlar	Paketleme sistemlerinin genel amacı raf ömrünü uzatmak, gıda kalitesini korumak ve muhafaza sürelerini uzatmaktan yola çıkarak geliştirilmektedir.

Kaynak: (Saka ve Gülel, 2015; Baysal, 2020)



Şekil 2.1: Gıda Bilimi ve Teknolojisinde Nanoteknolojinin Uygulama Matrisi

Kaynak: Weiss, Takhistov ve McClements, 2006)

2.1.3. Nanolif

140 milyon yıldan fazla bir süredir, örümcekler avlarını yakalamak için lifli yapıda olan ağlarına güvenmektedir. Aynı şekilde ipekböcekleri, kozaların inşası için ipek lifleri üretme konusunda olağan üstü yeteneklerini sergilemektedir. Bu ve buna benzer birçok ekolojik sistem, insan yapımı liflerin gelişimi için önemli bir ilham kaynağı olmuştur (Xue vd., 2019).

Çok çeşitli araştırma ve ticari uygulamalar için heyecan verici tek boyutlu nanomateryal olarak ortaya çıkmış olan nanolifler, fonksiyonel ve yapısal özelliğinden kaynaklı son senelerde yükseliştir (Barhoum vd., 2019; Uyarcan vd., 2019; Şümnü vd., 2018). Genel olarak 1 μm 'nin altında çapa sahip olan lifler olarak tanımlanmaktadır. İnsan saç telinden 1000 kat daha küçük bir çapa sahip olduklarından ancak özel mikroskop analizleri ile görüntülenebilmektedir. Yüksek yüzey alanına, esnek yüzey işlevliğine, daha iyi mekanik özelliklere (sertlik, gerilme, vb.) ve daha birçok farklı özelliklere sahip olduklarından geniş bir uygulama alanlarında önem kazanmıştır (Barhoum vd., 2019; Polat vd., 2020; Çunayev, 2021; Alghoraibi ve

Alomari, 2018). Nanolifler zamanla daha fazla ilgi görmüş ve üretim süreçleri geliştirilmiştir (Alghoraibi ve Alomari, 2018).

2.1.4. Nanolif Üretim Yöntemleri

Bazen ultra ince veya süper ince lifler olarak da adlandırılan nanolifler, nano ölçekli aralıkta çapları olan uzun, iplik benzeri yapılardır. İnce, boncuk oluşumu olmamış ve lif çapının lif eksenine boyunca tekdüze ilerlediği lif yapısı bizim için temeldir. Tek bir nanolifin çapı, oluştuğu malzemenin partikül büyüklüğü ile sınırlı olarak birkaç nanometreden birkaç mikrometreye kadar değişebilmektedir. Nanomalzeme işlemedeki ilerlemenin ardından, nanoliflerin üretimi için birçok teknik geliştirilmiştir. Bunlar; başta en çok tercih edilen elektrodöndürme (elektroçizme) yöntemi olmak üzere, çekme yöntemi, faz ayrımı, kalıp sentez yöntemi ve kendiliğinden birleşme yöntemi gibi nanolif üretim başlıkları sayılabilmektedir (Alghoraibi ve Alomari, 2018; Çunayev, 2021; SalehHudin vd., 2018). Aşağıda da detayları verilmiştir.

2.1.4.1. Çekme Yöntemi (Drawing)

Uzun ve tek nanolif üretimi için kullanılmaktadır. Yöntemin uygulanışı; hazırlanan çözelti mikropipet yardımı ile hızla çekilmektedir. Sadece viskoelastik çözeltiler kullanılarak ve viskozite artışının nanoliflerin parçalanmamasını önleyerek, uzun ve tekli nanolif oluşumu gerçekleştirilmektedir. Az malzeme ile üretiminin avantaj olduğu görülse de sadece tek bir lif oluşumunun gerçekleşmesi, bu uygulamanın devamlılığının olmaması ile bu yöntemi ve süreci verimsiz kılmaktadır (Alghoraibi ve Alomari, 2018; Aksoy, 2018).

2.1.4.2. Faz Ayrımı

Polimer çözelti kullanılarak faz ayrımı yöntemi gerçekleştirilmektedir. Polimer konsantrasyonu nanolif özelliklerini etkilemektedir. Polimer konsantrasyonu arttıkça lif gözenekliliği azalır ve lifin mekanik özelliklerinde iyileşme meydana gelmektedir. Bu işlemdeki ilk adım, polimerin oda sıcaklığında çözülmesiyle homojen bir çözelti oluşturulması ve ardından faz ayrımı uygulanarak nanolifli matrislerin üretildiği jelleşme sıcaklığında çözeltiyi koruyarak çözeltilerden jeli elde etmek, ardından

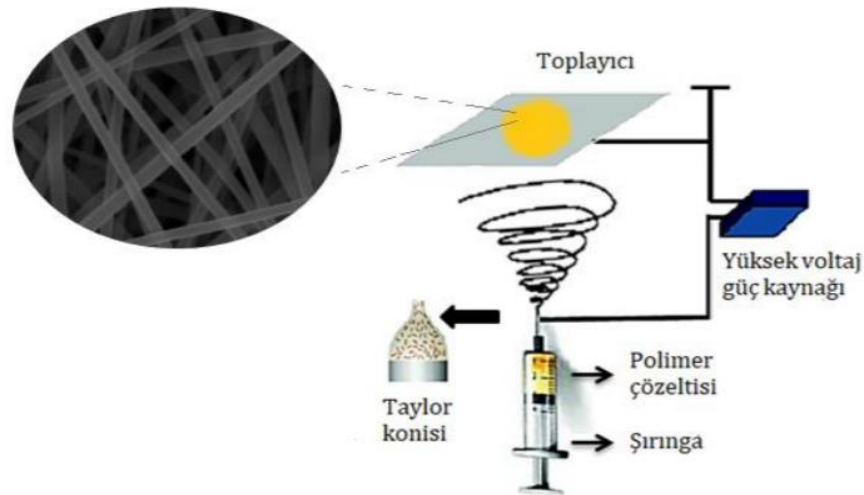
çözücüyü çıkarmak, vakum altında dondurmak ve dondurarak kurutmaktır. Katı – sıvı ya da sıvı – sıvı faz ayırma metodu uygulanarak gözenekli ve süngerimsi lif yapıları elde edilmektedir. Polimerlerin faz ayırma yönteminin kullanmasında sınırlayıcı olması, uzun ve devamlılığı olan liflerin üretilmemesi ile bu parametreler lif üretimi için faz ayırma yöntemini olumsuz kılmaktadır (Alghoraibi ve Alomari, 2018; Aksoy, 2018).

2.1.4.3. Elektrodöndürme Yöntemi

1600 yılında William Gilbert'in çalışması ile "elektrodöndürme" kavramı hayatımıza girişmiş olup, modern elektrodöndürme teknolojisine ışık tutmuştur. İlk nanolifler, dört asırdan daha uzun bir süre önce elektrodöndürme yöntemi ile üretilmiştir. Modern elektrodöndürme terimi, 1995 yılında 50 nm'den 5 mikrona kadar farklı polimerlerden çeşitli kesit şekillerine sahip lifler üretmiş olan Doshi ve Reneker tarafından popülerlik kazanmıştır (Xue vd., 2019; Barhoum vd., 2019). Nanolifler üretmek için en yaygın yöntem olarak kabul edilen elektrodöndürme, birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir ve verimliliği artırmak, bazı sınırlamalarının üstesinden gelmek için temel kuruluşu üzerine çalışmalar yapılarak yıllar içerisinde değişime uğramıştır (Alghoraibi ve Alomari, 2018). Elektrodöndürme, yüksek voltaj kullanılarak 10-1000 nm aralığında ultra ince lifler üretmenin mekanik ve elektriksel bir tekniği olarak tanımlanmaktadır (Alghoraibi ve Alomari, 2018; Prabu ve Dhurai, 2020; Weiss, Takhistov ve McClements, 2006; Çunayev, 2021). Birçok polimer çözeltinin uygulanabildiği, diğer lif üretim metotlarına göre daha hızlı ve kolay olmasıyla avantaj sağlayan, basit, ucuz, verimli, güvenli ve lif üretimi için geniş yüzey alanı sunmasından kaynaklı en tercih edilen nanolif üretme metodudur (Karabulut, Atay ve Altan, 2019; Şümnü vd., 2018; Xue vd., 2017; Polat vd., 2020; Barhoum vd., 2019; Kumar vd., 2019).

Elektrodöndürme yöntemi için üç ana malzeme kaçınılmazdır; yüksek voltajlı bir güç kaynağı, polimer çözeltinin bulunduğu bir şırınga ve nanoliflerin üretilip, biriktirilmesi için toplayıcı paneldir (Alghoraibi ve Alomari, 2018; SalehHudin vd., 2018). Yöntemi genel olarak anlatacak olursak; içerisinde polimer çözelti barındıran şırınga elektrodöndürme düzeneğine yerleştirilerek, voltajı giderek artan bir akım verilmektedir. Uygulanan elektriksel yük ile polimer çözelti toplayıcı plakaya doğru akış olmasını ve nanolif olarak adlandırılan küçük çaplı liflerin oluşmasını

sağlamaktadır. Yönteme uygulanan voltajda artış meydana gelirse, iğnenin ucundaki yüklü çözelti damlası elektrostatik kuvvetlerin etkileşmesi sonucu iğne ucundaki bulunan sıvı çözelti “Taylor konisi” olarak adlandırılan koni şeklini alarak, nanolif üretiminde deformasyon meydana gelmektedir. Bu nedenle düzeneğe uygulanacak olan parametrelere dikkat edilmesi gerekmektedir. Elektrodöndürme yönteminin modellenmesi Şekil 2.2’de gösterilmiştir (Xue vd., 2019; SalehHudin vd., 2018; Kumar vd., 2019; Duygulu, 2020; Weiss, Takhistov ve McClements, 2006; Yılmaz ve Altan, 2017). Elektrodöndürme yöntemi ile elde edilen nanolifler yüksek yüzey/hacim oranı, yüzey yükü ve özel boyut gibi birçok arzu edilen özelliklere sahip olmasından; kimya endüstrisinde, tekstil endüstrisinde, proses uygulamalarda, gıda teknolojisinde, biyomedikal ve biyoteknoloji alanlarında kullanılmaktadır (Yardımcı ve Tarhan, 2020).



Şekil 2.2: Elektrodöndürme Yönteminin Modellemesi

Kaynak: (Karabulut, Atay ve Altan, 2019)

Elektrodöndürme yönteminde, nanoliflerin morfolojisi üzerindeki etkisini belirlemede çeşitli parametreler üzerinde durulmaktadır. Bunların bir tanesi de polimer çözelti parametreleridir. Nanoliflerin üretimi için elektrodöndürmede çeşitli polimer kullanılmaktadır. Doğal, sentetik ve harmanlanmış polimerler ile elektrodöndürme yönteminde nanolifler elde edilebilmektedir. Sentetik polimerler her ne kadar sentez esnasında esnek özellik gösterebilirler de doğal polimerlerin en büyük avantajları sentetik polimerlerde olmayan çok iyi *biyo-uyumluluğa* sahip olmalarıdır. Elektrodöndürme için kullanılan geleneksel doğal biyopolimerlerden biri de jelatindir. Jelatin, hayvansal

kaynakların dokularında bulunan yapısal proteinler olan kolajenin kısmi hidrolizinden elde edilen yarı saydam, renksiz ve tatsız bir biyopolimerdir. Gıda ve ilaçlarda jelleştirici olarak kullanılan jelatinin, elektrodöndürmede kullanılması için asetik asit, formik asit ve eril asetat gibi farklı çözücüler ile kullanımı gerçekleştirilmelidir. Elektrodöndürmede jelatin nanoliflerinin, yüksek konsantrasyonlarda çözeltiler ile üretilmediği bildirilmiştir (Şümnü vd., 2018; Xue vd., 2019; Zhang vd., 2020; Kumar vd., 2019)

2.1.5. Elektrodöndürme ile Nanolif Üretiminde Majör Parametreler

Birçok araştırmacı, nanoliflerin oluşturulma sürecini açıklamaya ve elektrodöndürme yöntemindeki parametrelerinin lif morfolojisi üzerindeki etkisini belirlemeye çalışarak, çalışmalar gerçekleştirmektedir. Yöntemde kullanılacak ve elde edilmek istenen nanolifin yapısını etkileyecek olan bu parametreler üç ana başlık altında incelenebilmektedir. Bunlar; polimer çözelti parametreleri, uygulanacak proses parametreleri ve ortam koşullarıdır (Çunayev, 2021; Alghoraibi ve Alomari, 2018; SalehHudin vd., 2018; Xue vd., 2019; Duygulu, 2020; Yılmaz ve Altan, 2017). Tablo 2.2'de elektrodöndürme parametrelerinin lif oluşumu üzerine etkileri kısaca özetlenmiştir.

Tablo 2.2: Elektrodöndürme Parametrelerinin Nanolif Üzerine Etkileri

Parametreler	↑ / ↓	Nanolif Üzerine Etkisi
Polimer Çözeltisi ile İlgili Parametreler		
Molekül Ağırlık	↑	Viskozite artar, boncuk sayısı azalır, kalın lifler oluşur
Konsantrasyon	↑	Lif çapı artar
Viskozite	-	Molekül ağırlığı ile doğru orantıda tepki vermektedir
Elektrik İletkenliği	↑	Lif çapında azalma olur
pH Değeri	↑	Düz ve ince lif oluşumu
	↓	Boncuklaşmış lif oluşumu
Dielektrik Sabiti	↑	Boncuklaşmış yapı ve lif çapı azalır
Prosesle İlgili Parametreler		
Uygulanan Voltaj	↑	Başlangıçta lif çapında azalma görülürken sonrasında, artış olmaktadır
Akış Hızı	↑	Lif çapı artar. Ancak yüksek akış hızında liflerde kuruma olmayabilir bu da boncuk oluşumuna sebebiyet verebilir
Toplayıcı Çeşidi	-	Farklı çeşitler değiştirilerek; düzgün, sıralı veya rastgele lif oluşumu sağlanabilir
Toplayıcı ve İğne Ucu Arasındaki Mesafe	↓	Liflerde yeteri kadar kuruma meydana gelmez ve boncuklaşıp, yassılanmaktadır
Çözelti Sıcaklığı	↑	Çözücünün buharlaşma hızı artar ve düzgün lif oluşumu elde edilir
Ortam Koşulları		
Sıcaklık	↑	Buharlaşma hızı artar ve lif çapında azalma meydana gelir
Nem	↑	Lif yüzeyinde gözenekler oluşabilir. Islak ve kalın lifler elde edebilirsiniz

Kaynak: Yılmaz ve Altan, 2017

2.1.5.1. Moleküler Ağırlık

Polimer molekül ağırlığı, polimer zincirlerin karışıklığını tanımlamaktadır. Bu nedenle yüksek molekül ağırlığına sahip polimerler, iyi bükülebilmekte ve arzu edilen lif oluşumunu gerçekleştirebilmektedir. Polimer çözeltinin molekül ağırlığı ile viskozite durumu birbiri ile paralel hareket etmektedir. İstenilen lifleri elde edebilmek için çözelti viskozitesi de optimize edilmelidir. Viskozitenin artması ile moleküler ağırlığında artması söz konusudur. Düşük moleküler ağırlığı olan polimer çözelti kullanılarak üretilen liflerin yapısında boncuklaşmalar görülmektedir. Çözelti molekül ağırlığı arttırıldıkça pürüzsüz lifler elde edilir ancak molekül ağırlığın olması gerekenden fazla olması da nanoliflerin çapının büyümesine ve istenilen lif oluşumunu sağlayamamasına neden olmaktadır (Çunayev, 2021; Yardımcı ve Tarhan, 2020; Barhoum vd., 2019).

2.1.5.2. Akış Hızı

Daha yüksek akış hızları elektrodöndürme işleminin üretim hızını arttıracaktır ancak uygun şekilde kontrolü sağlanmaması durumunda nanoliflerin morfolojisi üzerine olumsuz etki etmesi muhtemeldir. Akış hızının eşik değerinin üzerine çıkılması durumunda dallanma, ayrılma ve düzleştirilmiş lifler dahil olmak üzere boncuk oluşumuna ve lif çapının atması gibi istenmeyen olumsuzluklara sebebiyet verebileceği çalışmalar ile desteklenmektedir (SalehHudin vd., 2018; Çunayev, 2021; Barhoum vd., 2019; Yardımcı ve Tarhan, 2020). Duygulu (2020)'nun yaptığı çalışmada, voltajın sabit tutulmasıyla akış hızı 0,2 mL/sa ve 0,5 mL/sa olarak iki farklı parametrelerin denenmesi sonucu, akış hızının artması ile nanoliflerin çapında artış olduğu gözlemlenmiştir.

2.1.5.3. Toplayıcı ve İğne Ucu Arasındaki Mesafe

Toplayıcı ve iğne ucu arasındaki mesafe kaliteli nanoliflerin üretimini sağlamak için önemli bir parametredir. Solüsyonun tamamen buharlaşması için deney koşullarına bağlı olarak ideal mesafenin ayarlanması gerekmektedir. Bu mesafenin kısa olması durumunda, liflerin yeteri kadar uzayıp incelmeye imkanı tanınmaz. Böylelikle liflerin çaplarında kalınlaşma ve boncuklaşmış yapı görülebilmektedir. Mesafe

arttırılarak, daha ince lifler elde edilebilmektedir (Xue vd., 2019; Yardımcı ve Tarhan, 2020; Çunayev, 2021; SalehHudin vd., 2018)

2.1.5.4. Voltaj

Uygulanan voltaj ile polimer çözeltisi elektriksel yüklerle yüklendiği için nanolif çapı değişmektedir (Xue vd., 2019). Elektrodöndürme işleminin başlaması için kritik bir uygulanan gerilimin gerekli olduğu ve bundan daha düşük bir gerilimin çözelti damlacığının yüzey geriliminin üstesinden gelmek için yetersiz olacağı genel bir kural olarak sayılmaktadır. Gerçekleştirilen bazı çalışmalarda elektrodöndürmenin başlaması için gereken kritik veya minimum voltajın 4 kV olması gerektiği, bu değer üzerindeki değerlerin uygulanması durumunda nanolif yapısında farklılıkların gözlemlenebileceği bildirilmektedir (SalehHudin vd., 2018). Farklı bir kaynakta ise, uygulanan kritik voltaj değerinin 6 kV olduğu belirtilmektedir (Duygulu, 2020). Kritik voltaj değerine yakın voltajlarda lif oluşumunun gerçekleşmesi zorlaşırken, daha yüksek bir voltajın genellikle daha ince liflerin oluşumunu desteklemektedir (Duygulu 2020; Xue vd., 2019). Akış hızı sabit tutulan ve voltaj değeri 10 kV'dan 15 kV'a arttırılan bir çalışmada, voltaj hızının artmasıyla liflerin çapların %7'lik bir azalma olduğu görülmüştür. Bu sonuç doğrultusunda, uygulanan voltajın artması ile polimer çözeltideki gerilimin artması ve buna bağlı olarak lif çapında azalma olabileceği görüşü desteklenmektedir (Duygulu, 2020).

2.2. Beslenmede Et Grubunun Önemi

Bireyin yaşamsal faaliyetlerini yerine getirebilmesi ve sürdürülebilmesi için besinleri yeterli ve dengeli bir şekilde tüketmesi gerekmektedir. Beslenmemiz açısından günlük olarak makro (karbonhidrat, protein, yağ) ve mikro (vitamin, mineral) besin öğelerini tüketmemiz önem arz etmektedir. Hücrelerin tüm fonksiyonlarının yerine getirebilmesinde enzimler görev almaktadır. Enzimlerin oluşumunda proteinler görev aldığından, vücudumuz için temel yapı taşı olarak adlandırılmaktadır (Ünsal, 2019; Özlü ve Ercoşkun, 2021; Ahmad, Imran ve Hussain, 2018). DSÖ verilerine bakıldığında, sağlıklı bir yetişkinin kilogram başına alması gerektiği proteinin miktarının 1 g/kg olması ve tüketilecek total protein miktarının %40–50'sinin hayvansal kaynaklı ürünlerden tercih edilmesi önerilmektedir (Saygın ve Demirbaş,

2018; Kızılaslan ve Nalinci, 2013). Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER)'ne göre ise günlük besinlerden bir bireyin alması gerektiği enerjinin %10–20'sini proteinlerin oluşturması gerektiği bildirilmektedir (TÜBER, 2015).

Antik çağlardan beri et, beslenmenin temel taşı olmuştur (Geiker vd., 2021; Umaraw vd., 2020). Türk Gıda Kodeksi (TGK)'nin 2020'de yayınladığı Et Ürünleri Tebliği'ne göre etin tanımı; sığır, manda, koyun, keçi, tavuk, hindi, kaz, ördek, beç tavuğu, tavşan, domuzdan elde edilen ve tüketime uygun olan tüm parçalar olarak yapılmıştır (TGK, 2019). Balık ürünleri de genel olarak et grubu içerisine dahil edilmektedir ancak diğer et ürünlerine göre farklılık gösterdiği için ayrı değerlendirmeye alınmaktadır (de Boer, Schösler ve Aiking, 2020). Birey, gereksinim duyduğu besin elementlerini, tüm besin gruplarının yeterli ve dengeli bir şekilde tüketimi ile karşılamaktadır (Ahmad, Imran ve Hussain, 2018). Bu besin gruplarından biri olan et grubu; omega-3, çoklu doymamış yağ asitleri, çinko, demir, selenyum, potasyum, magnezyum, sodyum, A vitamini, B-kompleks vitaminleri ve folik asit dahil geniş amino asit çeşitliliği sağlamaktadır. Bu bakımından önemli besin kaynağı olarak kabul edilmektedir. Besin bileşimleri; et ürününün cinsine, hayvanın tükettiği yem türüne, iklim koşullarına, pişirme tekniklerine ve aynı zamanda etin kesim şekline göre farklılık göstermektedir. Sağlıklı beslenme için etin önemli olmasının bir diğer özelliği de yüksek biyoyararlanımı sağlamasıdır. Çeşitli besin ögesi gereksinimini karşılayan bu besin grubu, tüketiminde, bireyin yaşamsal fonksiyonlarının gelişimini sağlaması açısından büyük rol oynamakta ve beslenmeye dayalı hastalıklarda protein gereksinimi karşılaması açısından kullanılabilir (Sofi vd., 2017; Geiker vd., 2021; Yaman, Sar ve Ceylan, 2022; Umaraw vd., 2020; Kızılaslan ve Nalinci, 2013; Sarıçoban vd., 2008; Ahmad, Imran ve Hussain, 2018; Ünsal, 2019).

2.2.1. Kırmızı Et

“Kırmızı et” terimi alternatif gıdalara kıyasla yüksek biyoyararlanımı olan proteinli gıda olarak tanımlanmakta olup; sığır, dana, domuz, kuzu ve koyun etlerini kapsamaktadır (Yaman, Sar ve Ceylan, 2022; Wolk, 2017). Ete kırmızı rengini veren ve bağlayıcı protein rolünde olan miyoglobindir. Miyoglobin miktarı sığır etinde 4–10 mg/g olarak belirlenmiştir (Taşçı, 2019; Wolk, 2017). Kırmızı etin çeşitli esansiyel amino asit profiline sahip olmasından kaynaklı iyi bir protein kaynağı olmasının yanı sıra; B₁₂, B₃, B₁, B₂ ve D vitaminlerini aynı zamanda çinko, demir, selenyum gibi

önemli mineralleri barındırdığından beslenmemizde ve protein eksikliğine dayalı hastalıkların önlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Umaraw vd., 2020; Wolk, 2017; TÜBER, 2015; Wang vd., 2022; Taşçı, 2019; Mofrad vd., 2021). Tablo 2.3'te çeşitli kırmızı et ürünlerinin besin değerlerine yer verilmiştir.

