

T.C.  
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI  
2024-YL-71

EMÜLSİFİYE TAVUK KÖFTESİNDE ET İKAMESİ  
OLARAK ÇEKİRGE (*Locusta migratoria*) PROTEİN TOZU  
KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Can DİNÇER  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN  
Dr. Öğr. Üyesi. Ash ZUNGUR BASTIOĞLU

Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından  
1220781 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN-2024

## KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Can DİNÇER tarafından hazırlanan” EMÜLSİFİYE TAVUK KÖFTESİNDE ET İKAMESİ OLARAK ÇEKİRGE (*Locusta Migratoria*) PROTEİN TOZU KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 12/08/2024

### Jüri Üyeleri

ONAY:

Başkan : Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU .....  
Ege Üniversitesi

Üye : Dr.Öğr. Üyesi. Aslı ZUNGUR BASTIOĞLU .....  
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ .....  
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün ..... tarih ve ..... sayılı oturumunda alınan ..... numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ethem AKTÜRK

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince ve tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her zaman ilgi ve desteğini gördüğüm tez danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aslı ZUNGUR BASTIOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli zamanlarını ayırıp tezimi değerlendiren, tez savunma jüri üyesi sayın hocalarım Prof. Dr. Fatma Meltem SERDAROĞLU ve Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalar esnasında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve birikimlerini paylaşan ve tez çalışmamın tamamlanmasında büyük katkıları olan değerli hocam Arş. Gör. Dr. Ahmet GÖRGÜÇ'e teşekkür ederim.

Tez çalışması için maddi destek sağlayan TÜBİTAK Araştırma Destek Programları Başkanlığı'na (Proje No: 122O781) teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, hayatım boyunca bana destek olan ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme; annem Nurdan DİNÇER'e, babam Celalettin DİNÇER'e ve ağabeyim Caner DİNÇER'e teşekkürü borç bilirim.

Can DİNÇER

# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	i
TEŞEKKÜR .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
RESİMLER DİZİNİ .....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. İnsan Sağlığı ve Beslenmesinde Proteinlerin Rolü .....	3
2.2. Protein Gereksinimi ve Sürdürülebilirlik .....	4
2.3. Alternatif Protein Kaynakları .....	12
2.3.1. Bitkisel protein kaynakları .....	12
2.3.2. Böcekler.....	14
2.3.2.1. <i>Locusta migratoria</i> .....	16
2.3.2.2. Beslenme profili bakımından böcekler.....	18
2.3.2.3. Protein.....	19
2.3.2.4. Yağ .....	21
2.3. Protein Ekstraksiyonu.....	23
2.4. Ultrafiltrasyon.....	27

2.5. Dondurarak Kurutma Yöntemi.....	28
2.6. Böcek Proteinlerinin Et İkamesi Olarak Kullanımı.....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	31
3.1. Materyal .....	31
3.2. Yöntem .....	31
3.2.1. Protein Tozu Üretimi.....	32
3.2.1.1. Çekirgelere uygulanan ön işlemler.....	32
3.2.1.2. Yağın ayrılması .....	33
3.2.1.4. Protein özütleme.....	34
3.2.1.4.1. Alkali yöntem ile özütleme.....	34
3.2.1.4.2. Mikrodalga destekli enzimatik özütleme ve ekstraksiyon işleminin sınır koşullarının belirlenmesi .....	35
3.2.2. Mikrodalga destekli enzimatik özütleme işleminde ultrases ön işleminin etkisinin değerlendirilmesi .....	37
3.2.3. Ultrafiltasyon ile protein saflaştırma işlemi .....	38
3.2.4. Özütlerinkonsantre edilmesi.....	38
3.2.5. Dondurarak kurutma ile protein tozu eldesi .....	39
3.2.6.Emülsifiye tavuk köftesi üretimi .....	39
3.2.7. Emülsifiye tavuk köftesinin depolama denemeleri .....	40
3.3. Çekirge ve Çekirge Protein Ekstrakt Analizleri .....	41
3.3.1. Toplam kuru madde.....	41
3.3.2. Toplam protein miktarı.....	41
3.3.3. Protein verimi .....	42
3.3.4. Toplam kuru madde.....	42
3.4. Çekirge Protein Tozu Analizleri.....	43
3.4.1. Su aktivitesi .....	43