Et ürünün farklılığına göre içerisinde bulunan su miktarı da farklılık (%70–80) göstermektedir. Etin su içeriği; mikrobiyolojik bozulmanın yaşanmasında, depolamada ve etin işlenmesinde önemli etki göstermektedir (Şireli, 2018). Etler, bünyelerinde mikroorganizmaları barındırabilecekleri için yapısal olarak kolay bozulmaya meyillidirler (Taşçı, 2019; Özbay ve Sarıçoban, 2014). Bu nedenle saklama koşulları mikrobiyal bozulmanın önlenmesi için önem arz etmektedir (Özbay ve Sarıçoban, 2014). Tüketeceğimiz eti mutlaka güvenilir yerlerden tedarik etmeli ve alım sonrası direk tüketilmeyecek ise 2–3 gün buzdolabında veya daha uzun süreli depolamada, en fazla 3–4 ay olacak şekilde -18 °C'lik derin dondurucuda muhafaza edilebilmektedir. Yetişkin bir bireyin ortalama günlük et tüketim miktarı 60 g/gün olarak önerilmektedir (TÜBER, 2015). Dünya geneline bakıldığında kişi başı tüketilen et miktarı Avrupa ülkelerinde 24 kg/yıl (Kızılaslan ve Nalinci, 2013), ABD'de 82 kg/yıl iken Türkiye'de bu durum 22 kg/yıl olarak tahmin edilmiştir (Baysal, 2014).

Kırmızı et ürünlerinin aynı zamanda yağ içeriğinden dolayı, fazla tüketiminden kaçınılmalıdır. Aksi halde; kardiyovasküler hastalıklar, obezite, hipertansiyon ve diyabet gibi çeşitli hastalıklarla karşı karşıya kalınması muhtemeldir (TÜBER, 2015; Ahmad, Imran ve Hussain, 2018; Özkaya ve Kayaardı, 2018). Her ne kadar et tüketimi ile kronik hastalıklar arasında pozitif korelasyon olduğunu öne süren çalışmalar olsa da bir bireyin morfolojik ve fizyolojik gelişimi için önem arz ettiği göz ardı edilmemelidir (Ahmad, Imran ve Hussain, 2018; Özkaya ve Kayaardı, 2018).

Tablo 2.3: Çeşitli Kırmızı Et Ürünlerinin Besin Değerleri

Besin (100g)	BESİN ÖGELERİ							
	Enerji (kcal)	Enerji (kJ)	Su	Kül	Protein	Azot	Yağ, toplam	CHO
Dana Eti, Bonfile	149	623	70.54 g	1.09 g	20.81 g	3.33 g	7.27 g	0.00 g
Dana Eti, But	126	525	72.41 g	1.10 g	20.99 g	3.36	4.59 g	0.00 g
Dana Eti, Kol	136	565	71.61 g	1.05 g	20.86 g	3.34 g	5.73 g	0.00 g
Dana Eti, Kontrfile	147	614	71.57 g	1.03 g	20.08 g	3.21 g	7.38 g	0.00 g
Dana Eti, Pizola	140	584	70.53 g	1.06 g	20.15 g	3.22 g	6.53 g	0.00 g
Sığır Eti, Bonfile	136	569	71.94 g	1.06 g	19.88 g	3.18 g	6.27 g	0.00 g
Sığır Eti, But	124	516	73.50 g	1.01 g	20.39 g	3.26 g	4.63 g	0.00 g

	Enerji (kcal)	Enerji (kJ)	Su	Kül	Protein	Azot	Yağ, toplam	CHO
Sığır Eti, Kol	131	547	70.17 g	1.11 g	21.25 g	3.40 g	5.07 g	0.00 g
Sığır Eti, Kontırfile	123	515	72.75 g	1.14 g	19.21 g	3.07 g	5.13 g	0.00 g
Sığır Eti, Pırzola	157	655	70.23 g	1.07 g	19.56 g	3.13 g	8.68 g	0.00 g
Keçi Eti, Bel	198	829	65.66 g	1.11 g	19.72 g	3.15 g	13.23 g	0.00 g
Keçi Eti, But	164	684	69.52 g	1.01 g	20.05 g	3.21 g	9.24 g	0.00 g
Keçi Eti, Kol	175	729	67.75 g	1.07 g	20.43 g	3.27 g	10.27 g	0.00 g
Keçi Eti, Sırt	190	793	66.23 g	1.11 g	20.53 g	3.29 g	11.91 g	0.00 g
Koyun Eti, Bel	143	596	70.86 g	1.08 g	20.61 g	3.30 g	6.64 g	0.00 g
Koyun Eti, Kol	122	510	73.21 g	1.14 g	18.81 g	3.01 g	5.17 g	0.00 g
Koyun Eti, Sırt	139	579	72.10 g	0.99 g	18.21 g	2.91 g	7.28 g	0.00 g

	Enerji (kcal)	Enerji (kJ)	Su	Kül	Protein	Azot	Yağ, toplam	CHO	
Koyun Eti, But	137	573	72.59 g	1.02 g	18.02 g	2.88 g	7.20 g	0.00 g	
Kuzu Eti, Bel	140	584	71.97 g	1.06 g	18.47 g	2.96 g	7.29 g	0.00 g	
Kuzu Eti, But	122	510	72.85 g	1.06 g	19.30 g	3.09 g	4.95 g	0.00 g	
Kuzu Eti, Kol	120	501	74.67 g	0.99 g	18.74 g	3.00 g	4.97 g	0.00 g	
Kuzu Eti, Sirt	137	572	72.66 g	1.00 g	17.72 g	2.83 g	7.29 g	0.00 g	
MİNERALLER									
Besin (100g)	Tuz	Demir (Fe)	Fosfor (P)	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Potasyum (K)	Sodyum (Na)	Çinko (Zn)	Selenyum (Se)
Dana Eti, Bonfile	123 mg	1.49 mg	154 mg	7 mg	22 mg	365 mg	50 mg	3.20 mg	9.2 µg
Dana Eti, But	137 mg	1.71 mg	183 mg	6 mg	25 mg	393 mg	55 mg	3.58 mg	11.6 µg

	Tuz	Demir (Fe)	Fosfor (P)	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Potasyum (K)	Sodyum (Na)	Çinko (Zn)	Selenyum (Se)
Dana Eti, Kol	159 mg	1.72 mg	156 mg	6 mg	22 mg	374 mg	64 mg	4.7 mg	8.7 µg
Dana Eti, Kontrfile	113 mg	1.24 mg	133 mg	6 mg	19 mg	322 mg	46 mg	3.13 mg	7.7 µg
Dana Eti, Pirzola	127 mg	1.57 mg	154 mg	7 mg	21 mg	364 mg	51 mg	3.79 mg	9.1 µg
Sığır Eti, Bonfile	125 mg	1.81 mg	146 mg	7 mg	22 mg	339 mg	50 mg	2.90 mg	10.7 µg
Sığır Eti, But	135 mg	1.76 mg	158 mg	6 mg	23 mg	387 mg	54 mg	3.67 mg	8.2 µg
Sığır Eti, Kol	145 mg	2.04 mg	165 mg	5 mg	22 mg	327 mg	58 mg	4.54 mg	8.6 µg
Sığır Eti, Kontrfile	118 mg	1.47 mg	140 mg	6 mg	22 mg	357 mg	47 mg	2.73 mg	9.8 µg
Sığır Eti, Pirzola	134 mg	1.53 mg	158 mg	6 mg	22 mg	367 mg	54 mg	3.79 mg	10.7 µg
Keçi Eti, Bel	169 mg	1.41 mg	155 mg	6 mg	17 mg	276 mg	68 mg	4.13 mg	18.9 µg
Keçi Eti, But	198 mg	1.86 mg	165 mg	6 mg	21 mg	319 mg	79 mg	4.15 mg	4.7 µg

	Tuz	Demir (Fe)	Fosfor (P)	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Potasyum (K)	Sodyum (Na)	Çinko (Zn)	Selenyum (Se)
Keçi Eti, Kol	183 mg	1.71 mg	154 mg	13 mg	19 mg	286 mg	73 mg	4.36 mg	35.6 µg
Keçi Eti, Sırt	157 mg	1.46 mg	148 mg	6 mg	18 mg	277 mg	63 mg	4.13 mg	31.1 µg
Koyun Eti, Bel	163 mg	1.36 mg	123 mg	7 mg	20 mg	300 mg	66 mg	2.52 mg	4.8 µg
Koyun Eti, Kol	181 mg	1.43 mg	155 mg	11 mg	20 mg	317 mg	73 mg	3.52 mg	8.5 µg
Koyun Eti, Sırt	164 mg	1.38 mg	122 mg	8 mg	19 mg	298 mg	66 mg	2.73 mg	7.9 µg
Koyun Eti, But	189 mg	2.24 mg	170 mg	7 mg	25 mg	383 mg	76 mg	3.13 mg	6.6 µg
Kuzu Eti, Bel	161 mg	1.50 mg	143 mg	7 mg	20 mg	297 mg	65 mg	2.55 mg	5.9 µg
Kuzu Eti, But	180 mg	1.62 mg	165 mg	6 mg	22 mg	818 mg	72 mg	3.90 mg	7.2 µg
Kuzu Eti, Kol	190 mg	1.21 mg	143 mg	16 mg	19 mg	323 mg	76 mg	3.77 mg	4.8 µg
Kuzu Eti, Sırt	163 mg	1.41 mg	131 mg	8 mg	18 mg	284 mg	65 mg	3.31 mg	5.6 µg

VİTAMİNLER											
Besin (100g)	Tiamin	Riboflavin	Niasin Eşdeğerleri (toplam)	Niasin	Vitamin B ₆ (toplam)	Vitamin B ₁₂	Vitamin A	Retinol	Vitamin D (IU)	Vitamin D ₃ (kolekalsiferol)	Vitamin K ₂
Dana Eti, Bonfile	0.103 mg	0.197 mg	11.35 NE	6.87mg	0.388mg	2.09 µg	10 RE	10 µg	10 IU	0.2 µg	11.5 µg
Dana Eti, But	0.086 mg	0.189mg	11.28 NE	5.835mg	0.374 mg	1.67 µg	7 RE	7 µg	7 IU	0.2 µg	16.5 µg
Dana Eti, Kol	0.122 mg	0.187 mg	10.31 NE	5.684 mg	0.326 mg	1.74 µg	7 RE	7 µg	11 IU	0.3 µg	13 µg
Dana Eti, Kontrfile	0.369 mg	0.183 mg	11.60 NE	7.245 mg	0.389 mg	1.28 µg	7 RE	7 µg	11 IU	0.3 µg	20.2 µg
Dana Eti, Pirzola	0.068 mg	0.169 mg	12.38 NE	7.47 mg	0.331 mg	1.56 µg	10 RE	10 µg	7 IU	0.2 µg	12.9 µg
Sığır Eti, Bonfile	0.070 mg	0.199 mg	10.44 NE	6.099 mg	0.336 mg	1.62 µg	8 RE	8 µg	5 IU	0.1 µg	13 µg
Sığır Eti, But	0.074 mg	0.173 mg	10.90 NE	5.915 mg	0.357 mg	1.76 µg	6 RE	6 µg	12 IU	0.3 µg	14.2 µg
Sığır Eti, Kol	0.078 mg	0.195 mg	8.850 NE	5.498 mg	0.4 mg	2.20 µg	9 RE	9 µg	8 IU	0.2 µg	19.8 µg

	Tiamin	Riboflavin	Niasin Eşdeğerleri (toplam)	Niasin	Vitamin B ₆ (toplam)	Vitamin B ₁₂	Vitamin A	Retinol	Vitamin D (IU)	Vitamin D ₃ (kolekalsiferol)	Vitamin K ₂
Sığır Eti, Kontrfile	0.084 mg	0.187 mg	11.19 NE	6.321 mg	0.356 mg	1.93 µg	7 RE	7 µg	7 IU	0.2 µg	8.6 µg
Sığır Eti, Pizola	0.068 mg	0.166 mg	10.4 NE	6.108 mg	0.337 mg	1.58 µg	10 RE	10 µg	0 IU	0.0 µg	8.3 µg
Keçi Eti, Bel	0.112 mg	0.177 mg	11.47 NE	5.499 mg	0.279 mg	2.09 µg	14 RE	14 µg	0 IU	0.0 µg	3.8 µg
Keçi Eti, But	0.089 mg	0.164 mg	10.4 NE	6.264 mg	0.278 mg	2.54 µg	11 RE	11 µg	0 IU	0.0 µg	4.7 µg
Keçi Eti, Kol	0.089 mg	0.148 mg	12.19 NE	5.65 mg	0.24 mg	2.58 µg	13 RE	13 µg	0 IU	0.0 µg	4.2 µg
Keçi Eti, Sırt	0.109 mg	0.194 mg	9.323 NE	5.44 mg	0.284 mg	2.10 µg	14 RE	14 µg	0 IU	0.0 µg	4.1 µg
Koyun Eti, Bel	0.105 mg	0.221 mg	9.287 NE	4.942 mg	0.252 mg	2.16 µg	13 RE	13 µg	9 IU	0.2 µg	12.3 µg
Koyun Eti, Kol	0.087 mg	0.208 mg	8.955 NE	5.315 mg	0.238 mg	2.62 µg	15 RE	15 µg	25 IU	0.6 µg	24.5 µg
Koyun Eti, Sırt	0.133 mg	0.193 mg	8.389 NE	5.294 mg	0.265 mg	2.24 µg	18 RE	18 µg	9 IU	0.2 µg	17.1 µg

	Tiamin	Riboflavin	Niasin Eşdeğerleri (toplam)	Niasin	Vitamin B ₆ (toplam)	Vitamin B ₁₂	Vitamin A	Retinol	Vitamin D (IU)	Vitamin D ₃ (kolekalsiferol)	Vitamin K ₂
Koyun Eti, But	0.108 mg	0.199 mg	10.54 NE	5.541 mg	0.247 mg	2.79 µg	15 RE	15 µg	17 IU	0.4 µg	21.8 µg
Kuzu Eti, Bel	0.384 mg	0.169 mg	10.03 NE	4.914 mg	0.250 mg	2.16 µg	24 RE	24 µg	10 IU	0.2 µg	14.3 µg
Kuzu Eti, But	0.103 mg	0.204 mg	9.834 NE	5.248 mg	0.216 mg	2.23 µg	16 RE	16 µg	7 IU	0.2 µg	12.8 µg
Kuzu Eti, Kol	0.103 mg	0.180 mg	9.906 NE	4.543 mg	0.251 mg	2.06 µg	16 RE	16 µg	12 IU	0.3 µg	20.1 µg
Kuzu Eti, Sırt	0.098 mg	0.203 mg	7.889 NE	4.777 mg	0.245 mg	2.26 µg	21 RE	21 µg	5 IU	0.1 µg	18 µg
YAĞ ASİTLERİ											
Besin (100g)	Yağ Asitleri – Toplam Doymuş		Yağ Asitleri – Toplam Tekli Doymamış		Yağ Asitleri – Toplam Çoklu Doymamış		Kolesterol				
Dana Eti, Bonfile	3.779 g		2.810 g		0.116 g		48 mg				
Dana Eti, But	2.366 g		1.742 g		0.062 g		49 mg				

	Yağ Asitleri – Toplam Doymuş	Yağ Asitleri – Toplam Tekli Doymamış	Yağ Asitleri – Toplam Çoklu Doymamış	Kolesterol
Dana Eti, Køl	2.746 g	2.203 g	0.125 g	64 mg
Dana Eti, Kontrfile	3.754 g	2.934 g	0.113 g	58 mg
Dana Eti, Pirzola	3.311 g	2.597 g	0.136 g	60 mg
Sıđur Eti, Bonfile	3.242 g	2.499 g	0.093 g	68 mg
Sıđur Eti, But	2.242 g	1.748 g	0.140 g	62 mg
Sıđur Eti, Køl	2.724 g	1.851 g	0.077 g	63 mg
Sıđur Eti, Kontrfile	2.540 g	1.846 g	0.104 g	65 mg
Sıđur Eti, Pirzola	4.438 g	2.802 g	0.105 g	59 mg
Keçi Eti, Bel	6.456 g	5.834 g	0.317 g	48 mg
Keçi Eti, But	4.233 g	3.692 g	0.240 g	76 mg

	Yağ Asitleri – Toplam Doymuş	Yağ Asitleri – Toplam Tekli Doymamış	Yağ Asitleri – Toplam Çoklu Doymamış	Kolesterol
Keçi Eti, Kol	4.777 g	4.364 g	0.489 g	46 mg
Keçi Eti, Sırt	5.932 g	4.699 g	0.324 g	46 mg
Koyun Eti, Bel	3.339 g	2.604 g	0.150 g	67 mg
Koyun Eti, Kol	2.485 g	2.073 g	0.133 g	71 mg
Koyun Eti, Sırt	3.600 g	2.792 g	0.172 g	80 mg
Koyun Eti, But	3.334 g	2.792 g	0.172 g	72 mg
Kuzu Eti, Bel	3.534 g	2.908 g	0.195 g	70 mg
Kuzu Eti, But	2.111 g	1.623 g	0.113 g	91 mg
Kuzu Eti, Kol	2.257 g	1.955 g	0.122 g	87 mg
Kuzu Eti, Sırt	3.625 g	2.718 g	0.201 g	74 mg

AMİNO ASİTLER		Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metiyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arginin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin	
Besin (100g)																				
Dana Eti, Bonfile	269 mg	1276 mg	785 mg	1530 mg	1590 mg	583 mg	251 mg	793 mg	736 mg	794 mg	601 mg	1082 mg	1436 mg	1490 mg	2889 mg	1224 mg	1263 mg	921 mg		
Dana Eti, But	327 mg	1382 mg	784 mg	1483 mg	1858 mg	488 mg	267 mg	769 mg	702 mg	856 mg	999 mg	1016 mg	1445 mg	1597 mg	2622 mg	1666 mg	1462 mg	1030 mg		
Dana Eti, Köl	278 mg	1342 mg	784 mg	1604 mg	1366 mg	544 mg	289 mg	805 mg	758 mg	810 mg	427 mg	990 mg	1387 mg	1235 mg	2509 mg	1365 mg	1337 mg	977 mg		
Dana Eti, Kontrfile	262 mg	1233 mg	740 mg	1401 mg	1690 mg	505 mg	204 mg	712 mg	645 mg	720 mg	880 mg	1043 mg	1373 mg	1358 mg	2319 mg	1410 mg	1361 mg	999 mg		
Dana Eti, Pürzola	295 mg	1715 mg	922 mg	1885 mg	954 mg	581 mg	217 mg	1042 mg	1069 mg	977 mg	305 mg	1253 mg	1436 mg	1132 mg	1821 mg	1459 mg	1461 mg	963 mg		

	Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metionin	Sistin	Fenilalanin	Throzin	Valin	Arginin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin
Sığır Eti, Bonfile	261 mg	1137 mg	716 mg	1403 mg	2115 mg	462 mg	314 mg	718 mg	664 mg	752 mg	807 mg	1109 mg	1182 mg	1618 mg	2824 mg	1006 mg	1037 mg	1031 mg
Sığır Eti, But	300 mg	1176 mg	751 mg	1396 mg	1396 mg	510 mg	355 mg	732 mg	671 mg	797 mg	884 mg	708 mg	1258 mg	1845 mg	3055 mg	1042 mg	971 mg	1035 mg
Sığır Eti, Kol	202 mg	1169 mg	804 mg	1548 mg	2092 mg	507 mg	349 mg	805 mg	721 mg	850 mg	766 mg	578 mg	1310 mg	1632 mg	2955 mg	1048 mg	1133 mg	1053 mg
Sığır Eti, Kontrfile	293 mg	957 mg	735 mg	1417 mg	2222 mg	448 mg	314 mg	759 mg	686 mg	787 mg	805 mg	782 mg	1202 mg	1615 mg	2793 mg	1008 mg	1007 mg	1003 mg
Sığır Eti, Pirzola	258 mg	1149 mg	716 mg	1442 mg	1718 mg	501 mg	308 mg	746 mg	663 mg	768 mg	628 mg	856 mg	1263 mg	1669 mg	2854 mg	1066 mg	1088 mg	1031 mg

	Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metiyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arjinin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin
Keçi Eti, Bel	359 mg	1643 mg	1193 mg	1913 mg	1618 mg	537 mg	215 mg	918 mg	870 mg	1115 mg	350 mg	831 mg	1287 mg	1306 mg	1899 mg	1219 mg	1126 mg	909 mg
Keçi Eti, But	249 mg	1552 mg	1078 mg	1783 mg	1090 mg	437 mg	237 mg	954 mg	803 mg	1090 mg	232 mg	750 mg	1414 mg	989 mg	1314 mg	2454 mg	2010 mg	886 mg
Keçi Eti, Kol	351 mg	1482 mg	1114 mg	1790 mg	1143 mg	464 mg	183 mg	880 mg	814 mg	1078 mg	412 mg	556 mg	1418 mg	1143 mg	1542 mg	2266 mg	1866 mg	876 mg
Keçi Eti, Sırt	230 mg	1380 mg	864 mg	1566 mg	2383 mg	375 mg	263 mg	734 mg	666 mg	792 mg	534 mg	695 mg	1243 mg	1558 mg	2425 mg	1328 mg	1009 mg	1010 mg
Koyun Eti, Bel	261 mg	1030 mg	730 mg	1580 mg	2105 mg	443 mg	377 mg	847 mg	612 mg	734 mg	687 mg	1009 mg	1190 mg	1634 mg	2966 mg	1198 mg	1064 mg	869 mg

	Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arginin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin
Koyun Eti, Kol	219 mg	1076 mg	733 mg	1408 mg	1527 mg	398 mg	309 mg	796 mg	628 mg	809 mg	570 mg	918 mg	1232 mg	1599 mg	2676 mg	1045 mg	895 mg	796 mg
Koyun Eti, Sirt	186 mg	1048 mg	577 mg	1246 mg	1741 mg	286 mg	424 mg	695 mg	519 mg	679 mg	878 mg	819 mg	1116 mg	1910 mg	2752 mg	943 mg	803 mg	786 mg
Koyun Eti, But	301 mg	1239 mg	699 mg	1361 mg	1495 mg	405 mg	310 mg	786 mg	614 mg	770 mg	427 mg	830 mg	1156 mg	1837 mg	2703 mg	948 mg	834 mg	837 mg
Kuzu Eti, Bel	307 mg	1034 mg	703 mg	1333 mg	2185 mg	323 mg	272 mg	738 mg	819 mg	933 mg	844 mg	676 mg	1316 mg	1176 mg	2047 mg	1360 mg	959 mg	802 mg
Kuzu Eti, But	276 mg	977 mg	687 mg	1479 mg	1971 mg	451 mg	235 mg	793 mg	668 mg	800 mg	707 mg	672 mg	1368 mg	1367 mg	2645 mg	1494 mg	1310 mg	993 mg

	Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metiyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arginin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin
Kuzu Eti, Kol	322 mg	849 mg	607 mg	1312 mg	1739 mg	354 mg	376 mg	676 mg	584 mg	755 mg	660 mg	973 mg	1338 mg	1367 mg	2379 mg	1570 mg	1422 mg	870 mg
Kuzu Eti, Sırt	187 mg	751 mg	628 mg	1338 mg	1856 mg	344 mg	335 mg	718 mg	566 mg	838 mg	759 mg	761 mg	1297 mg	1244 mg	2287 mg	1536 mg	1289 mg	754 mg

Kaynak: (TÜRKOMP, 2021)

2.2.2. Balık Eti

Vücutta önemli rollere sahip olan balık ürünleri, sağlıklı beslenme modeli için tercih edilebilecek yüksek proteinli bir besindir (de Boer, Schösler ve Aiking, 2020). Balık ürünleri; EPA (C20:5 ω -3), DPA (C22:5 ω -3) ve DHA (C22:6 ω -3) gibi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerini içermesiyle birlikte suda çözünen B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₁₂ ve yağda eriyen D, A vitaminlerini aynı zamanda fosfor, iyot, selenyum gibi mineralleri besin içeriğinde barındırmaktadır (Yaman, Sar ve Ceylan, 2022; Ceylan vd., 2018; TÜBER, 2015; Baysal, 2014). Çeşitli çalışmalar düzenli balık ve diğer deniz ürünlerinin tüketiminin; kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, Alzheimer, romatoid artirit, astım ve kanser gibi hastalıkların önlenmesi ve tedavisi üzerine olumlu etkilerini doğrulamaktadır. Aynı zamanda, bebeklerin retina ve beyin fonksiyonlarının gelişiminde rol oynamaktadır. Tüm bu olumlu etkilerden dolayı, haftada 2–3 porsiyon balık tüketimi önerilmektedir (TÜBER, 2015; Morales ve Higuchi, 2018). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü'nün yayınladığı rapora göre Türkiye'de balık tüketimi yıllık 5,5 kg olduğu bildirilmiştir (TEPGE, 2019). Tablo 2.4'te çeşitli deniz ürünlerinin besin değerleri verilmiştir.

Tablo 2.4: Çeşitli Balık Ürünlerinin Besin Değerleri

Besin (100g)	BESİN ÖĞELERİ									
	Enerji (kcal)	Enerji (kJ)	Su	Kül	Protein	Azot	Yağ, toplam	CHO		
Alabalık, Gökkuşuğu, Yetiştirme	122	508	73.29 g	1.21 g	18.78 g	3 g	5.12 g	0.0 g		
Barbunya (Barbun)	149	621	70.2 g	1.51g	17.13 g	2.74g	8.87g	0.0 g		
Berlam	79	329	79.87 g	1.52 g	17.76 g	2.84 g	0.82 g	0.0 g		
Çipura, Yetiştirme	131	545	70.31 g	1.33 g	19.06 g	3.05 g	5.98 g	0.0 g		
Hamsi	198	825	65.68 g	1.29 g	16.95 g	2.71 g	14.36 g	0.0 g		
Hamsi (Konserve)	164	683	56.48 g	2.76 g	18.88 g	3.02 g	9.74 g	0.0 g		
İstavrit	157	654	70.37 g	1.46 g	18.62 g	2.98 g	9.08 g	0.0 g		
Kalkan	91	380	78.65 g	1.02 g	16.44 g	2.63 g	2.76 g	0.0 g		
Karides	79	328	79.25 g	1.67 g	18.08 g	2.89 g	0.67 g	0.0 g		

	Enerji (kcal)	Enerji (kJ)	Su	Kül	Protein	Azot	Yağ, toplam	CHO
Kefal (Rus Kefali)	81	338	78.86 g	1.25 g	18.53 g	2.96 g	0.73 g	0.0 g
Kefal (Sarı Kulak)	104	435	75.96 g	1.53 g	19.03 g	3.04 g	3.07 g	0.0 g
Levrek, Yetiştirme	128	536	70.90 g	1.29 g	19.48 g	3.12 g	5.55 g	0.0 g
Lüfer	216	901	66.97 g	1.12 g	17.6 g	2.82 g	16.11 g	0.0 g
Mezgit	70	293	82.87 g	1.28 g	15.27 g	2.44 g	0.97 g	0.0 g
Midye	67	277	77.85 g	1.93 g	13.09 g	2.09 g	1.53 g	0.0 g
Palamut	217	905	63.49 g	1.22 g	20.16 g	3.23 g	15.07 g	0.0 g
Sardalya (Konserve)	175	732	54.68 g	2.74 g	20.69 g	3.31 g	10.22 g	0.0 g
Tirsi	205	858	64.62 g	1.40 g	16.13 g	2.58 g	16.40 g	0.0 g
Ton Balığı (Konserve)	174	726	58.32 g	1.33 g	20.81 g	3.33 g	10.02 g	0.0 g
Zargana	126	525	73.10 g	1.44 g	20.24 g	3.24 g	4.93 g	0.0 g

MİNERALLER										
Besin (100g)	Tuz	Demir (Fe)	Fosfor (P)	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Potasyum (K)	Sodyum (Na)	Çinko (Zn)	Iyot (I)	Selenyum (Se)
Alabalık, Gökkuşığı, Yetiştirme	300 mg	0,72 mg	307 mg	28 mg	38 mg	427 mg	120 mg	1,19 mg	13,10 µg	17,1 µg
Barbunya (Barbun)	248 mg	0,88 mg	222 mg	123 mg	34 mg	315 mg	100 mg	0,59 mg	41,89 µg	33,3 µg
Berlam	267 mg	0,38 mg	205 mg	42 mg	31 mg	333 mg	107 mg	0,28 mg	14,52 µg	18,7 µg
Çipura, Yetiştirme	196 mg	0,25 mg	269 mg	24 mg	31 mg	371 mg	79 mg	0,36 mg	11,47 µg	13,2 µg
Hamsi	191 mg	0,98 mg	227 mg	79 mg	30 mg	317 mg	77 mg	1,89 mg	10,68 µg	26,4 µg
Hamsi (Konserve)	1837 mg	2,74 mg	483 mg	548 mg	54 mg	254 mg	735 mg	2,85 mg	-	46,6 µg
İstavrit	305 mg	0,82 mg	246 mg	106 mg	37 mg	361 mg	122 mg	1,44 mg	25,96 µg	31,2 µg
Kalkan	378 mg	0,92 mg	242 mg	32 mg	32 mg	352 mg	152 mg	1,39 mg	30,07 µg	37,8 µg
Karides	669 mg	2,92 mg	197 mg	229 mg	46 mg	203 mg	268 mg	1,17 mg	57,88 µg	26,9 µg
Kefal (Rus Kefali)	117 mg	2,49 mg	208 mg	145 mg	438 mg	721 mg	47 mg	4,85 mg	29,65 µg	14,9 µg

	Tuz	Demir (Fe)	Fosfor (P)	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Potasyum (K)	Sodyum (Na)	Çinko (Zn)	Iyot (I)	Selenyum (Se)
Kefal (Sarı Kulak)	168 mg	1.17 mg	217 mg	18 mg	29 mg	364 mg	67 mg	0.49 mg	80.51 µg	14 µg
Levrek, Yetiştirme	180 mg	0.31 mg	216 mg	37 mg	28 mg	367 mg	72 mg	0.54 mg	9.94 µg	13.7 µg
Lüfer	196 mg	0.59 mg	197 mg	34 mg	31 mg	328 mg	79 mg	0.78 mg	25.22 µg	28.8 µg
Mezgit	310 mg	0.48 mg	161 mg	61 mg	27 mg	263 mg	124 mg	0.41 mg	19.50 µg	23.4 µg
Midye	747 mg	3.31 mg	188 mg	44 mg	51 mg	205 mg	299 mg	2.97 mg	101.13 µg	48.9 µg
Palamut	148 mg	1 mg	234 mg	16 mg	35 mg	369 mg	59 mg	0.49 mg	33.70 µg	39.2 µg
Sardalya (Konserve)	1473 mg	2.61 mg	447 mg	540 mg	45 mg	285 mg	589 mg	2.11 mg	-	47.5 µg
Tırsi	237 mg	1.16 mg	235 mg	64 mg	31 mg	359 mg	95 mg	1.03 mg	31.24 µg	21.8 µg
Ton Balığı (Konserve)	841 mg	1.1 mg	181 mg	10 mg	29 mg	259 mg	337 mg	0.47 mg	-	43.9 µg
Zargana	240 mg	0.64 mg	246 mg	82 mg	40 mg	360 mg	96 mg	1.87 mg	16.37 µg	20.8 µg

VİTAMİNLER										
Besin (100g)	Tiamin	Riboflavin	Niasin Eşdeğerleri (toplam)	Niasin	Vitamin B ₆ (toplam)	Vitamin B ₁₂	Vitamin A	Retinol	Vitamin D (IU)	Vitamin D ₃ (kolekalsiferol)
Alabalık, Gökkuşuğu, Yetiştirme	0.206 mg	0.062 mg	11.65 NE	7.478 mg	0.351 mg	4.01 µg	31 RE	31 µg	192 IU	4.8 µg
Barbunya (Barbun)	0.099 mg	0.121 mg	6.65 NE	2.607 mg	0.403 mg	5.51 µg	21 RE	21 µg	145 IU	3.6 µg
Berlam	0.118 mg	0.079 mg	7.222 NE	3.518 mg	0.344 mg	2.16 µg	-	-	-	-
Çipura, Yetiştirme	0.129 mg	0.115 mg	9.57 NE	5.004 mg	0.511 mg	2.91 µg	26 RE	26 µg	1038 IU	25.9 µg
Hamsi	0.063 mg	0.179 mg	11.12 NE	7.721 mg	0.165 mg	4.83 µg	35 RE	35 µg	313 IU	7.8 µg
Hamsi (Konserve)	0.04 mg	0.097 mg	7.693 NE	3.570 mg	0.173 mg	2.13 µg	2 RE	2 µg	64 IU	1.6 µg
İstavrit	0.156 mg	0.191 mg	10.69 NE	6.319 mg	0.475 mg	7.39 µg	58 RE	58 µg	518 IU	12.9 µg
Kalkan	0.075 mg	0.071 mg	6.672 NE	2.968 mg	0.203 mg	1.7 µg	14 RE	14 µg	58 IU	1.4 µg
Karides	0.029 mg	0.045 mg	7.502 NE	3.386 mg	0.211 mg	2.17 µg	5 RE	5 µg	53 IU	1.3 µg
Kefal (Rus Kefali)	0.083 mg	0.082 mg	10.51 NE	6.069 mg	0.416 mg	3.92 µg	15 RE	15 µg	-	-

	Tiamin	Riboflavin	Niasin Eşdeğerleri (toplamlam)	Niasin	Vitamin B ₆ (toplamlam)	Vitamin B ₁₂	Vitamin A	Retinol	Vitamin D (IU)	Vitamin D ₃ (kolekalsiferol)
Kefal (Sarı Kulak)	0.081 mg	0.119 mg	12.27 NE	7.419 mg	0.519 mg	3.54 µg	18 RE	18 µg	51 IU	1.3 µg
Levrek, Yetiştirme	0.231 mg	0.111 mg	10.65 NE	6.321 mg	0.405 mg	3.74 µg	80 RE	80 µg	154 IU	3.8 µg
Lüfer	0.178 mg	0.165 mg	10.11 NE	6.882 mg	0.455 mg	2.51 µg	48 RE	48 µg	199 IU	5 µg
Mezgit	0.098 mg	0.114 mg	6.164 NE	2.611 mg	0.253 mg	1.31 µg	18 RE	18 µg	1 IU	1.3 µg
Midye	0.127 mg	0.238 mg	6.534 NE	2.461 mg	0.152 mg	7.52 µg	45 RE	45 µg	94 IU	2.3 µg
Palanut	0.132 mg	0.142 mg	18.05 NE	13.576 mg	0.367 mg	4.21 µg	36 RE	36 µg	586 IU	14.6 µg
Sardalya (Konserve)	0.018 mg	0.119 mg	7.637 NE	3.641 mg	0.181 mg	1.7 µg	0 RE	0 µg	140 IU	3.5 µg
Tirsi	0.058 mg	0.136 mg	7.487 NE	4.395 mg	0.161 mg	6.89 µg	10 RE	10 µg	703 IU	17.6 µg
Ton Balığı (Konserve)	0.022 mg	0.038 mg	8.752 NE	3.960 mg	0.015 mg	1.88 µg	0 RE	0 µg	45 IU	1.1 µg
Zargana	0.065 mg	0.073 mg	14.49 NE	9.020 mg	0.237 mg	3.44 µg	33 RE	33 µg	231 IU	5.8 µg

YAĞ ASİTLERİ				
Besin (100g)	Yağ Asitleri – Toplam Doymuş	Yağ Asitleri – Toplam Tekli Doymamış	Yağ Asitleri – Toplam Çoklu Doymamış	Kolesterol
Alabalık, Gökkuşuğu, Yetiştirme	1.206 g	1.662 g	1.481 g	56 mg
Barbunya (Barbun)	2.755g	3.205g	1.306 g	61 mg
Berlam	0.211 g	0.19 g	0.149 g	62 mg
Çipura, Yetiştirme	1.329 g	1.923 g	1.488 g	57 mg
Hamsi	4.313 g	3.316 g	4.637 g	52 mg
Hamsi (Konserve)	4.028 g	4.422 g	0.226 g	93 mg
İstavrit	2.607 g	2.905 g	2.069 g	63 mg
Kalkan	0.637 g	0.857 g	0.721 g	51 mg
Karides	0.196 g	0.141 g	0.11 g	145 mg
Kefal (Rus Kefali)	0.156 g	0.215 g	0.093 g	59 mg

	Yağ Asitleri – Toplam Doymuş	Yağ Asitleri – Toplam Tekli Doymamış	Yağ Asitleri – Toplam Çoklu Doymamış	Kolesterol
Kefal (Sarı Kulak)	0.876 g	0.954 g	0.696 g	61 mg
Levrek, Yetiştirme	1.318 g	1.803 g	1.604 g	54 mg
Lüfer	4.581 g	4.058 g	3.06 g	53 mg
Mezgit	0.219 g	0.164 g	0.222 g	77 mg
Midye	0.358 g	0.201 g	0.519 g	65 mg
Palamut	4.604 g	3.721 g	4.494 g	53 mg
Sardalya (Konserve)	4.711 g	3.268 g	0.953 g	65 mg
Tirsi	3.889 g	4.055 g	4.234 g	52 mg
Ton Balığı (Konserve)	3.853 g	4.959 g	0.118 g	34 mg
Zargana	1.315 g	1.332 g	1.47 g	86 mg

AMİNO ASİTLER		Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metiyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arjinin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin	
Besin (100g)																				
Alabalık, Gökkuşağı, Yetiştirme	251 mg	1114 mg	820 mg	1345 mg	2199 mg	550 mg	236 mg	721 mg	630 mg	850 mg	829 mg	794 mg	1180 mg	1853 mg	2712 mg	938 mg	724 mg	947 mg		
Barbunya (Barbun)	243 mg	1070 mg	650 mg	1244 mg	2045 mg	488 mg	159 mg	692 mg	525 mg	678 mg	949 mg	610 mg	534 mg	1552 mg	2333 mg	907 mg	851 mg	871 mg		
Berlam	223 mg	1171 mg	613 mg	1152 mg	1692 mg	526 mg	242 mg	622 mg	470 mg	647 mg	704 mg	610 mg	661 mg	1439 mg	2480 mg	854 mg	1115 mg	861 mg		
Çipura, Yetiştirme	274 mg	1680 mg	829 mg	1497 mg	2625 mg	559 mg	96 mg	819 mg	694 mg	939 mg	933 mg	611 mg	700 mg	1819 mg	2860 mg	1135 mg	594 mg	903 mg		
Hamsi	205 mg	1077 mg	707 mg	1214 mg	1585 mg	437 mg	209 mg	678 mg	450 mg	758 mg	1086 mg	1150 mg	358 mg	1503 mg	2228 mg	779 mg	1471 mg	798 mg		

	Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arginin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin
Hamsi (Konserve)	248 mg	838 mg	790 mg	1341 mg	2433 mg	427 mg	130 mg	807 mg	610 mg	827 mg	394 mg	1343 mg	846 mg	1268 mg	1721 mg	585 mg	533 mg	630 mg
İstavrit	263 mg	1215 mg	969 mg	1617 mg	2562 mg	621 mg	199 mg	919 mg	796 mg	983 mg	896 mg	1099 mg	876 mg	1349 mg	2446 mg	993 mg	1068 mg	1035 mg
Kalkan	223 mg	1280 mg	544 mg	942 mg	1438 mg	418 mg	147 mg	465 mg	436 mg	545 mg	349 mg	561 mg	894 mg	1594 mg	2181 mg	782 mg	610 mg	743 mg
Karides	247 mg	926 mg	696 mg	1307 mg	1826 mg	490 mg	152 mg	756 mg	542 mg	702 mg	616 mg	433 mg	966 mg	1528 mg	2681 mg	1673 mg	784 mg	658 mg
Kefal (Rus Kefali)	267 mg	1422 mg	698 mg	307 mg	1712 mg	541 mg	239 mg	681 mg	689 mg	750 mg	633 mg	783 mg	1263 mg	1691 mg	2326 mg	1063 mg	808 mg	897 mg

	Triptofan	Treonin	Izoleusin	Lösin	Lizin	Metyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arginin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin
Kefal (Sarı Kulaak)	287 mg	1311 mg	727 mg	1400 mg	2054 mg	534 mg	218 mg	779 mg	896 mg	770 mg	1081 mg	708 mg	956 mg	1443 mg	1780 mg	1109 mg	643 mg	929 mg
Levrek, Yetiştirme	260 mg	1215 mg	769 mg	1361 mg	2144 mg	597 mg	163 mg	750 mg	599 mg	797 mg	957 mg	647 mg	739 mg	1860 mg	2731 mg	901 mg	967 mg	971 mg
Lüfer	194 mg	1066 mg	612 mg	1142 mg	1739 mg	474 mg	153 mg	621 mg	500 mg	639 mg	886 mg	731 mg	640 mg	2050 mg	2421 mg	807 mg	622 mg	815 mg
Mezgit	214 mg	974 mg	571 mg	1043 mg	1644 mg	471 mg	173 mg	553 mg	445 mg	580 mg	834 mg	379 mg	555 mg	1779 mg	2289 mg	627 mg	466 mg	753 mg
Midyeye	242 mg	1135 mg	531 mg	859 mg	1486 mg	309 mg	114 mg	601 mg	596 mg	622 mg	787 mg	467 mg	676 mg	1504 mg	2032 mg	949 mg	208 mg	794 mg

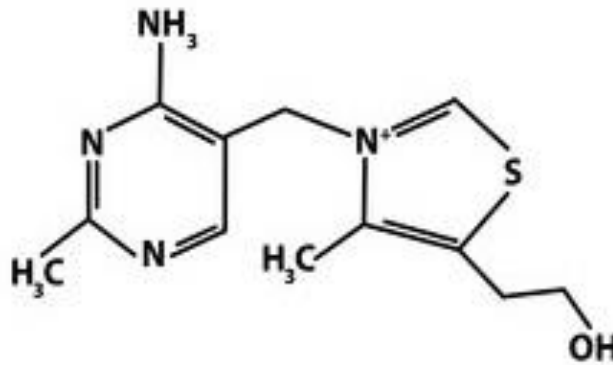
	Triptofan	Treonin	Izolestin	Lösin	Lizin	Metiyonin	Sistin	Fenilalanin	Tirozin	Valin	Arginin	Histidin	Alanin	Aspartik Asit	Glutamik Asit	Glisin	Prolin	Serin
Palamut	269 mg	1242 mg	720 mg	1351 mg	2167 mg	472 mg	166 mg	694 mg	639 mg	780 mg	840 mg	2181 mg	902 mg	1911 mg	2312 mg	886 mg	672 mg	1050 mg
Sardalya (Konserve)	240 mg	1228 mg	800 mg	1370 mg	2350 mg	488 mg	196 mg	775 mg	662 mg	916 mg	557 mg	2052 mg	1166 mg	1929 mg	2476 mg	836 mg	651 mg	982 mg
Tirsi	186 mg	794 mg	734 mg	1270 mg	2144 mg	495 mg	140 mg	668 mg	552 mg	767 mg	441 mg	574 mg	1013 mg	1451 mg	2254 mg	807 mg	700 mg	759 mg
Ton Balığı (Konserve)	288 mg	1289 mg	827 mg	1445 mg	2420 mg	507 mg	192 mg	797 mg	684 mg	969 mg	596 mg	1988 mg	1129 mg	2053 mg	2634 mg	884 mg	647 mg	1038 mg
Zargana	329 mg	1367 mg	755 mg	1494 mg	2152 mg	601 mg	155 mg	790 mg	613 mg	776 mg	1491 mg	974 mg	488 mg	2013 mg	2613 mg	1065 mg	815 mg	1079 mg

Kaynak: (TÜRKOMP, 2021)

2.3. Tiamin (Vitamin B₁)

2.3.1. Genel Özellikleri ve Kimyasal Yapısı

Küçük miktarda alınmalarına rağmen, vücut fonksiyonlarında görev alan organik maddeler “vitamin”lerdir. Vitaminler, yağda eriyen ve suda çözünen olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Suda çözünen vitamin grubu, B vitaminleri ile C vitamini kapsamaktadır ve ko-enzim olarak görev almasının yanı sıra birçok biyokimyasal reaksiyonda yer alırlar. Tiamin, Niasin, Vitamin B₆, Riboflavin, Pantotenik Asit, Biotin, Folat ve Vitamin B₁₂ B grubu vitaminlerini oluşturmaktadır (Yaman vd., 2021; TÜBER, 2015). 1936 yılında kimyasal yapısı ve sentezi R. R. Williams tarafından gerçekleştirilerek, B gurubu vitaminleri arasında ilk tanımlanan vitamin “tiamin” olmuştur. Tiamin, kelime olarak “kükürt bulunan amin” anlamına gelmektedir. Pirimidin molekülü ile tiazol molekülünün, metil köprüsü oluşturarak, birbirine bağlanmasıyla tiamin oluşmaktadır (Baysal, 2014). Şekil 2.3’te kimyasal yapısı verilmiştir. Yaşamsal faaliyetlerin devamlılığında rolü büyük olan tiamin; renksiz, acımsı tatta, kendine özgü kokusu olan bir yapısı bulunmaktadır ve B grubu vitaminleri arasında ısıya en dayanıksız olandır. Sadece ısıdan değil, aynı zamanda ortamın pH ve ışık durumundan etkilenerek tiamin kayıpları yaşanabilmektedir (Ceylan vd., 2018; Türker ve Yüksel, 2019; Yaman vd., 2021; Yaman, Sar ve Ceylan, 2022; Yaman, 2019; Baysal, 2014).