3.4.2. Toplam kuru madde.....	44
3.4.3. Su tutma kapasitesi .....	44
3.4.4. Yağ bağlama kapasitesi .....	44
3.4.5. Emülsiyon kapasitesi .....	45
3.4.6. Emülsiyon stabilitesi .....	45
3.4.7. Yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu .....	45
3.4.8. Akabilirlik.....	46
3.4.9. Partikül yoğunluğu .....	46
3.4.10. Islanabilirlik.....	46
3.4.11. Dağılıbilirlik.....	47
3.4.12. Çözünebilirlik .....	47
3.4.13. Toplam protein miktarı.....	48
3.4.14. Kitin analizi .....	48
3.5. Emülsifiye Tavuk Köftesine Uygulanan Analizler .....	49
3.5.1. Kimyasal kompozisyon .....	49
3.5.2. pH .....	49
3.5.3. Renk.....	49
3.5.4. Protein oksidasyonu.....	50
3.5.5. Lipit oksidasyonu .....	50
3.5.6. <i>In-vitro</i> protein sindirilebilirliği analizi .....	51
3.5.7. Doku profil analizi.....	51
3.6. İstatistiksel Analiz .....	52
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	53
4.1. Çekirge unlarına Uygulanan Ön İşlemler .....	53
4.2. Çekirge Protein Özütlemeye İşlem Parametrelerinin Etkilerinin Belirlenmesi ve Optimizasyon Çalışmaları .....	54

4.3. Mikrodalga Destekli Enzimatik Özütleme İşleminin Optimizasyonu.....	54
4.4. Mikrodalga Destekli Enzimatik Özütleme İşlem Parametrelerin Etkileri ve Yanıt Yüzey Modeli	56
4.5. Mikrodalga Destekli Enzimatik Özütleme İşleminde Ultrases Ön İşleminin Etkisinin Değerlendirilmesi .....	60
4.6. Ultrafiltrasyon ile Protein Saflaştırma İşlemi.....	62
4.7. Çekirge Protein Tozunun Fonksiyonel ve Fizikokimyasal Özellikleri .....	63
4.8. Emülsifiye Tavuk Köftesine Uygulanan Analizlerin Sonuçları.....	68
4.8.1. Kimyasal kompozisyon .....	68
4.8.2. pH .....	69
4.8.3. Doku profil analizi.....	70
4.8.4. Renk.....	72
4.8.5. Protein oksidasyonu.....	76
4.8.6. Lipit oksidasyonu .....	77
4.8.7. <i>In-vitro</i> protein sindirilebilirliği analizi.....	79
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82
KAYNAKLAR.....	84
BİLİMSEL ETİK BEYANI .....	110
ÖZGEÇMİŞ.....	111

## SİMGELER DİZİNİ

<b>a*</b>	: Kalorimetrede kırmızılık/yeşillik
<b>atm</b>	: Atmosfer basıncı
<b>bar</b>	: Basınç birimi
<b>b*</b>	: Kalorimetrede sarılık/mavilik
<b>C*</b>	: Renk doygunluğu
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetre küp
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>Da</b>	: Dalton
<b>g</b>	: Gram
<b>GlcN</b>	: Glukozamin
<b>h°</b>	: Renk tonu
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>kgCO<sub>2</sub>eq</b>	: Karbondioksit eşdeğeri kilogram
<b>kDa</b>	: Kilodalton
<b>kcalg<sup>-1</sup></b>	: Gram başına kilokalori
<b>kHz</b>	: Kilohertz
<b>kPa</b>	: Kilopascal
<b>kW</b>	: Kilowatt
<b>L*</b>	: Kalorimetrede siyahlık/beyazlık
<b>m</b>	: Metre
<b>M</b>	: Mol kütlesi
<b>mbar</b>	: Milibar
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>MPa</b>	: Megapaskal
<b>N</b>	: Normalite
<b>nM</b>	: Nanomolar



<b><i>p</i></b>	: İstatistiki anlamlılık seviyesi
<b><math>R^2</math></b>	: Regresyon katsayısı
<b>s</b>	: Saniye
<b>v</b>	: Hacim
<b>W</b>	: Watt
<b>w</b>	: Ağırlık
<b>Y</b>	: Model yanıtı
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	: Mikrometre
<b><math>\mu\text{L}</math></b>	: Mikrolitre

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ALPE</b>	: Alüminyum Tabakalı Polietilen
<b>ANOVA</b>	: Varyans Analizi
<b>CCD</b>	: Central Composite Design (Merkezi Tümlleşik Dizayn)
<b>CI</b>	: Carr İndeksi
<b>FAO</b>	: Food Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
<b>HPLC-DAD</b>	: High Pressure Liquid Chromatography – Diode Array Dedector (Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi – Diyot Dizi Dedektörü)
<b>MUFA</b>	: Monounsaturated Fatty Acid (Tekli Doymamış Yağ Asidi)
<b>MWCO</b>	: Molecular Weight Cut-Off (Moleküler Ağırlık Kesim Noktası)
<b>PUFA</b>	: Polyunsaturated Fatty Acid (Çoklu Doymamış Yağ Asidi)
<b>RSM</b>	: Response Surface Methodology (Yüzey Yanıt Yöntemi)
<b>SFA</b>	: Saturated Fatty Acid (Doymuş Yağ Asidi)
<b>STPP</b>	: Sodium Tripolyphosphate (Sodyum Tripolifosfat)
<b>TBA</b>	: Thiobarbituric Acid (Tiyobarbitürik Asit)
<b>TCA</b>	: Trichloroacetic Acid (Trikloroasetik Asit)
<b>USDA</b>	: United States Department of Agriculture (Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sığır, domuz ve tavuk eti üretmek için gereken yem, su ve açığa çıkan sera gazı emisyon miktarı .....	7
Şekil 2.2. Dünya dana eti arzı (ton) .....	9
Şekil 2.3. Dünya dana eti üretimi ve tüketimi (ton) .....	10
Şekil 4.1. Çekirge tozlarından mikrodalga destekli enzimatik özütleme işlemi için bağımsız değişkenlerin verim üzerine ikili etkileri .....	58
Şekil 4.2. Emülsifiye tavuk köftelerinin depolama süresinde protein oksidasyonu değerleri .....	77
Şekil 4.3. Depolama sürecinde örneklerin TBARS değerleri.....	78

## RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. Kurutma öncesi <i>L.migratoria</i> örneği.....	32
Resim 3.2. Kurutma işlemi sırasında ve sonrasında <i>L.migratoria</i> örneği.....	33
Resim 3.3. Öğütülmüş çekirgeden yağ ayırma işlemleri.....	34
Resim 3.4. Alkali yöntem ile özütleme işlemleri .....	35
Resim 3.5. Mikrodalga destekli enzimatik özütleme işlemleri .....	37
Resim 3.6. Ultrases işlemlerine ait görseller .....	38
Resim 3.7. (a) Kjedahl yakma ünitesi içinde yer alan örnekler; (b) Kjedahl yöntemi için distilasyon aşaması; (c) titrasyon öncesinde ve sonrasında örneklerin genel görünümü	42
Resim 3.8. Toplam kuru madde işlemlerine ait görseller.....	43