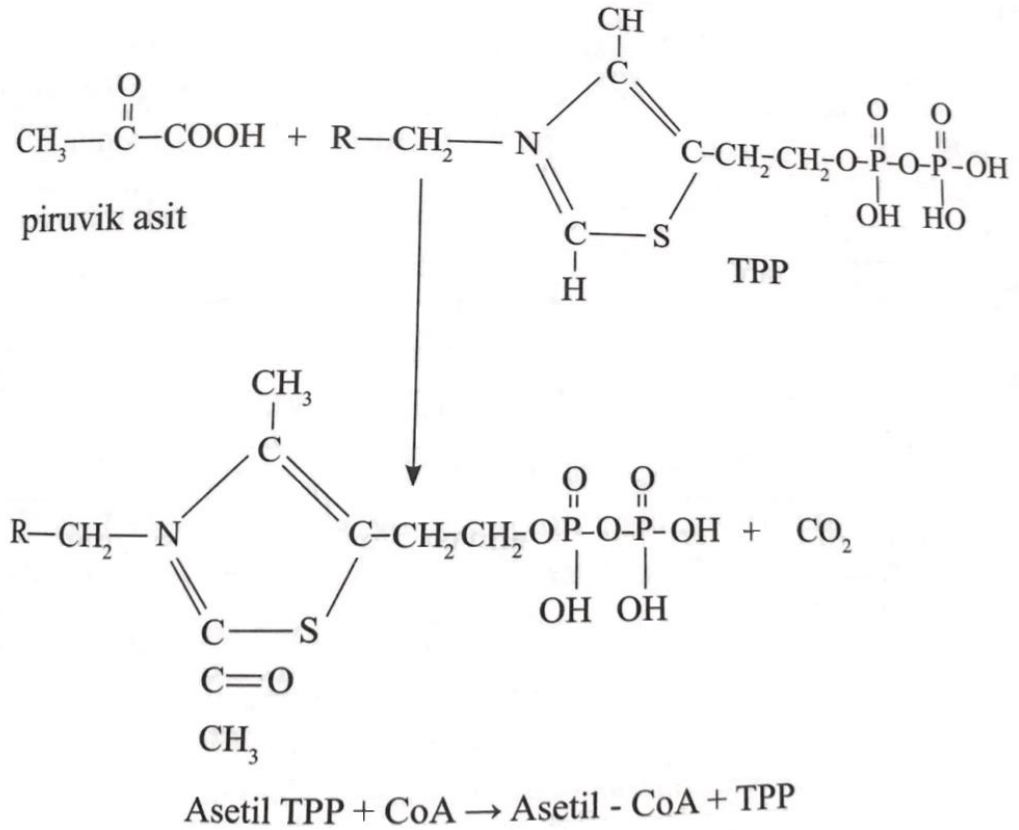


Şekil 2.3: Tiamin’in Kimyasal Yapısı

Kaynak: (Yaman vd., 2021)

2.3.2. Vücutta Kullanımı ve İşlevleri

Besinler ile alınan tiaminin miktarı; 5 mg'ın altında ise ince bağırsaktan aktif taşıma sistemiyle, 5 mg'ın üzerinde alınırsa pasif difüzyon ile emilimi gerçekleşmektedir. Emilimi büyük ölçüde etkileyen faktör, alkol tüketimidir (Baysal, 2014). Tiamin, dokularda serbest tiamin formunda veya fosfatlara bağlı bulunabilmektedir. Bunlar; tiamin monofosfat (TMP), tiamin difosfat (TDP) ve tiamin trifosfat (TTP)'tır. TDP aynı zamanda tiamin pirofosfat (TPP) olarak isimlendirilmektedir. Tiaminin metabolizmadaki aktif formu olan TPP, birçok tepkimede koenzim görevindedir. TPP, Glikojenin → Piruvata, Piruvatın → Asetil CoA'ya ve α-ketoglutarik asitin → Suksinil-CoA'ya dönüştürülmesinde rol oynamaktadır. Şekil 2.4'te tiamin pirofosfatın metabolizmadaki etkinliği gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Tiamin Pirofosfatın Metabolizmadaki Etkinliği

Kaynak: (Baysal, 2014)

Tiamin, yağ ve protein metabolizmasında sadece bir yerde aktif olarak görev aldığından, bireyin yağ ve protein ağırlıklı bir beslenme modellemesi tiamin gereksinimini etkilemezken; karbonhidrat ağırlıklı bir beslenme modelinde artan karbonhidrat miktarı ile tiamin aktivitesi artacağından, tiamin gereksinimi de aynı doğrultuda artış göstermektedir. Karbonhidrat metabolizmasının yanında, enerji, aminoasit metabolizması, sinir sistemi, DNA sentezi gibi birçok reaksiyonda görev almaktadır (Yaman vd., 2021; Yaman, 2019; Türker ve Yüksel, 2019; Baysal, 2014). Bir çalışmada da tiaminin damar sertleşmesinin önlediği ve düzenli tiamin alımının (6 ay kadar) HDL kolesterol seviyelerinde iyileşme olduğu bildirilmiştir (Türker ve Yüksel, 2019).

2.3.3. Günlük Gereksinimi ve Kaynakları

Tiamin için günlük gereksinim, idrar tahlili ve kan parametreleri değerlendirilerek belirlenmektedir (Baysal, 2014). Beslenmeden alınan enerji ve karbonhidrat miktarı tiamin gereksinimini etkilemektedir (Türker ve Yüksel, 2019). Gereksinimi etkileyen bir diğer faktörlerde; bireyin cinsiyeti, yaşı ve gebelik durumudur (FAO/WHO, 2004; Yaman, vd., 2021). Birçok kaynak tiamin gereksinimini ortalama 1,2 mg olarak önermektedir (Yaman vd., 2021; Yusufoglu, Özkan ve Yaman, 2019; Yaman, 2019). Tiamin için önerilen alım düzeyleri Tablo 2.5'te verilmiştir. Alınan enerji düzeyine göre gereksinim hesaplandığında, her 1000 kcal için 0,4 mg tiamin alımı önerilmektedir (Demirci, 2016). Sporcularda ise tiamin gereksiniminin 1 mg altına düşmemesi önerilmektedir. Kalp, karaciğer ve böbreklerde eser miktarda depolanan tiaminin gereksiniminden fazla alımı, idrar ile atılmaktadır (Türker ve Yüksel, 2019). Bazı besinlerin tüketimi tiamin alımını engellemektedir. Bunlar; yaban mersini, pancar, kırmızı lahana ve brüksel lahanasıdır (Yaman vd., 2021). Tiamin bakımından en iyi kaynaklar; bitki tohumları, tahıl ürünleri, maya, et, fındık, yumurta, karaciğer, patates, süt, kurubaklagiller, domuz eti, sebzeler ve meyvelerdir (Yaman vd., 2021; Yusufoglu, Özkan ve Yaman, 2019; Ünsal, 2019; TÜBER, 2015; Türker ve Yüksel, 2019; Baysal, 2014; Demirci, 2016).

Tablo 2.5: Tiamin İçin Önerilen Alım Düzeyleri

Grup		Önerilen Alım Düzeyi (mg/gün)
Bebeklik ve Çocukluk Dönemi	0 – 6 ay	0.2
	7 – 12 ay	0.3
	1 – 3 yaş	0.5
	4 – 6 yaş	0.6
	7 – 9 yaş	0.9
Ergenlik Dönemi (10 – 18 yaş)	Kız	1.1
	Erkek	1.2
Yetişkinlik Dönemi (+19 yaş)	Kız	1.1
	Erkek	1.2
Gebelik Dönemi		1.4
Emzirme Dönemi		1.5

Kaynak: (FAO/WHO, 2004; TÜBER,2015)

2.3.4. Yetersizliği ve Toksik Etkisi

Tiamin alım seviyeleri değişebilmektedir (Yaman, 2019). Yüksek ateş, diare, ameliyat durumları, alkol ve sigara tüketimi, kafein miktarı ve antibiyotik kullanımına bağlı tiaminin işlevselliği etkilenmekte ve gereksinimi artmaktadır (Türker ve Yüksel, 2019). Tiamin eksikliğinde; iştah kaybı, kilo kaybı, yorgunluk, kusma, sindirim sistemi bozuklukları, baş dönmesi, depresyon, duyu durum bozuklukları, sinir sistemi hasarları, eklemelerde şişme, kalp yetmezliği, kabızlık, Wernicke-Korsakoff sendromu ve beriberi hastalığı görülmektedir (Yaman vd., 2021; Yaman, Sar ve Ceylan, 2022;

Türker ve Yüksel, 2019; Ünsal, 2019; TÜBER, 2015). 500 mg tiaminin, parenteral yolla alımında toksik etki gösterdiği ancak aynı seviyede oral yolla alımında herhangi bir tepkime görülmediği bildirilmiştir (Baysal, 2014).

2.4. Biyoyararlılık ve Biyoerişilebilirlik

Sağlıklı ve dengeli beslenme modelinden tam yararlanım sağlayabilmek için, biyoyararlılık ve biyoerişilebilirlik kavramları önem arz etmektedir (Yaman, Sar ve Ceylan, 2022). Kavramlara bakıldığında biyoyararlılık; besinin sindirilmesi ve sonrasında gerekli tüm vücut/hücre fonksiyonlarının o besin üzerinden, besin öğelerinin elde edilerek, gerekli yararlanımı sağlaması veya depolanmasıdır. Biyoerişilebilirlik ise; sindirilen besinin, besin öğelerine parçalanması ve emilim için hazır olan miktar olarak tanımlanmaktadır (İnce ve Çağındı, 2021). Biyoyararlılık çalışmaları *in-vivo*, biyoerişilebilirlik çalışmaları ise *in-vitro* çalışma modelleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. *In-vivo* çalışma modeli zaman, maliyet ve kurul denetimi gerektirdiğinden ve aynı zamanda çalışma sonuçları *in-vitro* çalışma modeli ile pozitif korelasyon gösterdiğinden, araştırmalarda *in-vitro* yöntemin kullanımı daha tercih edilmektedir. *In-vitro* laboratuvar çalışmaları; Caco-2 hücreleri kullanılarak, insan sindirim sisteminin laboratuvar koşullarında modellenmesi ile biyoerişilebilirlik analizleri gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma prensibinin avantajı; tüm gıda örneklerine uygulanabilir, zamandan tasarruf sağlayabilir ve güvenilir olmasıdır (Yaman, 2019; Yaman, Sar ve Ceylan, 2022; Mizrak, 2019; Ertekin Tezcan, 2020). Vitaminlerde diğer besin öğeleri gibi ortamın pH'sından, sıcaklığından, ışıktan, saklama koşullarından ve pişirme yöntemlerinden etkilenebilmektedir (Baysal, 2014). Bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda, etkilenen vitamin B₆'nın %56 ile %67 aralığında farklı biyoerişilebilirlik seviyeleri gösterdiği bildirilmiştir (Yaman, 2019). Tiamin biyoerişilebilirliği üzerine yapılan bir çalışmada da ortamın pH'sı 1,5 iken tiamin %81 biyoerişilebilirlik gösterirken, pH 4'e yükseldiğinde tiamin biyoerişilebilirliği %65'e düştüğü görülmüştür (Yaman vd., 2021).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Gıda örnekleri (somon eti ve kırmızı et) İstanbul'da bulunan uluslararası bir süpermarketten temin edilmiştir. Tiamin, KH_2PO_4 , hidroklorik asit (HCl), $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, MeOH, asetonitril, müsin, ürik asit, üre, safra tuzları karışımı, NaHCO_3 , sığır serum albümini, sodyum klorür (NaCl), potasyum klorür (KCl), kalsiyum klorür dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), lipaz (domuz pankreasından Tip II, 100-500 ünite/mg protein), domuz mide mukozasından liyofilize tozdan pepsin (≥ 250 ünite/mg katı), pankreatin (domuz pankreasından 8 x USP spesifikasyonları), *Aspergillus oryzae* tozundan α -amilaz (1,5 U/mg), asit *Aspergillus oryzae*'den fosfataz (patatesten elde edilen, 0,5-3,0 U/mg) ve taka diastaz (100 U/mg) Sigma-Aldrich'ten (St. Louis, MO, ABD) temin edilmiştir. Yüksek gerilim ünitesi, şırınga pompa ünitesi ve düz kollektörden oluşan Fytronix ESP-900 elektrodönürme cihazı (Elazığ – Türkiye) nanolif üretimi için kullanılmıştır.

3.2. Nanolif Üretimi

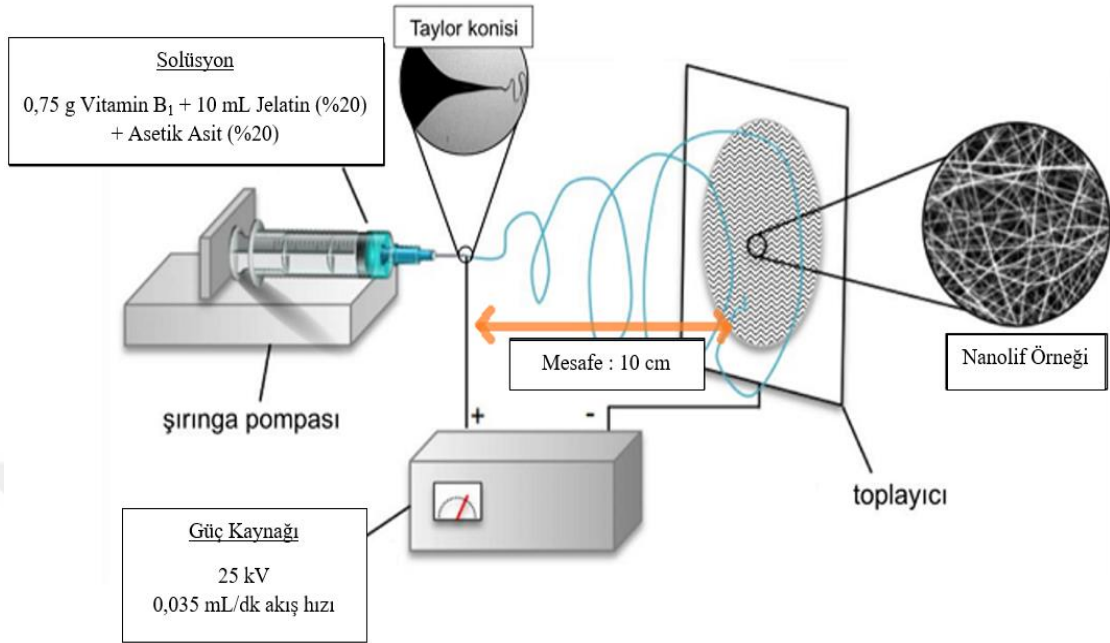
3.2.1. Elektrodöndürme Solüsyonunun Hazırlanması

20 gram jelatin ve 20 mL asetik asit 100 mL saf suda çözündürülmüştür. Hazırlanan çözümlerden 10 mL (jelatin (%20) ve asetik asit (%20)) alınarak üzerine 0,75 gram tiamin tartılarak ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra, bir şırınga içerisine aktararak elektrodöndürme cihazındaki şırınga pompasına yerleştirilmiştir.

3.2.2. Elektrodöndürme Prosesi

Yüksek gerilim ünitesi, şırınga pompa ünitesi ve düz kollektörden oluşan Fytronix ESP-900 model Elektrodöndürme Cihazı (Elazığ – Türkiye) kullanılarak tiamin yüklü nanolifler üretilmiştir. Nanolif üretimi için hazırlanan solüsyon, şırınga pompasına yerleştirildikten sonra; cihaz ısısının 23 °C ile 25 °C aralığında, uygulanacak yüksek voltajın 25 kV ve akış hızının 0,035 mL/dk olacak şekilde ayarlanması yapılmıştır.

Ayrıca, Taylor konisi ile toplayıcı arasındaki mesafe 10 cm olacak şekilde düzenlenmiştir. Şekil 3.1’de belirlenen parametreler şematize edilmiştir.



Şekil 3.1: Elektrodondürme Prosesinin Şeması

Kaynak: (Arslan, 2015)

3.2.3. Nanoliflerin Morfolojik Karakterizasyonu: SEM Analizi

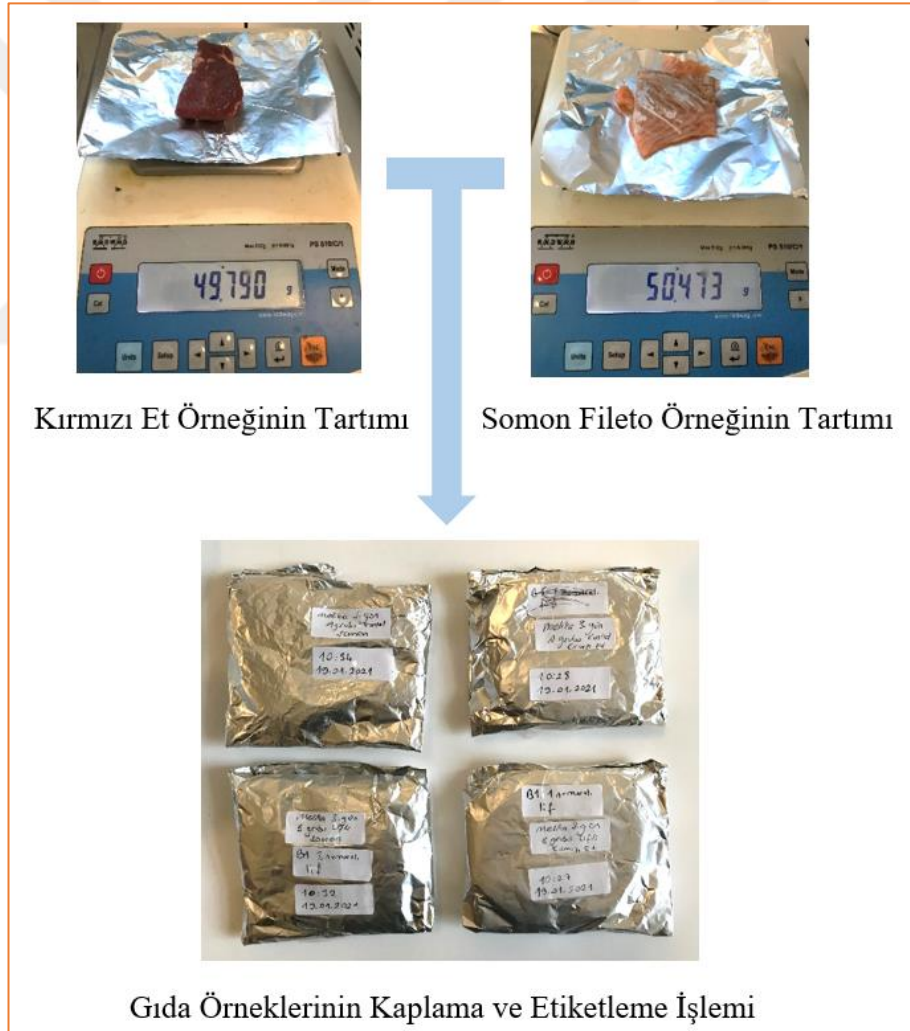
Tiamin yüklü nanoliflerin morfolojileri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (Zeiss Supra 50 VP, Oberkochen, Almanya) ile tespit edilmiştir. 8 mm’lik mesafede farklı büyütme oranları kullanılarak ve 5 kV’lık bir voltaj ayarlanarak nanoliflerin morfolojileri belirlenmiştir.

3.3. Gıda Örneklerinin: Kaplanması ve Analiz Sürecine Hazır Hale Getirilmesi

İstanbul’da bulunan uluslararası bir market zincirinden çalışma örnekleri alınmıştır. Kırmızı et için dana madalyon bonfile eti tercih edilirken, balık ürünü olarak da somon fileto (Kültür, Norveç) tercih edilip çalışmada kullanılmıştır. Bu farklı örneklerin seçilme amacı, birbirinden farklı bağ dokusuna, yağ yapısına ve besin bileşimine sahip olmasıdır.

Alınan örneklerin taşınması esnasında herhangi ısı değişimine maruz kalmasını önlemek amacıyla, +4 °C koşulu göz önünde bulundurularak, buzlu ve termal özellikli

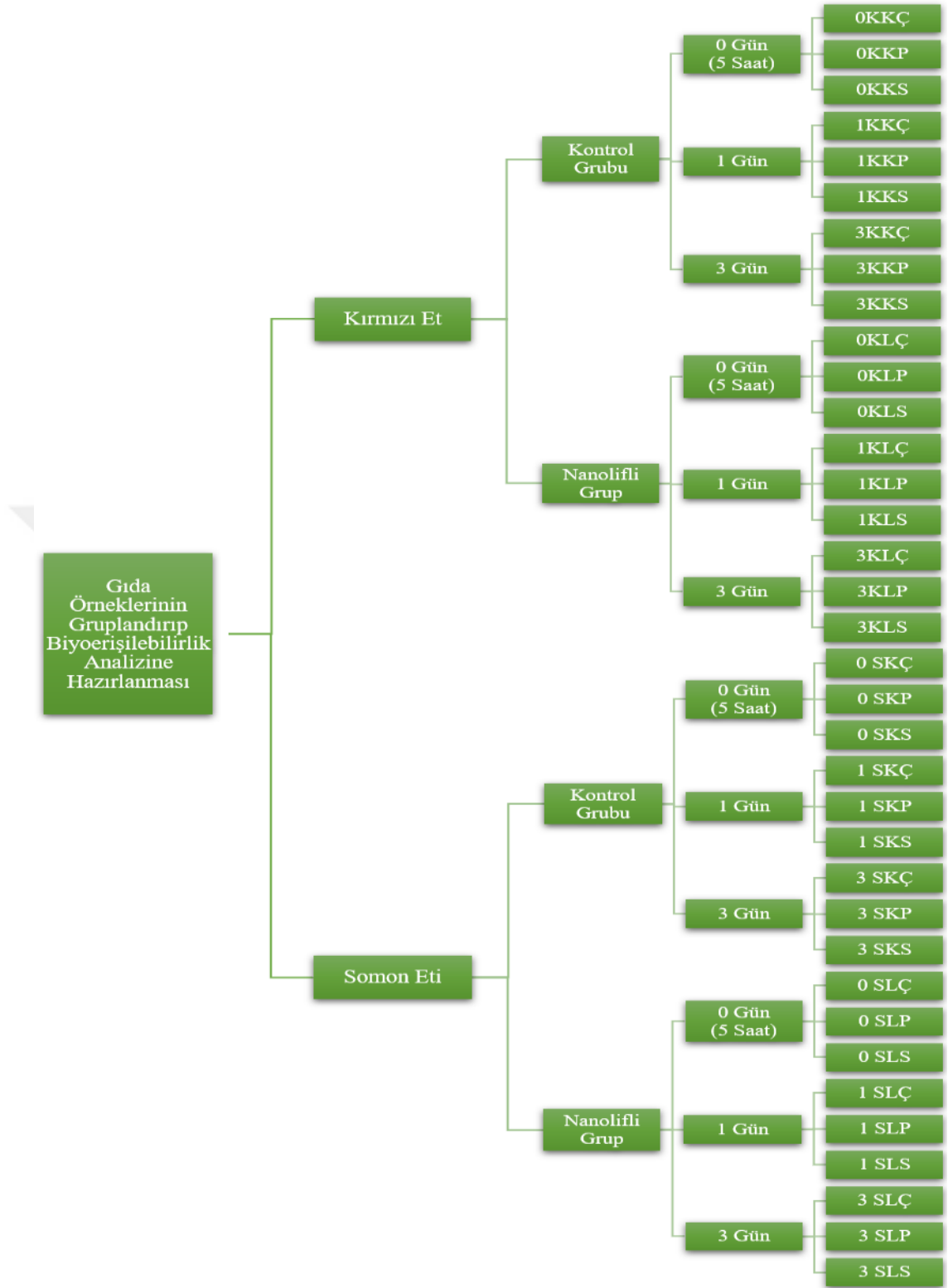
taşıma kabında İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi'ne getirilmiştir. Gıda örnekleri başlangıçta kontrol grubu ve nanolifli grup olacak şekilde iki farklı gruba ayrılmıştır. Kırmızı et ve somon eti örneklerinin, kontrol ve nanolifli gruplarının her biri için $50 \pm 0,5$ g olacak şekilde tartımları gerçekleştirilmiştir. Tartım sonrası kontrol grubu boş alüminyum folyo ile, nanolifli deney grubu ise tiamin yüklü nanoliflerin bulunduğu alüminyum folyolar ile kaplanmıştır. Şekil 3.2'de gıda ürünlerinin tartım ve kaplanma işlemlerinden bir örnek verilmiştir. Kaplama işlemi sonrası Şekil 3.3'te verilen tüm gıda örnekleri soğuk muhafaza koşullarında ($+4$ °C) depolanmış ve 0. gün (5 saat), 1. gün ve 3. gün örnekler soğuk muhafazadan çıkartılarak gerekli analizlere tabii tutulmuştur.



Şekil 3.2: Gıda Örneklerinin Tartım ve Kaplama Aşaması

0 gün (5 saat), 1 gün ve 3 gün soğuk muhafazada bekleme işleminden sonra, numunelerin her birinin kaplamaları kontrollü bir şekilde açılmıştır. Kontrol ve nanolifli grupların her birinden 5 g tartılarak, analiz işlem basamaklarına göre 6'lı gruplar oluşturulmuştur. 3 farklı bekleme süreleri için aynı işlem tekrarlanmıştır. Daha pratik ve güvenilir çalışma devamlılığı için 5 g tartılan tüm örnekler kodlanarak, toplamda 36 adet örneklem (18 kırmızı et ve 18 somon eti) analiz süreci için hazır konuma getirilmiştir. Gıda rnekleri gruplandırılıp 36 örneklem analiz için kodlanmıştır. şekil 3.3'te gıda örneklerinin gruplandırılması, Tablo 3.1'de ise çalışma ürünlerinin kodlamalarının açılımı verilmiştir.