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünya toplam sığır sayısı .....	8
Çizelge 2.2. Dünya dana eti arzı (ton) .....	9
Çizelge 2.3. Türkiye kırmızı eti üretim, ithalat, toplam arz (ton) ve kişi başı tüketim verileri.....	10
Çizelge 2.4. Dünya tavuk eti arz ve kullanımı (ton).....	11
Çizelge 2.5. Türkiye’de tavuk eti: toplam arz, ithalat, üretim, tüketim ve ortalama fiyat verileri (ton).....	11
Çizelge 2.6. Bazı böceklerin yaygın adları ve besin bileşimleri (% , kuru madde bazında) .....	18
Çizelge 2.7. Bazı böceklerin esansiyel amino asit içeriği (g/100 g kuru madde).....	20
Çizelge 2.8. Geleneksel protein kaynaklarındaki esansiyel amino asit içeriği (g/100 g) ve yetişkin bir erkek bireyin günlük esansiyel amino asit alması gereken miktar(g/ 70 kg) .....	20
Çizelge 2.9. Bazı böcek türlerinin yağ asidi içeriği (%).....	22
Çizelge 3.1. Mikrodalga destekli enzimatik özütleme aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler .....	36
Çizelge 3.2. Çekirge ( <i>Locusta migratoria</i> ) ekstraksiyon işlemlerine ait deneme planı .	36
Çizelge 3.3. Emülsifiye tavuk köftesi formülasyonları .....	40
Çizelge 4.1. Yaş ve kurutulmuş çekirge örneklerinde gerçekleştirilen analizler ve sonuçları .....	54
Çizelge 4.2. Çekirge unlarından protein ekstraksiyon işlemlerine ait deneme planı ve elde edilen sonuçlar .....	55
Çizelge 4.3. Çekirge unlarından protein ekstraksiyon işleminin optimum parametrelerinin yanıt yüzey yöntemiyle belirlenmesi .....	55

Çizelge 4.4. Çekirge tozlarından protein ekstraksiyon işlemlerine ait yanıt yüzey yöntemi model ve katsayıları ve varyans analizi (ANOVA) çıktısı .....	59
Çizelge 4.5. Ultrases ön işleminin protein verimi (%) üzerine etkisi.....	60
Çizelge 4.6. Farklı özütleme işlemlerin protein verimlilikleri (%) .....	61
Çizelge 4.7. Ultrafiltrasyon aşamasına ait veriler.....	62
Çizelge 4.8. Çekirge protein tozunun fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin değerleri.....	63
Çizelge 4.9. Emülsifiye tavuk köftelerine ait kimyasal kompozisyon değerleri .....	68
Çizelge 4.10. Çiğ emülsifiye tavuk köfte örneklerinin pH değerleri.....	69
Çizelge 4.11. Emülsifiye tavuk köftelerine ait doku profili analizi.....	70
Çizelge 4.12. Emülsifiye tavuk köftelerine ait parlaklık (L*) değerleri.....	72
Çizelge 4.13. Emülsifiye tavuk köftelerine ait kırmızılık-yeşillik (a*) değerleri.....	73
Çizelge 4.14. Emülsifiye tavuk köftelerine ait sarılık-mavilik (b*) değerleri.....	73
Çizelge 4.15. Emülsifiye tavuk köftelerin ait renk yoğunluğu (C*) değerleri .....	74
Çizelge 4.16. Emülsifiye tavuk köftelerin ait renk tonu (h°) değerleri .....	75
Çizelge 4.17. Depolama süresi boyunca çekirge protein tozu ilave edilmiş tavuk köftelerinin pepsin sindirilebilirlik değerleri.....	80
Çizelge 4.18. Depolama süresi boyunca çekirge protein tozu ilave edilmiş tavuk köftelerinin tripsin ve $\alpha$ -kemotripsin sindirilebilirlik değerleri .....	80

## ÖZET

### EMÜLSİFİYE TAVUK KÖFTESİNDE ET İKAMESİ OLARAK ÇEKİRGE (*Locusta Migratoria*) PROTEİN TOZU KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

**Dinçer C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda  
Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Dr. Öğr. Üyesi. Aslı  
ZUNGUR BASTIOĞLU, Aydın, 2024.**

Tez çalışmasının amacı, çekirge (*Locusta migratoria*)’den protein eldesinde mikrodalga destekli enzimatik özütleme işlemi ile verim baz alınarak optimum ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi, ekstraksiyonun ardından dondurarak kurutma yöntemiyle toz protein üretimi ve et ikamesi olarak emülsifiye tavuk köftesi formülasyonunda kullanım olanağının incelenerek depolama süresince ürünün kalite özelliklerinin incelenmesidir. Çekirgeden protein tozu üretiminde mikrodalga destekli enzimatik özütleme yöntemi kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlem parametrelerinin (sıcaklık, süre ve enzim oranı) protein verimi üzerindeki etkileri yanıt yüzey yöntemi (RSM) ile incelenmiştir. Optimum koşullarda ekstrakt edilen proteinler ise dondurarak kurutma ile toz forma dönüştürülmüş ve fizikokimyasal özellikleri analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tozlar, emülsifiye tavuk köftesine ilave edilerek ürünler hazırlanmış ve depolama süresince lipit oksidasyonu, protein oksidasyonu ve *in vitro* protein sindirilebilirliği incelenmiştir. Optimum işlem koşulları, 46 °C sıcaklık, 23 dakika süre ve %0,71 enzim oranı olarak belirlenmiştir. İşlem sonucunda, mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon işlemi sonucunda, protein verimi %63 olarak ölçülmüştür. Ultrases ön işlemi uygulanmış ekstraktta ise protein verimi %68,51’e yükselmiştir. Çekirge protein tozu, gelecekte gıda ürünlerinde fonksiyonel bir bileşen ve et ikamesi olarak değerlendirilebilir. Çekirge protein tozu ilavesinin optimize edilmesi hem besin değerini artırmak hem de raf ömrünü uzatmak açısından kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Çekirge protein tozu, Ekstraksiyon, Yanıt yüzey yöntemi, Emülsifiye tavuk köftesi, Ultrases

## ABSTRACT

### **THE INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING LOCUST (*Locusta Migratoria*) PROTEIN POWDER AS A MEAT SUBSTITUTE IN EMULSIFIED CHICKEN MEATBALLS**

**Dinçer C. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Food Engineering Program, Master's Thesis, Supervisor: Asst. Prof. Dr. Aslı ZUNGUR BASTIOĞLU, Aydın, 2024.**

The aim of this thesis is to determine the optimum extraction protein yield of locust (*Locusta migratoria*) proteins through microwave-assisted enzymatic extraction and to obtain the protein. The protein powder obtained by freeze-drying was added to the food formulation as a meat substitute and the quality characteristics of the product during storage were examined. Microwave-assisted enzymatic extraction method was used in the production of protein powder from locust. The effects of extraction process parameters (temperature, time and enzyme ratio) on protein yield were investigated using response surface methodology (RSM). Proteins extracted under optimum conditions were freeze-dried to obtain powder, physicochemical and powder product properties were analyzed. The obtained powders were formulated by adding to emulsified chicken patties, lipid oxidation, protein oxidation and *in vitro* protein digestibility were examined during storage. Optimum process conditions were determined as temperature 46 °C, time 23 minutes and enzyme ratio 0.71%. As a result of the process, the protein yield was measured as 63% with microwave-assisted enzymatic extraction. In the extract subjected to ultrasonic pre-treatment, the protein yield increased to 68.51%. Locust protein powder can be considered a functional component and meat substitute in food products in the future. Optimizing the addition of locust protein powder is crucial for both increasing nutritional value and extending shelf life.

Keywords: Locust protein powder, Extraction, Response surface methodology, Emulsified chicken meatballs



# 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze insan beslenmesinde et ve et ürünleri en önemli protein kaynaklarındandır. Et ve et ürünleri; bütün esansiyel amino asitleri, vitamin A, vitamin B, çinko, selenyum, fosfor, demir gibi birçok mineral ve vitaminleri içermesinden dolayı elzem bir protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır (Ahmad vd., 2018; Boateng vd. 2020; Xie, Ma, vd. 2022). Hayvansal protein kaynakları, barındırdığı esansiyel amino asitler sayesinde vücudumuzdaki büyüme, gelişme ve onarım gibi birçok işlevin gerçekleşmesini kolaylaştırmaktadır (Wu, 2016; Wyness, 2016). Mikro besinler (vitaminler ve mineraller); doku onarımı, hücre bölünmesi ve büyümesi, bağışıklık sistemi, üreme, kemik ve diş sağlığı, enzim sistemlerinde kofaktör ve koenzim olarak işlev görmektedir. Ayrıca vücudun biyokimyasal ve fizyolojik işlevlerin düzenlenmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Bu nedenle et, bireysel diyet düzenlerinde merkezi bir rol oynamakta ve insan sağlığının desteklenmesinde kritik bir fonksiyona sahiptir (Awuchi vd., 2020; Pereira ve Vicente, 2013).