Şekil 3.3: Gıda Örneklerinin Gruplandırılması

Tablo 3.1: Gıda Örneklerinin Kodlamalarının Açılımı

1. Bekleme Süresi	2. Gıda Örneğinin Ne Olduğu?	3. Kontrol Gurubu / Nanolifli Grup	4. Gıda Örneğinin Durumu
0: 0 gün (5 saat)	K: Kırmızı Et	K: Kontrol Grubu	Ç: Çiğ
1: 1 gün	S: Somon Eti	L: Nanolifli Grup	P: Pişmiş
3: 3 gün			S: Sindirim

3.4. Biyoerişilebilirlik Analizi

Biyoerişilebilirlik analizi için kullanılan tüm yöntemler, Yaman (2019) tarafından önerilen yöntem üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. *İn-Vitro* Sindirim Metodu

3.4.1.1. Sindirim Solüsyonlarının Hazırlanması

İn-vitro sindirim metodunda; insan sindirim sistemi modellemesi laboratuvar ortamında ağız, mide, ince bağırsak ve safra solüsyonları hazırlanarak gerçekleştirilmektedir.

Ağız ortamı: 1,7 mL NaCl (175,3 g/L), 8 ml üre (25 g/L), 15 g ürik asit, 280 mg α -amilaz ve 25 mg müsin, 500 mL'lik bir erlende deiyonize su ile çözündürülmüştür. Daha sonra hacim deiyonize su ile tamamlanmıştır ve pH, yaklaşık $6,8 \pm 0,2$ olarak ayarlanmıştır. pH istenen değerde değilse, HCl veya NaOH çözeltisi kullanılarak istenilen aralığa getirilmiştir.

Mide ortamı: 6,5 mL HCl (37 g/L), 18 mL CaCl₂.H₂O (22 g/L), 1 g sığır serumu albümini, 2,5 g pepsin ve 3 g musin, 500 mL'lik bir erlen içerisinde deiyonize su ile çözündürülmüştür. Daha sonra hacim deiyonize su ile tamamlanarak, pH 1,5'a ($\pm 0,02$) getirilmiştir. pH istenen aralıkta değilse, HCl veya NaOH çözeltisi ile istenilen değere getirilmiştir.

İnce bağırsak ortamı: 6,3 mL KCl (89,6 g/L), 9 mL CaCl₂.2H₂O (22,2 g/L), 2 g sığır serum albümini, 1 g pankreatin ve 1,5 g lipaz, deiyonize su ile 500 mL'lik bir erlen içerisinde çözündürülmüştür. Hacim deiyonize su ile tamamlanarak, pH $8,0 \pm 0,2$

olarak ayarlanmıştır. pH istenilen değerde değilse, HCl veya NaOH çözeltisi ile istenilen değere getirilmiştir.

Safra solüsyonu: 68,3 mL NaHCO₃ (84,7 g/L), 10 mL CaCl₂.2H₂O (22,2 g/L), 1,8 g sığır serum albümini ve 30 g safra, 500 mL'lik bir erlende deiyonize su ile çözdürülmüştür. Daha sonra hacim deiyonize su ile tamamlanarak, pH 7,0 ± 0,2 olarak ayarlanmıştır.

3.4.1.2. *In-Vitro* Sindirim Metodunun Uygulanması

Soğuk depolarda bekleme sürelerini tamamlayan gıda örnekleri, *in-vitro* sindirim prosesi için hazırlandı. İki gıda örneğinden (kırmızı et – somon eti) analiz grupları için 5 g tartımları gerçekleştirildikten sonra çiğ olarak analiz edilecek gıda örnekleri dışındaki tüm numunelerin pişirilme işlemi gerçekleştirildi. 5 gramlık örnekler yağlı kağıda sarılarak 200 °C'de 5 dk olacak şekilde mutfak tipi fırın kullanılarak pişirilme işlemine tabii tutuldular. Bu işlem, tüm sindirim ve pişmiş grup örnekleri (kontrol ve nanolifli) için uygulanmıştır. Pişirilme işlemi esnasında bekleyen tiamin yüklü nanolifler kaplanan örneklerin ışıktan etkilenmesini önlemek amacıyla, üzerleri alüminyum folyo ile kapatılmıştır. İşlem aşamasından örnek görsel Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4: Tartılan Örneklerin Kuru Isıda Pişirilme Aşaması

5 g olarak tartılıp ve sonrasında pişirilen çalışma örnekleri için ağız, mide ve ince bağırsak ortamı solüsyonları ile muamele edilerek *in-vitro* sindirim prosesi

gerçekleştirilmiştir. Bu işleme sadece kırmızı et ve somon eti örneklerinin sindirim grubundaki numuneleri (kontrol ve nanolifli) işleme tabii tutulmuştur.

Ağız Ortamı: 100 mL'lik erlen içerisine, 5 g pişmiş gıda örneği konulmuş ve üzerine hazırlanan ağız solüsyonundan 5 mL eklenmiştir. 30 saniye boyunca vortekslenerek (IKA T18 digital Ultra TURRAX, Germany) homojenize edilmiştir. Vortekslenen örnekler, su banyosunda 37 °C'de 5 dk süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Ağız ortamında sindirim prosedürü tamamlanmıştır.

Mide Ortamı: Su banyosundan alınan örneklere, mide enzimlerinin aktive olabilmesi için HCl ilave edilerek ortam pH'sı $1,5 \pm 0,02$ olarak ayarlanmış ve 12 mL mide solüsyonu ilave edilerek 30 sn boyunca vortekslenmiştir. Karıştırma işleminin ardından, tekrar su banyosunda 37 °C'de 2 saat süresince inkübasyona bırakılmıştır. Mide ortamındaki sindirim metodu tamamlanmıştır.

İnce Bağırsak Ortamı: Su banyosundan alınan solüsyonun, ortamın pH'sı $7,0 \pm 0,2$ olarak ayarlanarak ince bağırsak sindirim koşullarına hazır hale getirilmiştir. pH ayarlandıktan sonra 10 mL ince bağırsak solüsyonu ile 5 mL safra solüsyonu ilave edilmiştir. Örnekler tekrardan çalkalamalı su banyosunda 37 °C'de 2 saat süresince inkübasyona bırakılmıştır.

Sindirim işlemi tamamlandıktan sonra son hacim, 50 mL'ye deiyonize su ile tamamlanarak seyreltilmiştir. Seyreltilme işleminden sonra örnekler, 8000 rpm'de 10 dk süresince santrifüj (Hitachi CR22N, Japan) edilerek *in-vitro* sindirim uygulama aşaması tamamlanmıştır.

3.4.2. HPLC Yöntemi ile Vitamin B₁ (Tiamin) Tayini

3.4.2.1. Çözeltilerin Hazırlanması

Tüm çözeltilerin çalışmanın yapılacağı zaman hazırlanması önerilmektedir. Hazırlanan çözeltiler süzme cihazından süzülerek ve ultrasonik su banyosunda (Selecta ultrasons H-D) gazı alınarak kullanılmıştır.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi (%15): 15 g sodyum hidroksit 100 mL'lik balon joje içine tartılarak, hacim deiyonize suyla tamamlanmıştır. Su eklenirken aşırı ısınma olmamasına dikkat edilmiştir.

Potasyum Ferrisiyanid Çözeltisi (%1): 25 mL'lik balon jöjeye 0,250 g potasyum ferrisiyanid tartılmıştır. Hacim %15'lik sodyum hidroksitle tamamlanmıştır.

Hidroklorik Asit Çözeltisi (0,1 N): 8,28 mL hidroklorik asit 1000 mL'lik balon jöjeye konularak, hacim deiyonize suyla tamamlanmıştır.

Sodyum Asetat Çözeltisi (2,5 M): 20,51 g sodyum asetat tartılmış ve hacmi 100 mL deiyonize su ile tamamlanmıştır.

Standart Tiamin Stok Çözeltisi (100 µg/mL): 100 mL'lik balon jöje içine 10 mg tiamin hidroklorid standardı tartılmış, bir miktar 0,1 N hidroklorik asit ile çözüdürülmüş ve hacmine tamamlanmış, gerekli seyreltme işlemleri yapılarak 0,05-0,1-0,2 µg/mL'lik çalışma standartları hazırlanmıştır. Her bir çalışma standardı son hacim olan 50 mL'ye tamamlanmadan önce içine 2 mL %1'lik potasyum ferrisiyanid çözeltisinden ilave edilerek ve standartların pH değeri orto-fosforik asitle 7-7,1 arasına ayarlanarak tiamin tiokroma dönüştürülmektedir.

3.4.2.2. Örneklerin Hazırlanması

Homojenize edilmiş tüm 5 g'lık gıda örnekleri 100 mL'lik erlene tartılmıştır, üzerine 60 mL 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi ilave edilmiştir. 121°C'de 30 dakika otoklavlandıktan (Selecta Presoclave-II) sonra örnekler oda sıcaklığına gelene kadar soğutulup, 2,5 M'lık sodyum asetat çözeltisi kullanılarak pH 4,5'e ayarlanmıştır. Örneklerin üzerine 100 mg taka-diyastaz, 100 mg klara-diyastaz, 50 mg papain, 20 mg α-amilaz, 5 mg asit fosfataz enzimi eklenip, çalkalamalı su banyosunda 45°C'de 3 saat inkübe edilmiştir. Süre sonunda örnek oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuş ve hacim 100 mL'ye 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi ile tamamlanmış, adi filtre kâğıdından süzölmüştür. Süzölmüş örneklerden 25 mL, polietilen tüpler içine alınmış, üzerine 1,5 mL potasyum ferrisiyanid çözeltisi ilave edilmiştir. Orto-fosforik asitle pH 7,0-7,1'e ayarlanmış ve 0,45 µm filtreden süzölerek viallenmiştir. Viallenen örnekler, HPLC'ye enjekte edilmiştir.

3.4.2.3. HPLC Koşulları

Gıda örneklerinde bulunan tiamin miktarı analizinde Shimadzu, LC-2040C 3D (Kyoto, Japonya) HPLC sistemi ile Shimadzu RF-20A floresans dedektör kullanılarak belirlenmiştir. Floresans dedektörde emisyon 395 nm, eksitasyon 290 nm dalga boyunda analiz yapılmıştır. Kromatografik ayırım, analitik ters fazlı kolon Agilent, Eclipse X08-C18, 5 µm, 4,6x150 mm (Agilent, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Kolon sıcaklığı 25 °C, akış hızı 1 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Kromatografik ayırım 25 dk'da gerçekleştirilmiştir. HPLC çalışma koşulları tablo 3.2'de sunulmuştur.

Kullanılan mobil faz çözeltisinin hazırlanışı: 1,48 g potasyum dihidrojen fosfat tartılmış, 1000 mL'lik balon jöjeye konulmuş ve üzerine 750 mL deiyonize su ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcıda çözündürüldükten sonra, hacmi metanol ile tamamlanmıştır. Hazırlanan mobil faz, sodyum hidroksit kullanılarak pH'sı 7,1'e ayarlanmış ve 0,22 µm filtreden süzülerek HPLC'ye enjekte edilmiştir.

Tablo 3.2: HPLC Koşulları

Mobil Faz	dihidrojen fosfat : deiyonize su : metanol (1.48g: 750 mL: 250 mL)	
Dedektör	Floresans	
Dalga Boyu	Eksitasyon: 290 nm	Emisyon: 395 nm
Enjeksiyon Hacmi	20-50 µl	
Akış Hızı	1 mL/dakika	
Analiz Süresi	25 dakika	

3.4.3. Biyoerişilebilirliğin Hesaplanması

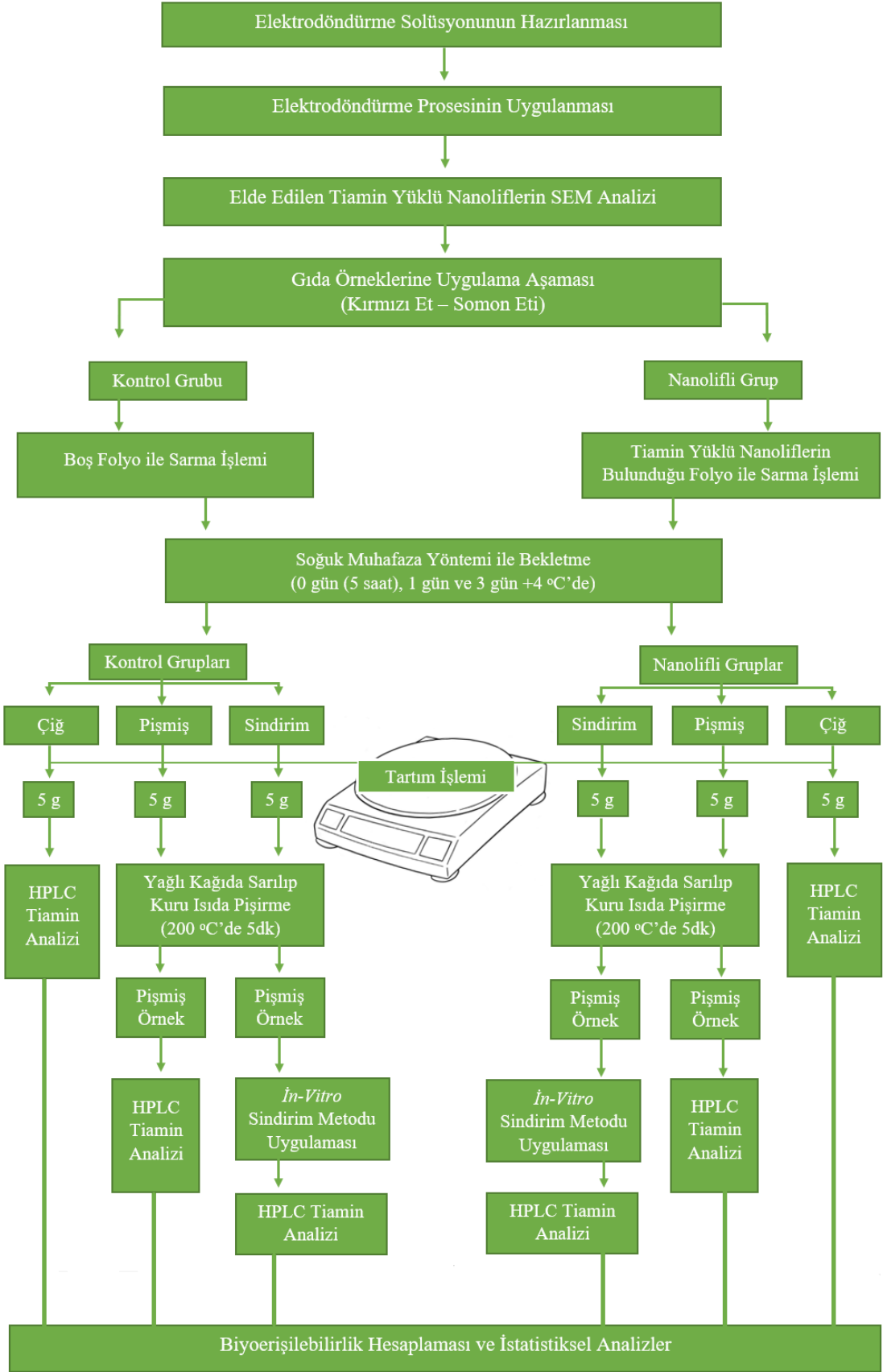
Biyoerişilebilirliğin hesaplanmasında HPLC ile elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Gıdanın başlangıçta bulunan besin ögesi miktarının, *in-vitro* sindirim prosesi uygulandıktan sonra geriye kalan besin ögesi miktarına oranı ile yüzdeliği (%) hesaplanmıştır. 0 gün (5 saat), 1 gün ve 3 gün bekleme sürelerine tabii tutulan tüm örnekler için % biyoerişilebilirlik değeri bulunmuştur.

$$\% \text{Biyoerişilebilirlik} = \frac{\text{in-vitro sindirim prosesi sonrası geriye kalan besin ögeleri miktarı} \times 100}{\text{gıdanın başlangıçta bulunun besin ögesi miktarı}}$$

3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışmada ölçümler üç replikasyonla iki kez tekrarlanmıştır. Elde edilen tüm veriler, kırmızı et ve somon örneklerinde; çiğ, pişmiş, sindirim ve biyoerişilebilirlik oranını ortaya çıkarmak için varyans analizine tabii tutulmuştur. Anlamlı farklılıkların belirlenmesi amacıyla Graphpad Prism Software Version 5.00 (California Corporation, CA) uygulanmış ve ayrıca tüm farklılıkların karşılaştırmaları Tukey'in Çoklu Aralık Testi kullanılarak değerlendirilmiştir ($p < 0.05$).

Çalışmada uygulanan metotların şeması Şekil 3.5'te özetlenmiştir.



Şekil 3.5: Gerçekleştirilen Çalışmanın Uygulama Basamaklarının Şeması

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

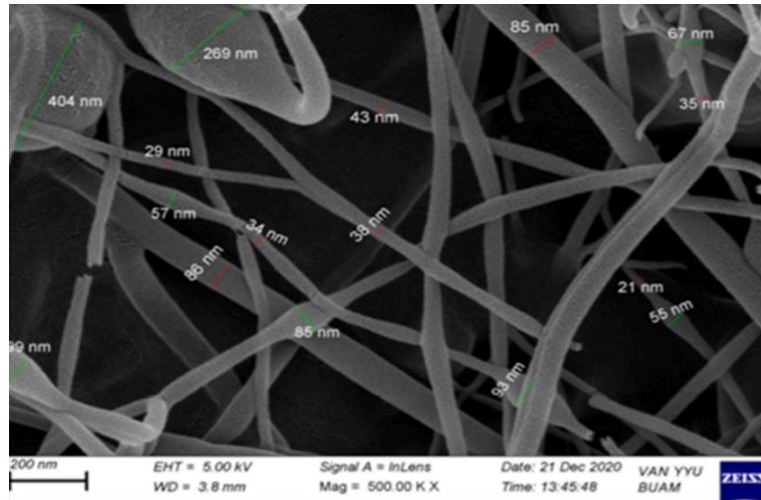
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Elektrodöndürme Yönteminin Optimizasyonu

Tiamin yüklü nanoliflerin üretilmesi aşamasında; farklı akış hızları, yüksek voltaj denemeleri, kollektör değişimi, iğne ucu ile toplayıcı arasındaki mesafenin değişmesi ve farklı iğne uçları gibi birçok parametre deneme-yanılma ile lif üretimi gerçekleştirilene kadar devam etmiştir. Bunun sonucunda lif üretiminin gerçekleştiği parametreler; akış hızı 0,035 mL/dk, yüksek voltaj seviyesi 25 kV, iğne ucu ve toplayıcı arasındaki mesafe 10 cm olarak belirlenmiştir.

4.2. Nanoliflerin Morfolojik Analizi: SEM Görüntüsü

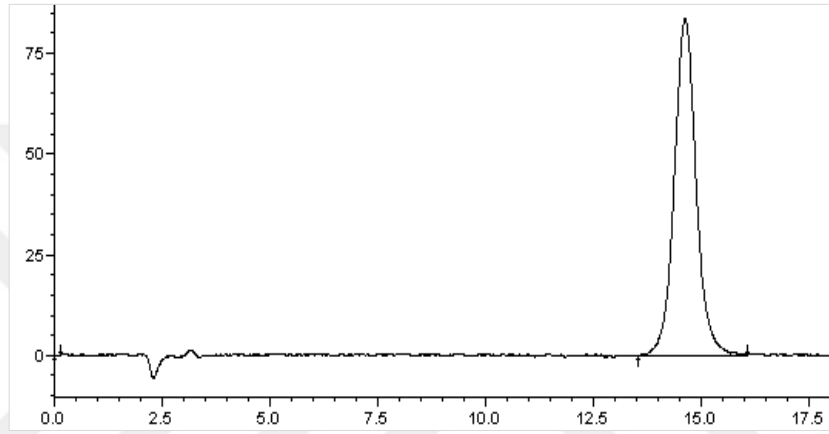
Tiamin yüklü nanolifler başarıyla üretilmiştir. Nanoliflerin, SEM’de morfolojik görüntüleri analiz edilmiştir. Gıda örneklerinin kaplanmasında kullanılacak olan tiamin yüklü nanoliflerin lif yapısı incelendiğinde; yapısal olarak bazı kısımların silindirik düz, pürüzsüz ve ultra ince lif yapısı olduğu görülürken bazı kısımlarında ise boncuklaşmaların olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen nanoliflerin çapı $41,511 \pm 18,641$ nm bulunurken, tiamin enkapsülasyonuna bağlı olarak $100,156 \text{ nm} \pm 97,735$ nm nanoliflerin çaplarında farklılıklar elde edilmiştir. Tiamin yüklü nanoliflerin SEM görüntüsü Şekil 4.1’de verilmiştir.



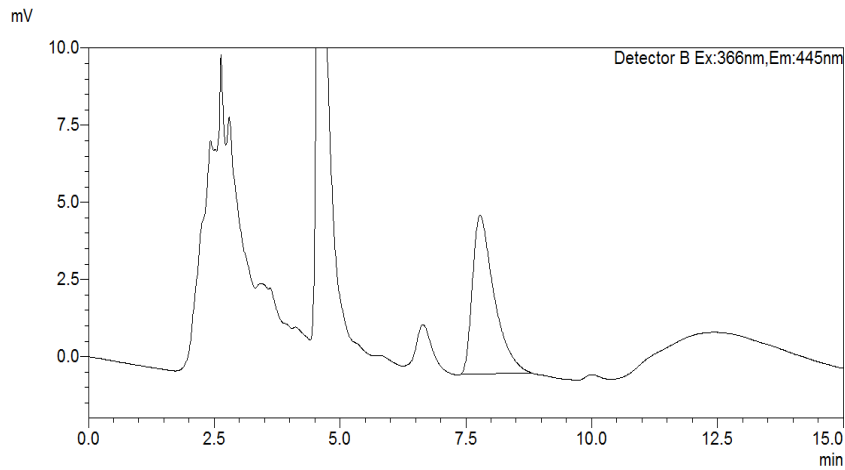
Şekil 4.1: Tiamin Yüklü Nanoliflerin SEM Görüntüsü

4.3. HPLC Metoduyla Vitamin B₁ (Tiamin) Miktarı Analizi

HPLC metodu ile tiamin miktarı, analiz sonucu elde edilen kromatogramlardaki tiaminin yaptığı pikin alanının hesaplanması sonucu elde edilmiştir. Hesaplama pik alanı veya konsantrasyonuna göre tiamin standardının örnekle karşılaştırmasıyla ve tartılan örnek ile seyreltme miktarları dikkate alınarak yapılmaktadır. Tiamin standardının HPLC kromatogramı Şekil 4.2’de, gıda örneklerinden elde edilen tiamin miktarının bir kromatogram örneği Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.2: Tiamin Standardının HPLC Kromatogramı



Şekil 4.3: Gıda Örneğindeki Tiamin Miktarının HPLC Kromatogramı

4.3.1. Kırmızı Et Bulguları

Birçok metoda tabii tutulan gıda örneklerinin HPLC analiz sonrası tiamin değerleri elde edilmiştir. Kırmızı etin çiğ gruplarının sonuçlarını ele aldığımızda kontrol (nanolifsiz) grubu ile tiamin yüklü nanoliflerle kaplanmış gruplar arasında farklılık olduğu gözlemlenmektedir. 0. gün (5 saat bekletilmiş) kontrol grubundaki gıda örneğinin tiamin değeri $400 \pm 3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ iken lif ile kaplanmış aynı bekleme süresinde $519 \pm 4 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak hesaplanmıştır. 1 gün bekleyen çiğ kırmızı et örneğinin kontrol grubunda tiamin değeri $396 \pm 4 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ iken nanolif ile muamele edilmiş gıda örneğinde bu değer $548 \pm 4 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak bulunmuştur. 3 gün soğuk muhafaza yöntemi ile depo edilen çiğ kırmızı et örneğinde de kontrol grubunda $379 \pm 3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, nanolifli grupta ise $563 \pm 5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak sonuç elde edilmiştir.