Hızlı nüfus artışının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin ciddi boyutlara ulaşacağına dair endişeler son yıllarda giderek artmaktadır. Günümüzde, iklim değişikliği, artan insan nüfusu ve tüketici davranışlarındaki değişimler, alternatif protein kaynaklarına yönelik çalışmaları artırmaktadır. Bu eğilimlerin, gelecekteki et tüketim ihtiyacının artacağı ve hayvansal üretimin maksimum kapasitesine ulaşacağı tahmin edilen 2050 yılında daha da belirgin hale geleceği tahmin edilmektedir (Sürek ve Uzun, 2020; Tilman ve Clark, 2014; Xie, Cai, vd.,2022). Ayrıca, hayvansal protein üretiminin, yükselen yem talebi ve artan sera gazı emisyonları ile doğrudan ilişkili olması, sürdürülebilirlik açısından kayda değer bir zorluk teşkil etmektedir. Bu durum her geçen yıl alternatif protein kaynakları ihtiyacını öne çıkarmaktadır. Yenilebilir protein kaynakları üzerine yapılan araştırmalar bilim dünyası ve endüstri için son yıllarda önem verilen konulardan birisi olmuştur. Özellikle son yıllarda böceklerin protein kaynağı olarak değerlendirildiği bilimsel ve teknolojik yaklaşımlar bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, çekirge (*Locusta migratoria*)’den protein eldesi sırasında yenilikçi ekstraksiyon tekniği olan mikrodalga destekli enzimatik özütleme işleminin optimum koşullarını belirlemektir. Ultrases işlemleri yağ alınmış çekirge

rezidüsüne uygulanmış, uygulanmamış yöntemle kıyasla protein verimi ve diğer özelliklere olumlu etkisinin olup olmadığı değerlendirilmiştir. Ek olarak, kitin maddesinin uzaklaştırılması yenilikçi yöntemlerle gerçekleştirilmiş ve ardından yüksek saflıkta protein fraksiyonlarının dondurarak kurutma yöntemi ile toz formuna dönüştürülmüştür. Elde edilen toz formundaki protein, alternatif protein kaynağı olarak emülsifiye tavuk köftesi formülasyonunda kullanılmış ve ürünün farklı depolama koşullarında lipit oksidasyonu, protein oksidasyonu, renk ve *in vitro* sindirilebilirlik özellikleri değerlendirilmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. İnsan Sağlığı ve Beslenmesinde Proteinlerin Rolü

Protein, insan beslenmesi ve sağlığı açısından hayati öneme sahip olmakla birlikte, büyüme, bağışıklık sistemi, enerji sağlanması ve kas fonksiyonlarını doğrudan etkilemektedir. Amino asitlerin peptit bağlarıyla bağlanması proteinleri oluşturmaktadır. Sindirim sürecinde proteinlerdeki peptit bağları proteaz enzimleriyle parçalanarak amino asitlere ayrılmaktadır. Bu amino asitler, vücutta protein sentezi ve diğer metabolik süreçler için kullanılmaktadır (Wu, 2016). Hayvansal bazlı protein kaynakları, amino asit profili, biyolojik değer ve sindirilebilirlik açısından yüksek kaliteye sahiptir. Yumurta proteini sıklıkla diğer proteinlerin biyolojik değerini değerlendirmek için referans olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık, bitkisel gıdalardan elde edilen proteinler, genellikle belirli tanenler, lektinler ve proteaz inhibitörleri gibi antinutritif faktörler nedeniyle daha düşük biyoyararlılığa sahiptir. Bitkisel kaynaklı proteinlerin bu olumsuz etkilerinin giderilmesi için daha kapsamlı işlemler uygulanarak mümkün olabilir (Elmadfa ve Meyer, 2017; Nakitto vd. 2015).