Kırmızı et örneklerinin pişmiş grubunun tiamin içeriğine baktığımızda; 0 gün (5 saat) bekleme süresine tabii tutulan örneklerin kontrol grubunun $395 \pm 5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ tiamin içeriği bildirilirken, nanolif ile kaplanıp pişirilme işlemi uygulanan gıda örneğinde bu değer $416 \pm 2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olduğu görülmektedir. 1 gün bekleyen örneklerde kontrol grubunda bu değer $391 \pm 3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ iken lifli grupta $456 \pm 3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olduğu bulunmuştur. 3 gün bekletilen örneklerin kontrol grubunda $372 \pm 1 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, nanolifli grupta $485 \pm 4 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ tiamin içeriği saptanmıştır.

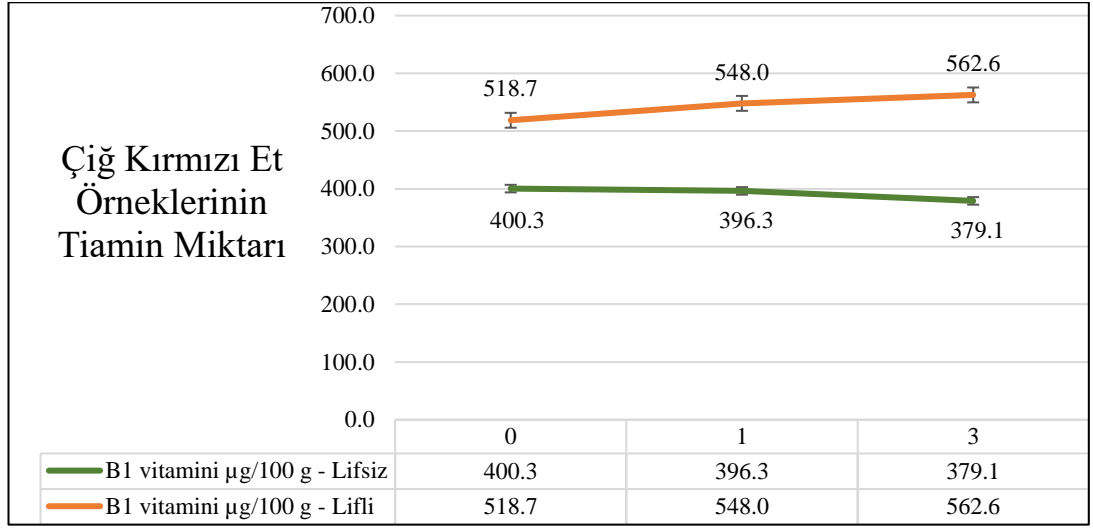
In-vitro sindirim prosesi uygulanan sindirim grubu kırmızı et örneklerinin tiamin miktarına bakıldığında; 0 gün (5 saat) beklemiş olan grupların, kontrol grubunun $336 \pm 13 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ nanolifli grubun $364 \pm 15 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olduğu, 1 gün beklemiş olan kontrol grubunun $335 \pm 13 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ nanolifli grubun $370 \pm 15 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olduğu ve 3 gün beklemiş örneklerin kontrol grubunun $282 \pm 11 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ nanolifli grubun tiamin içeriği ise $384 \pm 15 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ tiamin içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Kırmızı et örneklerinin tüm grupların tiamin miktarları Tablo 4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 4.1: Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarları

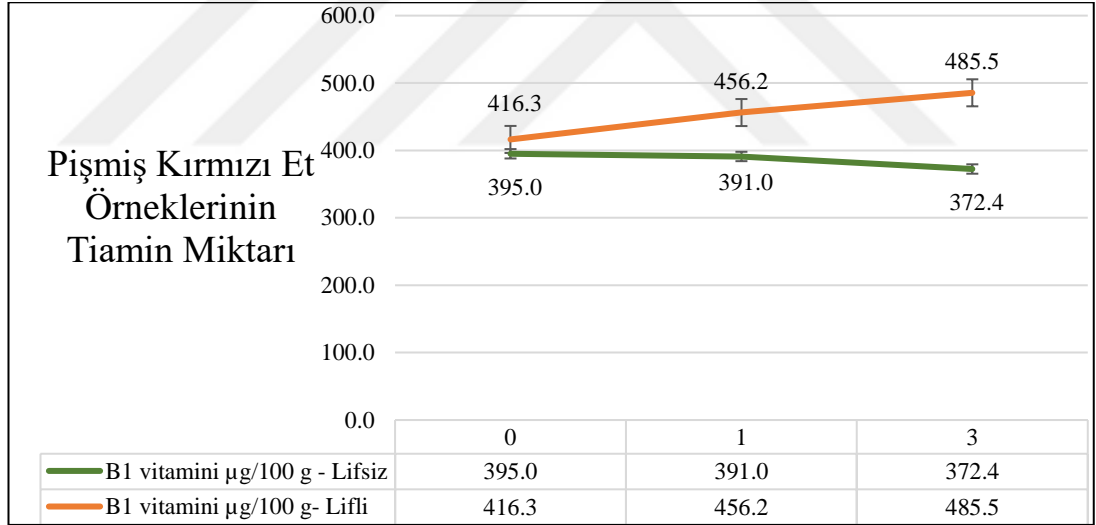
	Bekletme Süresi (Gün)	Kontrol Grubu ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Tiamin Yüklü Nanolif ile Kaplanmış Grup ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Çiğ	0	400 \pm 3 ^{Ba1}	519 \pm 4 ^{Ac1}
	1	396 \pm 4 ^{Ba1}	548 \pm 4 ^{Ab1}
	3	379 \pm 3 ^{Bb1}	563 \pm 5 ^{Aa1}
Pişmiş	0	395 \pm 5 ^{Ba1}	416 \pm 2 ^{Ac2}
	1	391 \pm 3 ^{Ba1}	456 \pm 3 ^{Ab2}
	3	372 \pm 1 ^{Bb2}	485 \pm 4 ^{Aa2}
Sindirim	0	336 \pm 13 ^{Ba}	364 \pm 15 ^{Ac}
	1	335 \pm 13 ^{Ba}	370 \pm 15 ^{Ab}
	3	282 \pm 11 ^{Bb}	384 \pm 15 ^{Aa}

A-B Her satırda farklı üst simge büyük harfler, aynı deney gününde çiğ ve pişmiş örneklerde ayrı ayrı iki grup arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). a-c Her sütunda, farklı üst simge küçük harfler, her bir çiğ ve pişmiş numune için ayrı ayrı farklılık göstermektedir ($p<0.05$). Her sütunda 1-2, sırasıyla kaplanmamış ve kaplanmış haldeki çiğ ve pişmiş numuneler arasındaki istatistiksel farklılıkları gösterir.

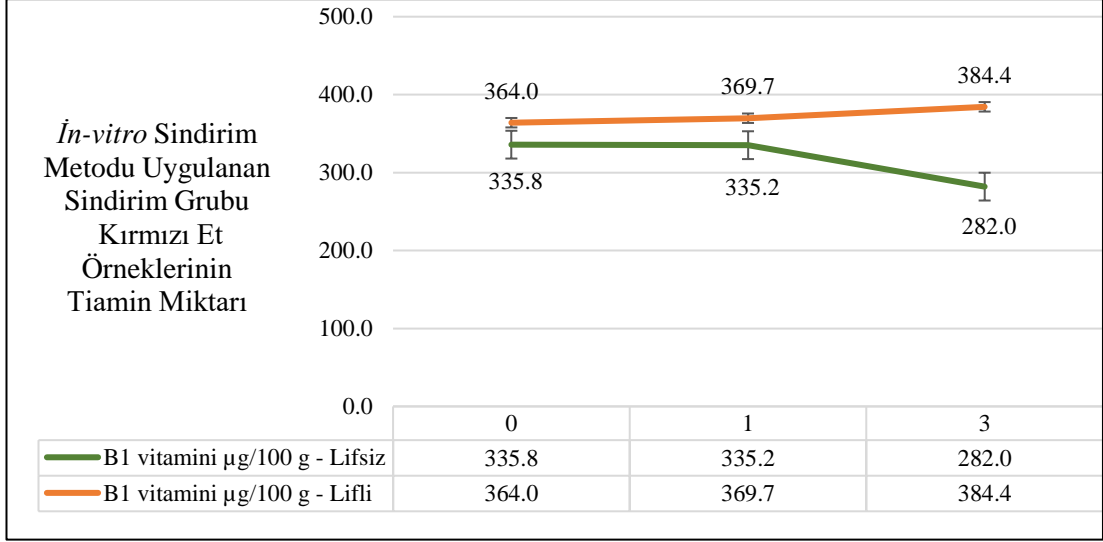
Kırmızı et örneklerinin çiğ, pişmiş ve sindirim gruplarının tiamin içerikleri değerlendirildiğinde; tiamin yüklü nanoliflerle kaplanmış olan nanolifli grup örneklerinin tiamin içeriği ile kontrol (lifsiz) gruplarının tiamin içeriği kıyaslandığında, tiamin stabilitesinin korunmasının yanı sıra nanoliflere enkapsüle edilen tiaminin besinlere geçişinin sağlandığı ve tiamin miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da çiğ, pişmiş ve sindirim gruplarının tiamin içerikleri grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.4: Çiğ Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarı

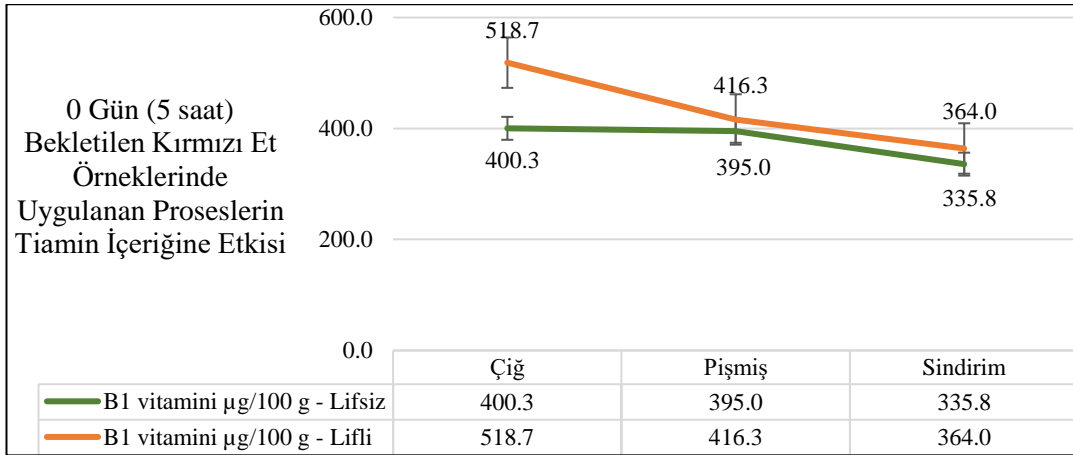


Şekil 4.5: Pişmiş Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarı

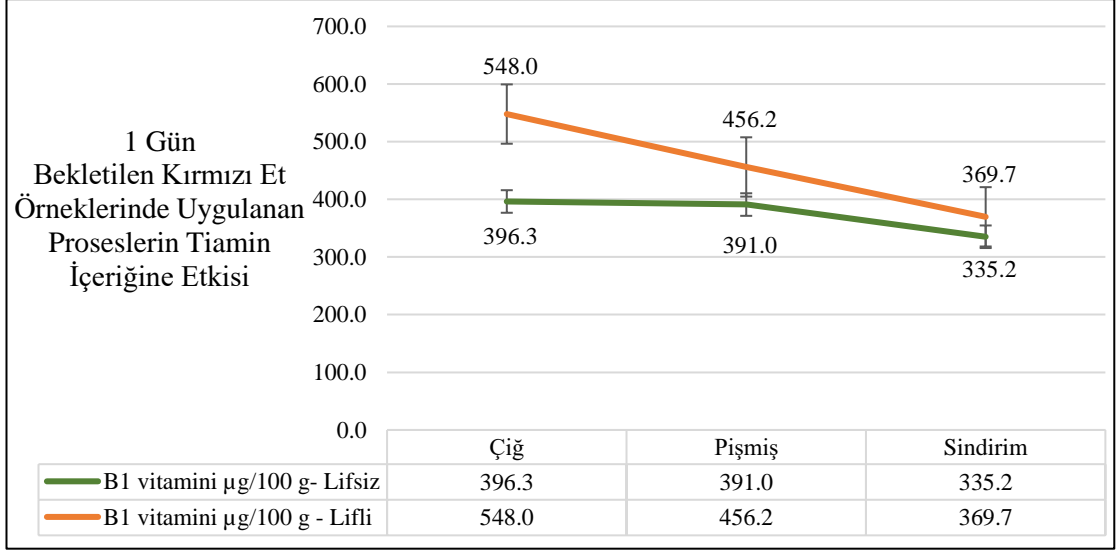


Şekil 4.6: Sindirim Grubunu Kırmızı Et Örneklerinin Tiamin Miktarı

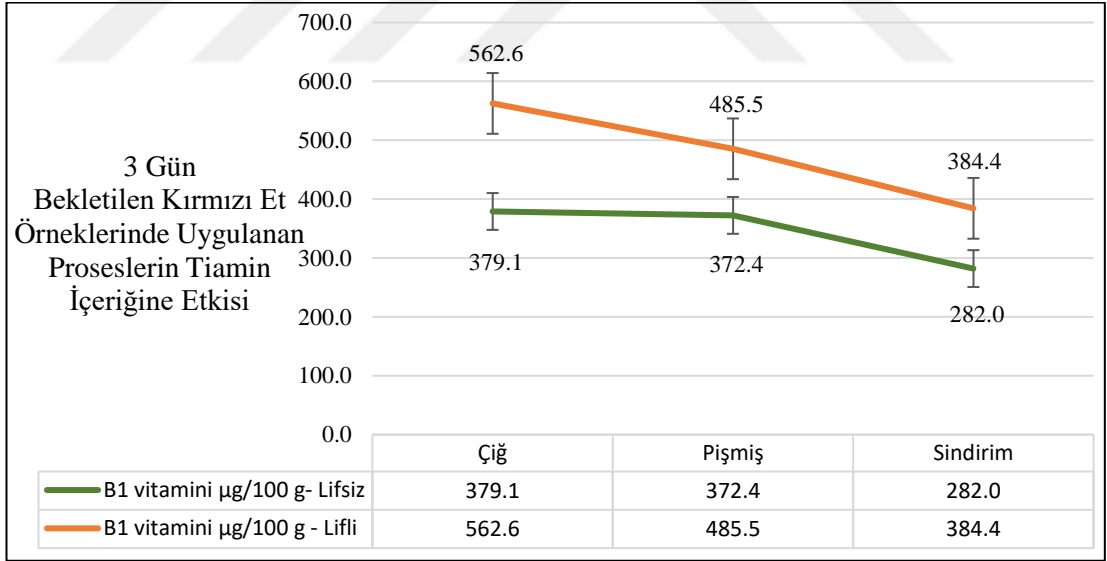
Kırmızı et örneklerindeki (kontrol ve nanolifli) tiamin içeriğine bekleme süresinin etkisi değerlendirildiğinde; çiğ, pişmiş ve sindirim gruplarında bekleme süresi arttıkça besin içerisine tiamin geçişinin de arttığı görülmüştür. Her ne kadar bekleme sürelerinde tiamin geçişi sağlanmış, vitamin stabilitesi korunmuş ve tiamin miktarında artış gerçekleşmiş olsa da uygulanan pişirme ve sindirim proseslerinin besinler içerisindeki tiamin içeriğini etkileyerek, vitamin kaybı yaşandığı ortaya konmuştur. Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’ da bekleme sürelerinin ve uygulanan metotların tiamin içeriğine etkisi grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.7: 0 Gün (5 saat) Bekletilen Kırmızı Et Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi



Şekil 4.8: 1 Gün Bekletilen Kırmızı Et Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi



Şekil 4.9: 3 Gün Bekletilen Kırmızı Et Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi

4.3.1.1. Kırmızı Et Biyoerişilebilirlik Bulguları

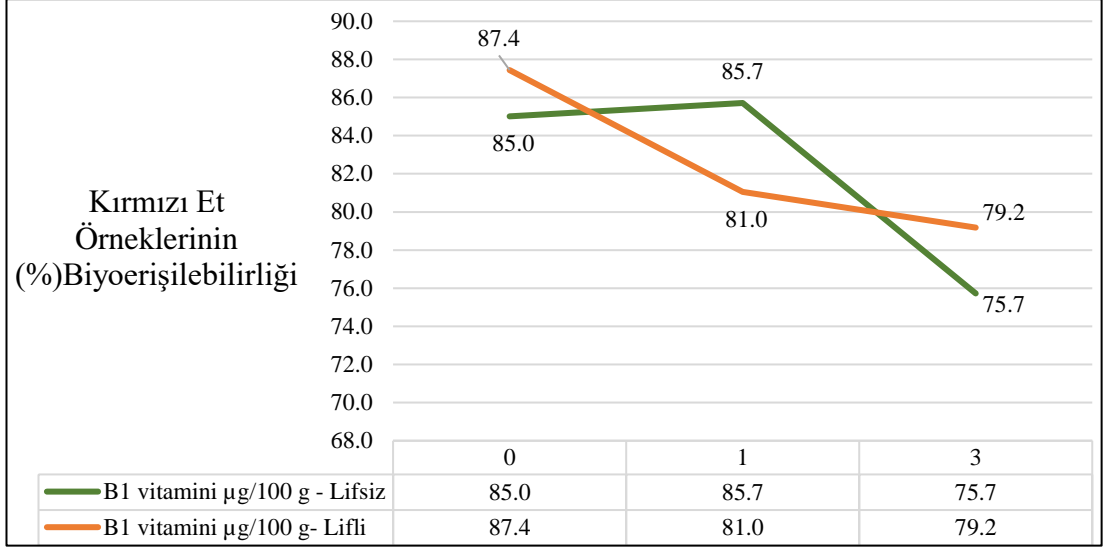
Kırmızı et örneklerinin biyoerişilebilirlik bulgularının; 0 gün (5saat) bekleyen kontrol grubunda 85 ± 1 iken tiamin yüklü nanoliflerle kaplanmış grupta 87 ± 1 olduğu, 1 gün beklemiş olan kontrol grubu örneklerinde 86 ± 1 iken nanolifli grupta 81 ± 1 olduğu ve 3 gün bekleme süresine tabii tutulan kontrol grubunun 76 ± 1 iken nano materyal ile kaplanmış grubun 79 ± 1 olduğu hesaplanarak saptanmıştır. Tablo 4.2’de kırmızı et örneklerinin bekleme sürelerine göre (%) biyoerişilebilirlik değerleri verilmiştir.

Tablo 4.2: Kırmızı Et Örneklerinin Biyoerişilebilirlik Değerleri

	Bekletme Süresi (Gün)	Kontrol Grubu (%)	Tiamin Yüklü Nanolif ile Kaplanmış Grup (%)
	0	85 ± 1^{Ba}	87 ± 1^{Aa}
Biyoerişilebilirlik	1	86 ± 1^{Aa}	81 ± 1^{Bb}
	3	76 ± 1^{Bb}	79 ± 1^{Ab}

A-B Nanoliflerle kaplanmamış ve kaplanmış numunelerde her satırda farklı üst simge büyük harfler, aynı deney gününde iki grup arasındaki (kırmızı et – somon eti) farklılıkları ayrı ayrı göstermektedir ($p < 0.05$). a-c Her sütunda, farklı üst simge küçük harfler, kırmızı et ve somon eti örnekleri için ayrı ayrı farklılıklar gösterir ($p < 0.05$).

Kırmızı et örneklerinin kontrol grubuna kıyasla lifli grupta daha yüksek biyoerişilebilirlik değerleri gözlemlenirken, bekleme sürelerinin biyoerişilebilirlik değerlerine etki ettiği ve biyoerişilebilirlik seviyelerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Şekil 4.10’da kırmızı et örneklerinin biyoerişilebilirlik değerleri grafik olarak verilmiştir



Şekil 4.10: Kırmızı Et Örneklerinin (%) Biyoerişilebilirliği

4.3.2. Somon Eti Bulguları

Somon fileto çiğ grubun sonuçlarını ele aldığımızda kontrol (lifsiz) grubu ile tiamin yüklü nanoliflerle kaplanmış gruplar arasında farklılık olduğu gözlemlenmektedir. 0 gün (5 saat) bekletilmiş kontrol grubundaki gıda örneğinin tiamin değeri 68 ± 1 µg/100 g iken nanolif ile kaplanmış aynı bekleme süresinde 75 ± 2 µg/100 g olarak hesaplanmıştır. 1 gün bekleyen çiğ somon fileto örneğinin kontrol grubunda tiamin değeri 66 ± 1 µg/100 g iken nanolif ile muamele edilmiş gıda örneğinde bu değer 77 ± 1 µg/100 g olarak bulunmuştur. 3 gün soğuk muhafaza yöntemi ile depo edilen çiğ somon fileto örneğinde de kontrol grubunda 62 ± 2 µg/100 g, nanolifli grupta ise 78 ± 2 µg/100 g olarak sonuç elde edilmiştir.

Somon fileto örneklerinin pişmiş grubunun tiamin içeriğine baktığımızda; 0 gün (5 saat) bekleme süresine tabii tutulan örneklerin kontrol grubunun 49 ± 2 µg/100 g tiamin içeriği bildirilirken, nanolif ile kaplanıp pişirilme işlemi uygulanan gıda örneğinde bu değer 67 ± 1 µg/100 g olduğu görülmektedir. 1 gün bekleyen örneklerde kontrol grubunda bu değer 51 ± 2 µg/100 g iken nanolifli grupta 73 ± 2 µg/100 g olduğu bulunmuştur. 3 gün bekletilen örneklerin kontrol grubunda 52 ± 2 µg/100 g, nanolifli grupta 75 ± 2 µg/100 g tiamin içeriği saptanmıştır.

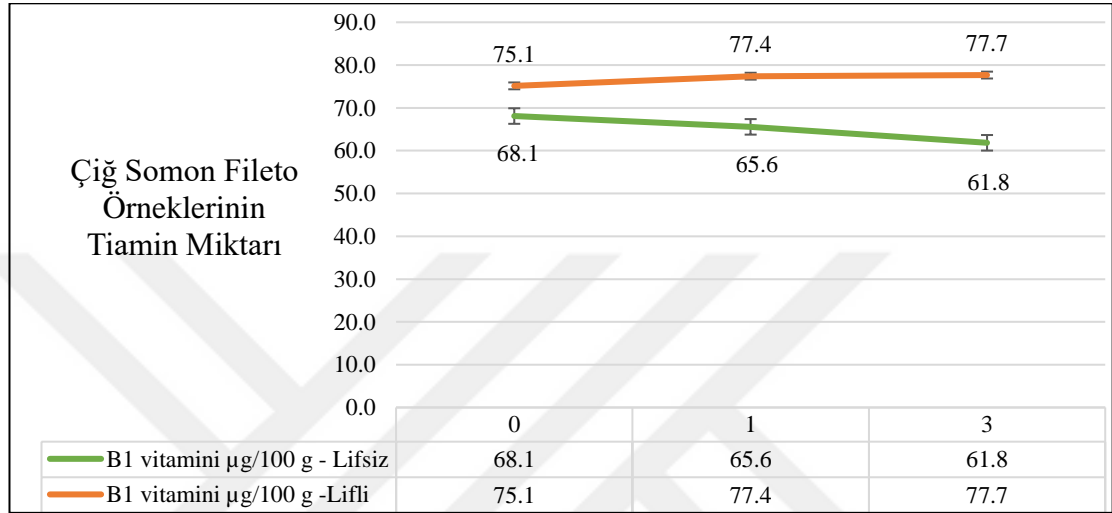
In-vitro sindirim prosesi uygulanan sindirim grubu somon fileto örneklerinin tiamin miktarına bakıldığında; 0 gün (5 saat) beklemiş olan kontrol grubunun $41 \pm 2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ nanolifli grubun $53 \pm 2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olduğu, 1 gün beklemiş olan kontrol grubunun $43 \pm 2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ nanolifli grubun $66 \pm 3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olduğu ve 3 gün beklemiş örneklerin kontrol grubunun $44 \pm 2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ nanolifli grubun tiamin içeriği ise $70 \pm 3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ tiamin içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Somon fileto örneklerinin tüm grupların tiamin miktarları Tablo 4.3'te özetlenmiştir.

Tablo 4.3: Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarları

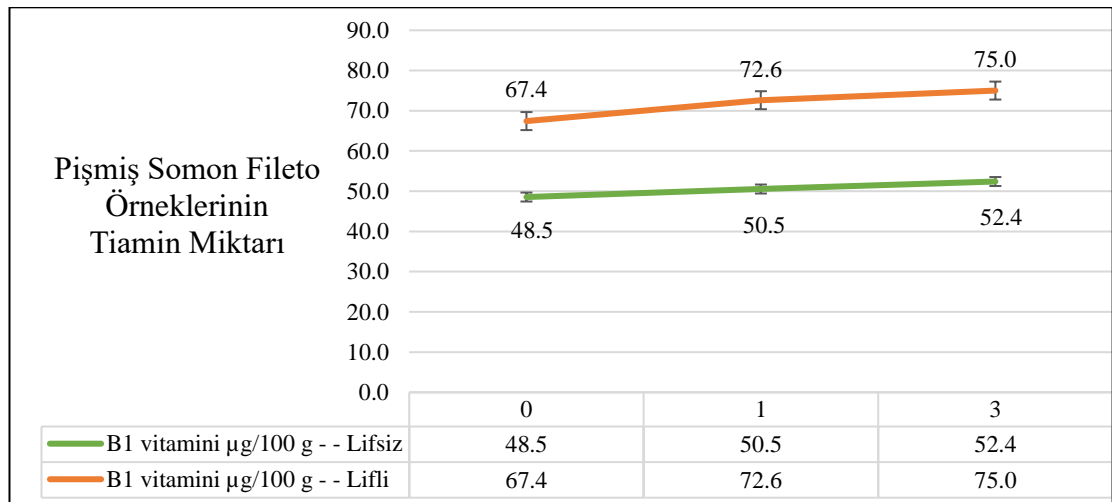
	Bekletme Süresi (Gün)	Kontrol Grubu ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)	Tiamin Yüklü Nanolif ile Kaplanmış Grup ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)
Çiğ	0	$68 \pm 1^{\text{Ba1}}$	$75 \pm 2^{\text{Aa1}}$
	1	$66 \pm 1^{\text{Ba1}}$	$77 \pm 1^{\text{Aa1}}$
	3	$62 \pm 2^{\text{Bb1}}$	$78 \pm 2^{\text{Ab1}}$
Pişmiş	0	$49 \pm 2^{\text{Ba2}}$	$67 \pm 1^{\text{Ab2}}$
	1	$51 \pm 2^{\text{Ba2}}$	$73 \pm 2^{\text{Aa1}}$
	3	$52 \pm 2^{\text{Ba2}}$	$75 \pm 2^{\text{Aa1}}$
Sindirim	0	$41 \pm 2^{\text{Bb}}$	$53 \pm 2^{\text{Ac}}$
	1	$43 \pm 2^{\text{Ba}}$	$66 \pm 3^{\text{Ab}}$
	3	$44 \pm 2^{\text{Aa}}$	$70 \pm 3^{\text{Aa}}$

A-B Her satırda farklı üst simge büyük harfler, aynı deney gününde çiğ ve pişmiş örneklerde ayrı ayrı iki grup arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$). a-c Her sütunda, farklı üst simge küçük harfler, her bir çiğ ve pişmiş numune için ayrı ayrı farklılık göstermektedir ($p < 0.05$). Her sütunda 1-2, sırasıyla kaplanmamış ve kaplanmış haldeki çiğ ve pişmiş numuneler arasındaki istatistiksel farklılıkları gösterir.

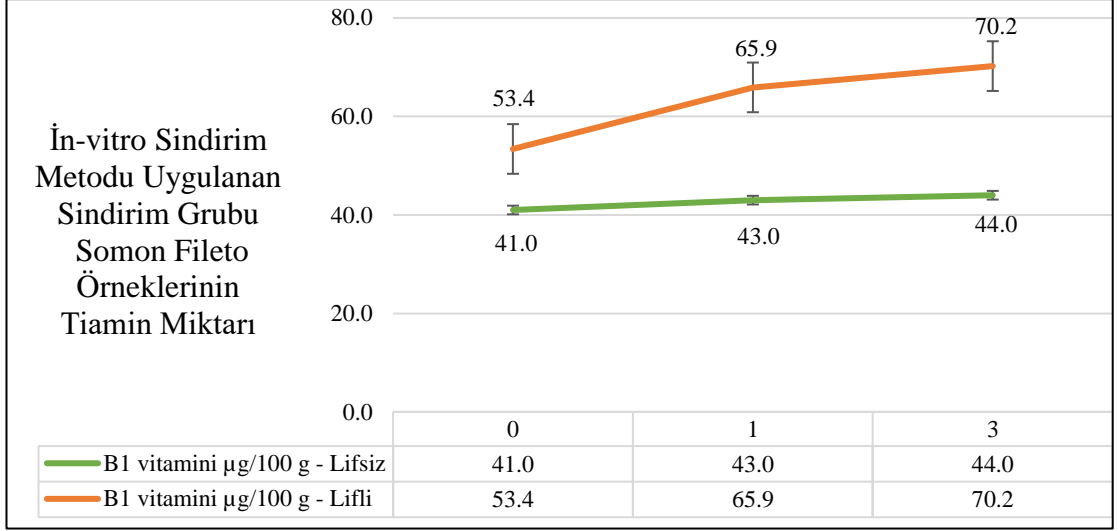
Somon fileto örneklerinin çiğ, pişmiş ve sindirim gruplarının tiamin içerikleri değerlendirildiğinde; tiamin stabilitesinin korunmasının yanı sıra nanoliflere enkapsüle edilen tiaminin somon fileto örneklerine geçişinin sağlandığı ve tiamin miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te çiğ, pişmiş ve sindirim gruplarının tiamin içerikleri grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.11: Çiğ Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarı

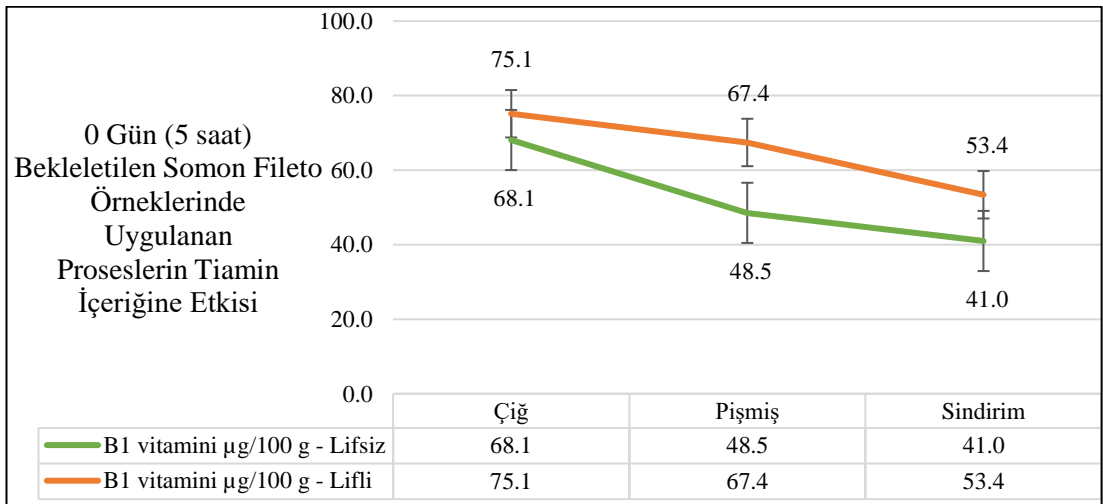


Şekil 4.12: Pişmiş Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarı

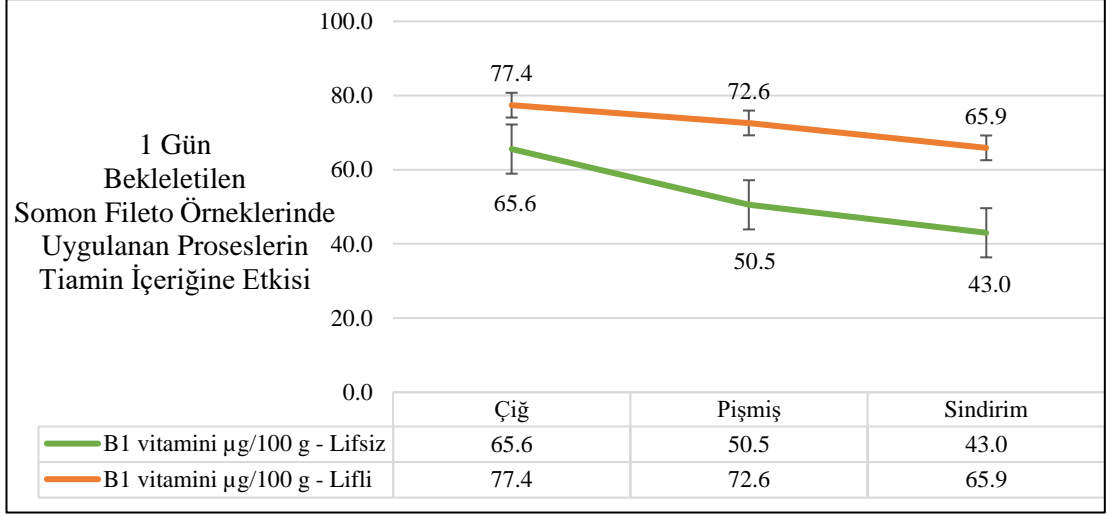


Şekil 4.13: Sindirim Grubunu Somon Fileto Örneklerinin Tiamin Miktarı

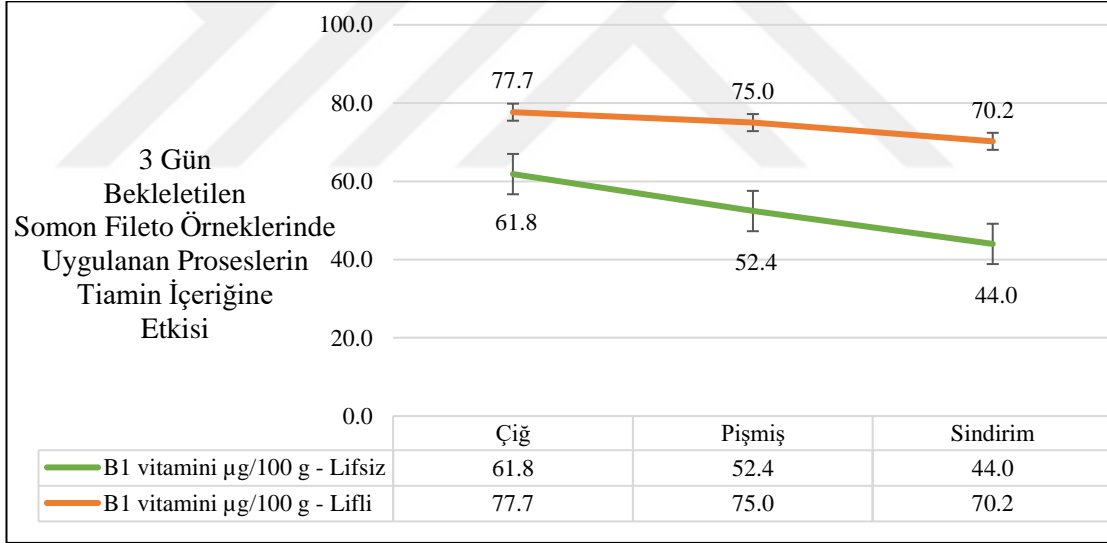
Somon fileto örneklerindeki (kontrol ve nanolifli) tiamin içeriğine bekleme süresinin etkisi değerlendirildiğinde; çiğ, pişmiş ve sindirim gruplarında kırmızı et örneklerinde olduğu gibi bekleme süresi arttıkça besin içerisine tiamin geçişinin de arttığı görülmüştür. Her ne kadar bekleme sürelerinde tiamin geçişi sağlanmış, vitamin stabilitesi korunmuş ve tiamin miktarında artış gerçekleşmiş olsa da uygulanan pişirme ve sindirim proseslerinin besinler içerisindeki tiamin içeriğini etkileyerek, vitamin kaybı yaşandığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’ da grafik olarak bekleme sürelerinin ve uygulanan metotların tiamin içeriğine etkisi verilmiştir.



Şekil 4.14: 0 Gün (5 saat) Bekletilen Somon Fileto Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi



Şekil 4.15: 1 Gün Bekletilen Somon Fileto Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi



Şekil 4.16: 3 Gün Bekletilen Somon Fileto Örneklerinde Uygulanan Proseslerin Tiamin İçeriğine Etkisi

4.3.2.1. Somon Etinin Biyoerişilebilirlik Bulguları

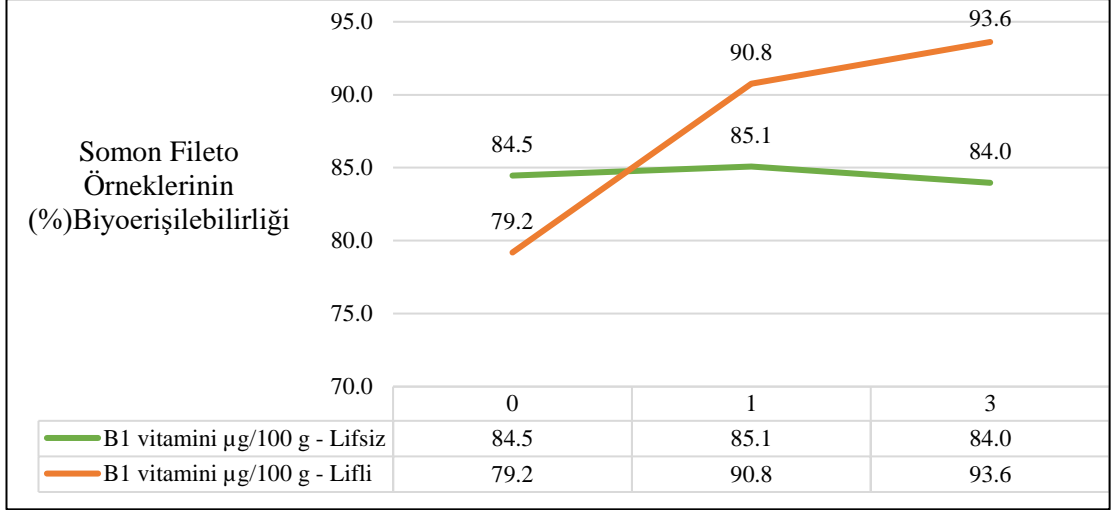
Somon fileto örneklerinin biyoerişilebilirlik bulgularının; 0 gün (5saat) bekleyen kontrol grubunda 84 ± 1 iken tiamin yüklü nanoliflerle kaplanmış grupta 79 ± 1 olduğu, 1 gün beklemiş olan kontrol grubu örneklerinde 85 ± 1 iken nanolifli grupta 91 ± 1 olduğu ve 3 gün bekleme süresine tabii tutulan kontrol grubunun 84 ± 1 iken nano materyal ile kaplanmış grubun 94 ± 1 olduğu bulunmuştur. Tablo 4.4'te Somon fileto örneklerinin bekleme sürelerine göre (%) biyoerişilebilirlik değerleri verilmiştir.

Tablo 4.4: Somon Fileto Örneklerinin Biyoerişilebilirlik Değerleri

	Bekletme Süresi (Gün)	Kontrol Grubu (%)	Tiamin Yüklü Nanolif ile Kaplanmış Grup (%)
	0	84 ± 1^{Aa}	79 ± 1^{Bb}
Biyoerişilebilirlik	1	85 ± 1^{Ba}	91 ± 1^{Aa}
	3	84 ± 1^{Ba}	94 ± 1^{Aa}

A-B Nanoliflerle kaplanmamış ve kaplanmış numunelerde her satırda farklı üst simge büyük harfler, aynı deney gününde iki grup arasındaki (kırmızı et – somon eti) farklılıkları ayrı ayrı göstermektedir ($p < 0.05$). a-c Her sütunda, farklı üst simge küçük harfler, kırmızı et ve somon eti örnekleri için ayrı ayrı farklılıklar gösterir ($p < 0.05$).

Somon fileto örneklerinin kontrol gruplarında daha stabil biyoerişilebilirlik değerleri gözlemlenirken, nanolif ile kaplanmış grupta özellikle bekleme süresinin artmasıyla daha fazla biyoerişilebilirlik sağladığı görülmüştür. Şekil 4.17'de Somon fileto örneklerinin biyoerişilebilirlik değerleri grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.17: Somon Fileto Örneklerinin (%) Biyoerişilebilirliği

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ

Birey, gereksinim duyduğu besin elementlerini, tüm besin gruplarının yeterli ve dengeli bir şekilde tüketimi ile karşılamaktadır (Ahmad, Imran ve Hussain, 2018). Bu besin gruplarından biri olan et grubu; omega-3, çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral ve aminoasit çeşitliliği sağladığından önemli besin kaynağı olarak kabul edilmektedir. Et grubunun tüketiminde, bireyin yaşamsal fonksiyonlarının gelişimini sağlaması açısından büyük rol oynamakta ve beslenmeye dayalı hastalıklarda protein gereksinimi karşılaması açısından kullanılabilir (Sofi vd., 2017; Geiker vd., 2021; Yaman, Sar ve Ceylan, 2022; Umaraw vd., 2020; Kızılaslan ve Nalinci, 2013; Sarıçoban vd., 2008; Ahmad, Imran ve Hussain, 2018; Ünsal, 2019). Balık ürünleri de genel olarak et grubu içerisine dahil edilmektedir ancak diğer et ürünlerine göre farklılık gösterdiği için ayrı değerlendirmeye alınmaktadır (de Boer, Schösler ve Aiking, 2020). Kırmızı ete ek olarak balık eti, hastalıkları önleyici etki gösteren EPA, DPA ve DHA gibi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerine sahip olmasının yanında (Çetinkaya vd., 2021), suda çözünebilen vitaminleri; B₆ (Piridoksal, Piridoksamin ve Piridoksin), Tiamin (B₁), Riboflavin (B₂) ve Niasin (B₃)'i barındırmaktadır (Çatak, Çaman ve Ceylan, 2020; Ceylan vd., 2018). Ancak besinlerin hazırlanması, pişirilmesi, depolanması ve işlenmesi sırasında besin içeriği etkilenecek makro ve mikro besin öğelerinde kayıplar yaşanmaktadır (Sürücüoğlu ve Balgamiş, 1987; Yaman, 2019). Bu durum son zamanlarda, gıda bilimi ve endüstrisinde alternatif besin çalışmalarına ilgiyi arttırmış ve nanoteknolojik çalışmaların alt başlığı olan nanolif çalışmalarının üzerine durulmasını sağlamıştır (Yaman, Sar & Ceylan, 2022; Meral vd., 2019; Ceylan vd., 2020). Çatak, Çaman ve Ceylan (2020) ise çeşitli balık örneklerinde pridoksal, pridoksamin ve piridoksin formlarını içeren B₆ vitaminlerinde pişirmeye bağlı olarak meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Bu bağlamda balık çeşidinin ve pişirme yönteminin vitamin kayıpları üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Nanoteknoloji kullanılarak üretilen bir ürün, potansiyel olarak kullanılan malzemelerin yüzeyinde daha geniş bir temas alanı sağlamaktadır. Böylece mikrobiyolojik bozulmasının yanı sıra, gıdalarda daha stabil, suda çözünebilen vitaminler elde edilebileceği ön görülmektedir (Ceylan vd., 2020).

130,3 – 266,3 nm çapa sahip nanoliposomların balık yağının besin kalitesini koruduğu gözlemlenmiştir (Mousavipour vd., 2021). Ekin vd. (2021)'in yaptıkları farklı bir nanoteknolojik çalışmada ise, 163 – 393 nm çapa sahip nanoemülsiyon kullanımının bisküvilerdeki yağ oranını azalttığı ve dolayısıyla beslenme ile daha az yağ alımı için alternatif bir yaklaşım sunmuşlardır. Ceylan, Meral vd. (2020) ise rüşeym yağından elde ettikleri nanoemülsiyon ile pişmiş balık eti örneklerinin besin stabilitesini depolama süresince başarı ile koruduklarını ortaya koymuştur. Ceylan, Şengor ve Yılmaz (2018)'in gerçekleştirdiği çalışmada da kitosan tabanlı üretilen tiamin yüklü nanoliflerin stabiliteyi gösteren zeta potansiyel değerlerinin 27,6 ile 33,3 mV arasında değiştiği belirlenirken, lif çaplarının 72 ile 132 nm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Üretilen nanoliflerin yapısının pürüzsüz, boncuklu, ultra ince, silindirik ve biyopolimerik yapıda olduğu bildirilmiştir. Bizim gerçekleştirdiğimiz çalışmada ise 141,511 ± 18,641 nm çapa sahip ve Ceylan, Şengor ve Yılmaz (2018)'in yaptığı çalışmadaki gibi pürüzsüz ve ultra ince nanolifler elde edilmiştir. Nanolif üzerine gerçekleştirilen farklı çalışmalarda ise uygulamalardaki parametrelerin farklılığından kaynaklı olarak 115,3 nm, 381,83 nm, 583,1 nm, 172 nm ve 861 nm gibi çeşitli çapa sahip liflerin elde edildiği bildirilmektedir (Ceylan vd., 2017; Ceylan vd., 2019; Ceylan, Meral vd., 2018; Meral vd., 2019; Cetinkaya vd., 2021).

Vücudun çeşitli fonksiyonlarında görev alan vitaminler bedenimiz için temel yapı taşı olarak kabul edilmektedir. Vitaminler, yağda eriyen (A,D,E, K vitaminleri) ve suda çözünen (C ve B vitaminleri) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Yaman vd., 2021; TÜBER, 2015). Tiamin, B grubu vitaminleri arasında ısıya en dayanıksız vitamin olduğu bildirilmiş olup, ortamın pH'sından, ışık ve sıcaklıktan, gıdaların depolama süreci, pişirilme işlemleri veya radyasyon uygulamalarında gıdalardaki tiamin içeriklerini etkileyerek, vitamin kaybına neden olabilmektedir. (Dionísio, Gomes ve Oetterer, 2009; Kobayashi vd., 2011; Silveira vd., 2017; Ceylan vd., 2018; Türker ve Yüksel, 2019; Yaman vd., 2021; Yaman, Sar ve Ceylan, 2022). Çalışmamızda da pişirme işleminin ve *in-vitro* sindirim prosedürünün uygulanmasıyla tiamin içeriğinde bir düşüş yaşansa da genel sonuçlar değerlendirildiğinde; nanoliflerdeki tiamin içeriğinin gıdalara nüfus ettiği, böylelikle tiamin stabilitesinin korunduğu ve tiamin içeriğinde artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Tiamin yüklü nanoliflerle yapılmış farklı bir çalışmada da tiamin stabilitesinin sağlanması ile ortaya koymuş olduğumuz çalışmanın sonuçlarının gerçeklik ve tutarlılığını desteklemektedir (Ceylan vd., 2018).

Gerçekleştirilen çalışmada üretilen tiamin yüklü nanoliflerin, gıda örneklerinin tiamin içeriğine etkisi incelendiğinde; 0 gün (5 saat) soğuk muhafazada bekletilmiş çiğ kırmızı et örneklerinin kontrol grubu ile nanoliflerle kaplanmış grup arasında %29,75, 1 gün bekletilmiş örneklerde %38,38 ve 3 gün bekletilmiş kırmızı et örneklerinde %48,54 tiamin içeriklerinde artış olduğu saptanmıştır. Kırmızı et örneklerinin pişmiş grubunda; 0 gün (5 saat) beklemiş grupta %5,3, 1 gün beklemiş örneklerde %16,62 ve 3 gün beklemiş gıda örneklerinde %30,37 tiamin içeriğinde artış olduğu görülmüştür. Sindirim grubunda ise bu değerler, 0 gün (5 saat) bekleyen örnekler arasında %8,3, 1 gün bekletilen örneklerde %10,44 ve 3 gün bekletilen grupta ise %36,1'lik tiamin içeriğinde artış olduğu saptanmıştır.

Somon örneklerinin nanoliflerin tiamin içeriğine etkisi değerlendirildiğinde; çiğ somon numunelerinin, 0 gün (5 saat) soğuk muhafazada bekletilen kontrol grubu ile nanoliflerle kaplanmış grup arasında %10,29, 1 gün bekletilmiş grupta %16,6 ve 3 gün bekletilmiş grupta %25,8 tiamin içeriğinde artış saptanmıştır. Pişmiş grubun tiamin içeriği değerlendirildiğinde; 0 gün (5 saat) bekletilen grupta %36,73, 1 gün bekletilen gıda örneklerinde %43,13 ve 3 gün beklemiş olan gıda örneklerinde %44,23'lük tiamin içeriğinde artış söz konusu olmuştur. *In-vitro* sindirim metodu uygulanan grubun, 0 gün (5 saat) bekletilmiş kontrol ve nanolif ile kaplanmış gıda örneklerinin arasında %29,26, 1 gün bekletilmiş örneklerde %53,48 ve 3 gün bekletilmiş somon örneklerinde %59 tiamin değerlerinde artış saptanmıştır.

Kırmızı et örneklerinin çiğ, pişmiş ve sindirim gruplarında, soğuk depolama sürelerinin artışı ile tiamin değerlerindeki artış arasında pozitif korelasyon görülmüştür. Ancak soğuk depolama süreleri arttıkça gıda örneklerinin biyoerişilebilirlik (%) değerlerinde düşüş olduğu saptanmıştır. Somon eti örneklerinin biyoerişilebilirlik (%) sonuçları değerlendirildiğinde, kırmızı et örneklerindeki gibi tiamin yüklü nanoliflerle kaplanan gıda örnekleri ile kontrol grubu kıyaslandığında, vitamin geçişinin olduğu görülmüştür. Ancak kırmızı etin aksine, somon eti örneklerinde soğuk depolama süresinin artmasıyla biyoerişilebilirlik (%) seviyelerinde de artış olduğu saptanmıştır. Kullanılan nanolifler, somon etinin kırmızı et örneklerine kıyasla zayıf bir bağ dokusuna sahip olması nedeniyle somon eti örneklerine daha hızlı nüfuz etmiş olabileceği ve bu nedenle üç günlük soğuk depolama sırasında somon eti örneklerinde daha yüksek biyoerişilebilirlik seviyesi elde edilmiş olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak; çiğ ve pişmiş kırmızı et ve somon eti örneklerinde biyoerişilebilirlik ve tiamin stabilitesinin artırılması için tiamin yüklü nanolifler ile nano kaplama işlemi başarıyla uygulanmıştır. Özellikle somon eti örneklerinde nano kaplama işlemi, biyoyararlanım açısından daha fazla etkinlik göstermiştir. Ayrıca, tiamin yüklü nano materyal ile kaplanan ve üç gün boyunca soğuk hava depolarında depolanan kırmızı et ve somon eti örneklerinin tiamin içeriğinde sürekli bir artış meydana gelmiştir. Nano materyal ile kaplanan kırmızı et numunelerinde maksimum biyoerişilebilirlik %87 iken, somon numuneleri için biyoerişilebilirlik %94'e kadar başarıyla artış göstermiştir. Bu bağlamda, Türkiye'de ve diğer dünya ülkelerindeki daha ileri çalışmalar için, bu nanoteknoloji uygulaması mevcut sonuçlarıyla beslenme ve diyetetik uygulamalarına yol gösterici bir rol oynayabileceği ön görülmektedir.



KAYNAKÇA

- Ahmad, R. S., Imran, A., & Hussain, M. B. (2018). Nutritional composition of meat. *Meat science and nutrition*, 61(10.5772).
- Aksoy, O. E. (2018). *Antibakteriyel poliakrilonitril nanoliřlerin geliştirilmesi* (Master's thesis, Bursa Teknik Üniversitesi).
- Alghoraibi, I., & Alomari, S. (2018). Different methods for nanofiber design and fabrication. *Handbook of nanofibers*, 1-46.
- Anitha, S., Govindaraj, M., & Kane-Potaka, J. (2020). Balanced amino acid and higher micronutrients in millets complements legumes for improved human dietary nutrition. *Cereal Chemistry*, 97(1): 74-84.
- Arslan, A. (2015). Poli (Bütülenadipat-Ko-Tereftalat)(Pbat) Bazlı Doku İskeleleri: Sentez, Karakterizasyon ve Osteoblastik Aktivite. (Master's thesis, Hacettepe Üniversitesi).
- Ball, G. F. M. (2005). *Vitamins in foods: Analysis, bioavailability, and stability*. CRC press.
- Barhoum, A., Pal, K., Rahier, H., Uludag, H., Kim, I. S., & Bechelany, M. (2019). Nanofibers as new-generation materials: from spinning and nano-spinning fabrication techniques to emerging applications. *Applied Materials Today*, 17: 1-35.
- Baysal, A. (2014). Beslenme (15.Baskı). I. Kısım: Beslenme İlkeleri (ss. 194 – 197), II. Kısım: Besinler (sf. 274 – 284). Ankara: Hatibođlu Yayıncılık.
- Baysal, G. (2020). Gıda Endüstrisinde Nanosistemlerin Kullanımı. *Gıda*, 45(3): 517-529.
- Bohrer, B. M. (2017). Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science & Technology*, 65: 103-112.
- Boyaci, B. B., Han, J. Y., Masatcioglu, M. T., Yalcin, E., Celik, S., Ryu, G. H., & Koksel, H. (2012). Effects of cold extrusion process on thiamine and

riboflavin contents of fortified corn extrudates. *Food Chemistry*, 132(4): 2165-2170.

- Cetinkaya, T., Mendes, A. C., Jacobsen, C., Ceylan, Z., Chronakis, I. S., Bean, S. R., & García-Moreno, P. J. (2021). Development of kafirin-based nanocapsules by electrospraying for encapsulation of fish oil. *LWT*, 136, 110297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110297>
- Ceylan, Z. (2019). A new cost-effective process for limitation of microbial growth in fish flesh: Wrapping by aluminum foil coated with electrospun nanofibers. *Journal of Food Safety*, 39(5): e12697.
- Ceylan, Z., Uslu, E., Ispirli, H., Meral, R., Gavgalı, M., Yılmaz, M. T., & Dertli, E. (2019). A novel perspective for *Lactobacillus reuteri*: Nanoencapsulation to obtain functional fish fillets. *LWT*, 115: 108427. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108427>
- Ceylan, Z., Meral, R., Kose, Y. E., & Cavidoglu, I. (2020). Wheat germ oil nanoemulsion for oil stability of the cooked fish fillets stored at 4° C. *Journal of food science and technology*, 57(5): 1798-1806.
- Ceylan, Z., Meral, R., Karakas, C. Y., Dertli, E., & Yılmaz, M. T. (2018). A novel strategy for probiotic bacteria: Ensuring microbial stability of fish fillets using characterized probiotic bacteria-loaded nanofibers. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 48: 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.07.002>
- Ceylan, Z., Meral, R., Kose, S., Sengor, G., Akinay, Y., Durmus, M., & Ucar, Y. (2020). Characterized nano-size curcumin and rosemary oil for the limitation microbial spoilage of rainbow trout fillets. *LWT*, 134: 109965.
- Ceylan, Z., Yaman, M., Sağdıç, O., Karabulut, E., & Yılmaz, M. T. (2018). Effect of electrospun thymol-loaded nanofiber coating on vitamin B profile of gilthead sea bream fillets (*Sparus aurata*). *LWT*, 98: 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.027>
- Ceylan, Z., Sengor, G. F. U., & Yılmaz, M. T. (2018). Nanoencapsulation of liquid smoke/thymol combination in chitosan nanofibers to delay microbiological spoilage of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Journal of food engineering*, 229: 43-49.

- Ceylan, Z., Sengor, G. F. U., Sağdıç, O., & Yılmaz, M. T. (2017). A novel approach to extend microbiological stability of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets coated with electrospun chitosan nanofibers. *LWT-Food Science and Technology*, 79: 367-375.
- Courraud, J., Berger, J., Cristol, J.-P., & Avallone, S. (2013). Stability and bioaccessibility of different forms of carotenoids and vitamin A during in vitro digestion. *Food Chemistry*, 136(2): 871–877. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.076>
- Çatak, J., Çaman, R., & Ceylan, Z. (2020). Critical Vitamin Assessment: Pyridoxal, Pyridoxamine, and Pyridoxine Levels for Three Species of Raw and Cooked Fish Samples. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(10): 981–989. <https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1827113>
- Çetinkaya, T., Mendes, A. C., Jacobsen, C., Ceylan, Z., Chronakis, I. S., Bean, S. R., & García-Moreno, P. J. (2021). Development of kafirin-based nanocapsules by electrospraying for encapsulation of fish oil. *LWT*, 136: 110297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110297>
- Çunayev, Ş. (2021). *Elektro çekim (elektrospinning) yöntemi ile karbon siyahı katkılı iletken ve saydam nanolifli yüzey üretimi ve karakterizasyonu* (Master's thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi).
- de Boer, J., Schösler, H., & Aiking, H. (2020). Fish as an alternative protein—A consumer-oriented perspective on its role in a transition towards more healthy and sustainable diets. *Appetite*, 152: 104721.
- Demirci, M. (2016). Gıda Kimyası. Tekirdağ: Toprak Ofset, sf. 168 – 170
- Dionísio, A. P., Gomes, R. T., & Oetterer, M. (2009). Ionizing radiation effects on food vitamins: a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(5): 1267-1278.
- DOĞAN, N. (2019). TRA1 Bölgesinde (Erzurum, Erzincan, Bayburt) hanelerin kırmızı et, tavuk eti ve balık eti tüketimine yönelik mevcut durum üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2): 285-295.

- Duygulu, N. E. (2020). Elektro Eğirme Yöntemiyle Nano Boyutlu TiO₂ Parçacık katkılı PLA Nano Fiber Üretimi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(1): 7-18.
- Ekin, M. M., Kutlu, N., Meral, R., Ceylan, Z., & Cavidoglu, İ. (2021). A novel nanotechnological strategy for obtaining fat-reduced cookies in bakery industry: revealing of sensory, physical properties, and fatty acid profile of cookies prepared with oil-based nanoemulsions. *Food Bioscience*, 101184.
- Ekinci, G. Merve. (2018). “Kırmızı Et Tüketimi”. *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*, 5, (61): 21-24.
- Ekinciler, T., & Yücecan, S. (1973). Etin Beslenmemizdeki Yeri ve Kullanılması. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 2(2): 138-147.
- Ertekin Tezcan, E. (2020). *Kırmızı etlerin B1, B2 ve B3 vitamini pişirme kayıplarının ve in vitro gastrointestinal sistemde biyoerişilebilirliğinin incelenmesi* (Master's thesis).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Health Organization (WHO). (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*.
- Geiker, N. R. W., Bertram, H. C., Mejbörn, H., Dragsted, L. O., Kristensen, L., Carrascal, J. R., ... & Astrup, A. (2021). Meat and human health—Current knowledge and research gaps. *Foods*, 10(7): 1556.
- Gökırmaklı, Ç., & Bayram, M. (2018). Gıda için gelecek öngörüler: Yıl 2050. *Akademik Gıda*, 16(3): 351-360.
- Hassannejad, R., Moosavian, S. P., Mohammadifard, N., Mansourian, M., Roohafza, H., Sadeghi, M., & Sarrafzadegan, N. (2021). Long-term association of red meat consumption and lipid profile: A 13-year prospective population-based cohort study. *Nutrition*, 86: 111144.
- Hulla, J. E., Sahu, S. C., & Hayes, A. W. (2015). Nanotechnology: History and future. *Human & experimental toxicology*, 34(12): 1318-1321.
- İnce, C., & Çağındı, Ö. (2021). Demir Minerali: Fonksiyonları, Gıda İşlemenin Biyoyararlılığı Üzerine Etkileri ve Biyoaktif Bileşenler ile İnteraksiyonları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 35(2): 151-164.

- Karabulut, M., Atay, E., & Altan, A., (2019). Kitin ile Güçlendirilen Elektroğrılmış Nanoliflerin Aktif Ambalaj Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *Gıda*, 44(6): 1237-1252.
- Karacan, R. (2017). Türkiye’de Kırmızı Et Talebinin, Beyaz Et Tüketimi ve Gelir Dağılımı Açısından Değerlendirilmesi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (630): 67-73.
- Kızılaslan, H., & Nalinci, S. (2013). Amasya İli Merkez İlçedeki Hanehalkının Kırmızı Et Tüketim Alışkanlıkları ve Kırmızı Et Tüketimini Etkileyen Faktörler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (3): 76-99.
- Kobayashi, M., Adachi, H. Y., Ishihara, J., & Tsugane, S. (2011). Effect of cooking loss in the assessment of vitamin intake for epidemiological data in Japan. *European journal of clinical nutrition*, 65(4): 546-552.
- Kumar, T. S. M., Kumar, K. S., Rajini, N., Siengchin, S., Ayrilmis, N., & Rajulu, A. V. (2019). A comprehensive review of electrospun nanofibers: Food and packaging perspective. *Composites Part B: Engineering*, 175: 107074.
- Meral, R., Alav, A., Karakas, C., Dertli, E., Yilmaz, M. T., & Ceylan, Z. (2019). Effect of electrospun nisin and curcumin loaded nanomats on the microbial quality, hardness and sensory characteristics of rainbow trout fillet. *LWT*, 113: 108292. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108292>
- Mizrak, Ö. F. (2019). *Ülkemizde bebek ve küçük çocuk gıdalarına takviye edilmiş folik asitin biyoerişilebilirliğinin in vitro gastrointestinal sistem ile incelenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Mofrad, M. D., Mozaffari, H., Sheikhi, A., Zamani, B., & Azadbakht, L. (2021). The association of red meat consumption and mental health in women: A cross-sectional study. *Complementary Therapies in Medicine*, 56: 102588.
- Mohanty, B. P., Ganguly, S., Mahanty, A., Mitra, T., Patra, S., Karunakaran, D., ... & Ayyappan, S. (2019). Fish in human health and nutrition. *Advances in fish Research*, 7: 189-218.
- Morales, L. E., & Higuchi, A. (2018). Is fish worth more than meat?—How consumers’ beliefs about health and nutrition affect their willingness to pay more for fish than meat. *Food Quality and Preference*, 65: 101-109.

- Mousavipour, N., Babaei, S., Moghimipour, E., Moosavi-Nasab, M., & Ceylan, Z. (2021). A novel perspective with characterized nanoliposomes: Limitation of lipid oxidation in fish oil. *LWT*, *152*, 112387.Özbay, S., & Sarıçoban, C. (2014). Et ve ürünlerinde dekontaminasyon yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *1*(3): 92-99.
- Özkaya, Ş. Ö. (2021). Yaşam Kalitesi ve Fonksiyonel Besinler Quality of Life and Functional Foods. *Journal of Health Sciences*, *1*(1): 62-68.
- Özkaya, P. T., & Kayaardı, S. (2018). Et ve Et Ürünlerinin Kalitesini Geliştirmede Kullanılan Yeni Teknikler. *Akademik Gıda*, *16*(3): 323-331.
- Özlu, S., & Ercoşkun, H. (2021). Et ve Sağlıklı Beslenme. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi/ Journal of Food and Food Science Technology* *25*: 15-29 (2021/1).
- Polat, Y., Yangaz, M. U., Calisir, M. D., Gul, M. Z., Demir, A., Ekici, B., & Kilic, A. (2020). Effect of air pressure on nanofiber production in solution blowing method. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* *35*:4 (2020) 1719-1728
- Prabu, G. T. V., & Dhurai, B. (2020). A novel profiled multi-pin electrospinning system for nanofiber production and encapsulation of nanoparticles into nanofibers. *Scientific reports*, *10*(1): 1-11.
- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. In *Nanotechnology research directions for societal needs in 2020* (pp. 1-28). Springer, Dordrecht.
- Saka, E., Gülel, T., G. (2015). Gıda Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları. *Etlik Vet. Mikrobiyal Derg.*, *26* (2): 52-57.
- SalehHudin, H. S., Mohamad, E. N., Mahadi, W. N. L., & Muhammad Afifi, A. (2018). Multiple-jet electrospinning methods for nanofiber processing: A review. *Materials and Manufacturing Processes*, *33*(5): 479-498.
- Sarıçoban, C., Çoksever, E., Karakaya, M., & Yılmaz, M. T. (2008). Et ürünlerinde turunçgil yan ürünlerinin kullanımı. *Türkiye*, *10*: 21-23.
- Saygın, Ö., & Demirbaş, N. (2018). Türkiye'de Kırmızı Et Tüketimi: Sorunlar ve Öneriler. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, *32*(3): 567-574.

- Sekhon, B. S. (2010). Food nanotechnology–an overview. *Nanotechnology, science and applications*, 3: 1.
- Silveira, C. M. M., Moreira, A. V. B., Martino, H. S. D., Gomide, R. S., Pinheiro, S. S., Della Lucia, C. M., & Pinheiro-Sant'ana, H. M. (2017). Effect of cooking methods on the stability of thiamin and folic acid in fortified rice. *International journal of food sciences and nutrition*, 68(2): 179-187.
- Sürücüoğlu, M. S., & Balgamiş, F. (1987). Beslenme eğitiminin yiyecek hazırlama ve pişirme yöntemlerine etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 16(1): 39-50.
- Sofi, S. A., Singh, J., Rafiq, S., & Rashid, R. (2017). Fortification of dietary fiber ingredients in meat application: A review. *International Journal of Biochemistry Research & Review*, 19(2): 1-14.
- Şireli, H. D. (2018). Karkaslarda et kalitesinin belirlenmesinde kullanılan geleneksel yöntemler ve yeni teknikler. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3): 126-132.
- Stark, K. D., Van Elswyk, M. E., Higgins, M. R., Weatherford, C. A., & Salem Jr, N. (2016). Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults. *Progress in lipid research*, 63: 132-152.
- Şümnü, S. G., Uyar, T., Ayhan, Z., & Şahin, S. (2018). Elektroeğirme Yöntemi ile Nanolif Bazlı Aktif Ambalaj Malzemesi Geliştirilmesi ve Gıda Validasyonu. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), (2019). Tarım Ürünleri Piyasaları: SU ÜRÜNLERİ. Ocak 209, Ürün No:24.
- Taşçı, F. (2019). Et ve İşlenmiş Et Tüketiminin Halk Sağlığına Etkileri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2): 231-245.
- Turunç, S. (2019). *Nanoteknolojik yapı malzemelerinin Türk yapı sektöründe kullanımı* (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Türk Gıda Kodeksi (TGK), Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (2019, 29 Ocak). Resmî Gazete (Sayı: 30670). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm>
- Türker, A., & Yüksel, O. (2019). Beslenmede Vitaminlerin Önemi. *Beslenme ve Obezite*: 7-32.

- Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER-2015), T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031, Ankara 2019.
- Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (TURKOMP). Ekim-2021 tarihinde <http://www.turkomp.gov.tr/database?type=foods&group=3> adresinden erişildi.
- Umaraw, P., Munekata, P. E., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P., & Lorenzo, J. M. (2020). Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science & Technology*, 98: 10-24.
- Uyarcan, M., Söbeli, C., Dağbağlı, S., Akpınar, A., Kayaardı, S., & Bayar, M. C. (2019). Gıda Ambalajlamada Nanoteknolojinin Kullanımı. *Plastik & Ambalaj Teknolojisi Dergisi*. Ekim 2019: 58-65. <https://www.researchgate.net/publication/340732657>
- Ünsal, A. (2019). Beslenmenin Önemi ve Temel Besin Öğeleri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3): 1-10.
- Wang, H., Yang, Z., Yang, H., Xue, J., Li, Y., Wang, S., ... & Zhang, M. (2022). Comparative study on the rheological properties of myofibrillar proteins from different kinds of meat. *LWT*, 153: 112458.
- Weiss, J., Takhistov, P., & McClements, D. J. (2006). Functional materials in food nanotechnology. *Journal of food science*, 71(9): R107.
- Wolk, A. (2017). Potential health hazards of eating red meat. *Journal of internal medicine*, 281(2): 106-122.
- World Health Organization (WHO) (2018). Nutrition. <https://www.who.int/news-room/facts-in-pictures/detail/nutrition> [22.02.2018].
- Xue, J., Wu, T., Dai, Y., & Xia, Y. (2019). Electrospinning and electrospun nanofibers: Methods, materials, and applications. *Chemical reviews*, 119(8): 5298-5415.
- Xue, J., Xie, J., Liu, W., & Xia, Y. (2017). Electrospun nanofibers: new concepts, materials, and applications. *Accounts of chemical research*, 50(8): 1976-1987.

- Yaman, M., Sar, M., & Ceylan, Z. (2022). A nanofiber application for thiamine stability and enhancement of bioaccessibility of raw, cooked salmon and red meat samples stored at 4° C. *Food Chemistry*, 373: 131447.
- Yaman, M., Çatak, J., Uğur, H., Gürbüz, M., Belli, İ., Tanyıldız, S. N., ... & Yıldız, M. C. (2021). The bioaccessibility of water-soluble vitamins: A review. *Trends in Food Science & Technology*.
- Yaman, M. (2019). Farklı ekmek çeşitlerinde doğal olarak bulunan vitamin B1, B2 ve B6'nın in vitro biyoerişebilirliğinin incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (16): 758-764.
- Yardımcı, A., (2012). Nanoteknoloji Hızlı Gelişiyor. <https://www.academia.edu/4063554/Nanoteknoloji>, Temmuz 2012: 34-39.
- Yardımcı, A. İ., & Tarhan, Ö. (2020). Electrospun protein nanofibers and their food applications. *Mugla Journal of Science and Technology*, 6(2): 52-62.
- Yılmaz, M., & Altan, A. (2017). Elektroğirme yöntemine dayalı nanosensörlerin gıda alanındaki uygulamaları. *Gıda/The Journal of FOOD*, 42(6).
- Yusufoğlu, B., Özkan, K., & Yaman, M. (2019). Dünyanın En İyi Varış Noktası Türk Mutfağına Biyokimyasal Bakış: Bazı Geleneksel Yemekler ve B Vitamini Kompozisyonları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16): 874-880.
- Zhang, C., Li, Y., Wang, P., & Zhang, H. (2020). Electrospinning of nanofibers: Potentials and perspectives for active food packaging. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2): 479-502.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Melika SAR

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Beslenme ve Diyetetik	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	2015-2019
Yüksek Lisans	Beslenme ve Diyetetik (Tezli)	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	2019-2022

A.Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Mustafa Yaman, **Melika Sar**, Zafer Ceylan, (2022). A nanofiber application for thiamine stability and enhancement of bioaccessibility of raw, cooked salmon and red meat samples stored at 4° C. *Food Chemistry*, 373, 131447. (Makale bu çalışmadan çıkarılmıştır)