Proteinlerin insan beslenmesindeki değeri, temel olarak içerdikleri esansiyel amino asitlerin miktarına ve bu amino asitlerin vücudun ihtiyaçlarını karşılama kapasitesine bağlıdır. Bu değer, belirli bir proteinin içerdiği esansiyel amino asitlerin gerekli miktara oranı olarak ölçülen amino asit skoru ile ifade edilir. Bir proteinin vücutta ne kadar iyi kullanıldığı, yani biyoyararlılığı, bu skoru etkilemektedir. Bu nedenle, amino asit değeri, proteinin sindirilebilirliği dikkate alınarak düzeltilebilmektedir (Arte vd., 2015; Mandalari vd. 2008). İnsan beslenmesinde protein alımının sağlık üzerine önemli etkileri bulunmaktadır, düşük fiziksel aktiviteye sahip sağlıklı bir yetişkin bireylerde önerilen günlük protein alımı, vücut ağırlığı kilogramı başına 0,8 gram protein /gündür (Kreider ve Campbell, 2009). İskelet kası artırma ve fiziksel gücü destekleme gibi fonksiyonel ihtiyaçları karşılamak için, minimal, orta ve yoğun fiziksel aktiviteye sahip bireyler için sırasıyla vücut ağırlığı kilogramı başına günde 1,0, 1,3 ve 1,6 gram protein/gün alımı önerilmektedir. Sağlıklı yetişkinler için vücut ağırlığı kilogramı başına 2 gram/gün protein alımının uzun vadede güvenli olduğu ve iyi uyum sağlamış bireyler için tolere

edilebilir üst sınırın vücut ağırlığı kilogramı başına 3,5 gram protein/gün olduğu belirtilmiştir. Kronik yüksek protein alımı, sindirim, böbrek ve damar anormalliklerine yol açabileceğinden kaçınılmalıdır. Protein miktarı ve kalitesi, besin değerlerinin belirleyicisidir. Bu nedenle, insan sağlığı, büyüme ve gelişimi için hayvansal ürünlerden yüksek kaliteli proteinlerin yeterli miktarda tüketilmesi gerekmektedir (Leidy vd., 2015; Mamerow vd. 2014; Wu vd. 2014).

Vücuda gerekli enerjiyi sağlayan gıda maddeleri öncelikle karbonhidratlar ve lipitlerdir. Proteinler, vücuda 4 kcal/g enerji sağlayabilmesine rağmen, proteinlerin asıl işlevi amino asit kaynağı olarak kullanılarak vücuda yapı taşları sağlamaktır. Proteinlerin veya amino asitlerin enerji olarak kullanımı, karbonhidrat veya lipit alımının gerekli enerjiyi sağlamada yetersiz kaldığı durumlarla sınırlıdır. Dolayısıyla, açlık durumunda veya enerji alımı yetersiz olduğunda, alınan bazı proteinler veya vücut proteinleri enerji kaynağı olarak kullanılır. Ancak, vücut proteinleri enerji depolama formuna sahip değildir. Bu nedenle, başlıca kas proteinlerinin kısmi yıkımı ile elde edilen amino asitler, enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Hayamizu, 2017).

Protein alımı, büyüme hormonu ve insülin benzeri büyüme faktörü I salgılanmasını artırarak lineer büyüme ve vücut kompozisyonunu etkilemektedir. Özellikle, arjinin ve lizin gibi amino asitlerin alımı büyüme hormonu salgılanmasını teşvik ederek çocuklarda lineer büyüme ve yağsız kütle artışı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Switkowski vd., 2019). Arjinin, glutamin ve sistein gibi belirli amino asitlerin diyetle eklenmesi, bağışıklık durumunu iyileştirerek enfeksiyonların morbidite ve mortalitesini azaltabilmektedir. Prematüre bebeklerde yapılan çalışmalar, yüksek miktarda protein alımının ( $\geq 3$  g/kg/gün) immünooglobulin M seviyesini artırarak bağışıklık fonksiyonlarını iyileştirdiğini göstermiştir (Li vd., 2007).

## **2.2. Protein Gereksinimi ve Sürdürülebilirlik**

Artan sağlıklı beslenme eğilimlerine rağmen, yüksek oranda işlenmiş ve besleyici değeri düşük gıdaların tercih edilmesi, beslenme bilincine dair çelişkileri ortaya koymaktadır. Bu eğilimlerin yanı sıra, gıda yetersizliği ve temel gıda maddelerine erişimdeki eksiklik, düşük gelir düzeyleri ile doğrudan bir ilişki içindedir. Malnütrisyon, vücudun ihtiyaç duyduğu besinleri yeterince almaması, dengesiz bir şekilde beslenmesi

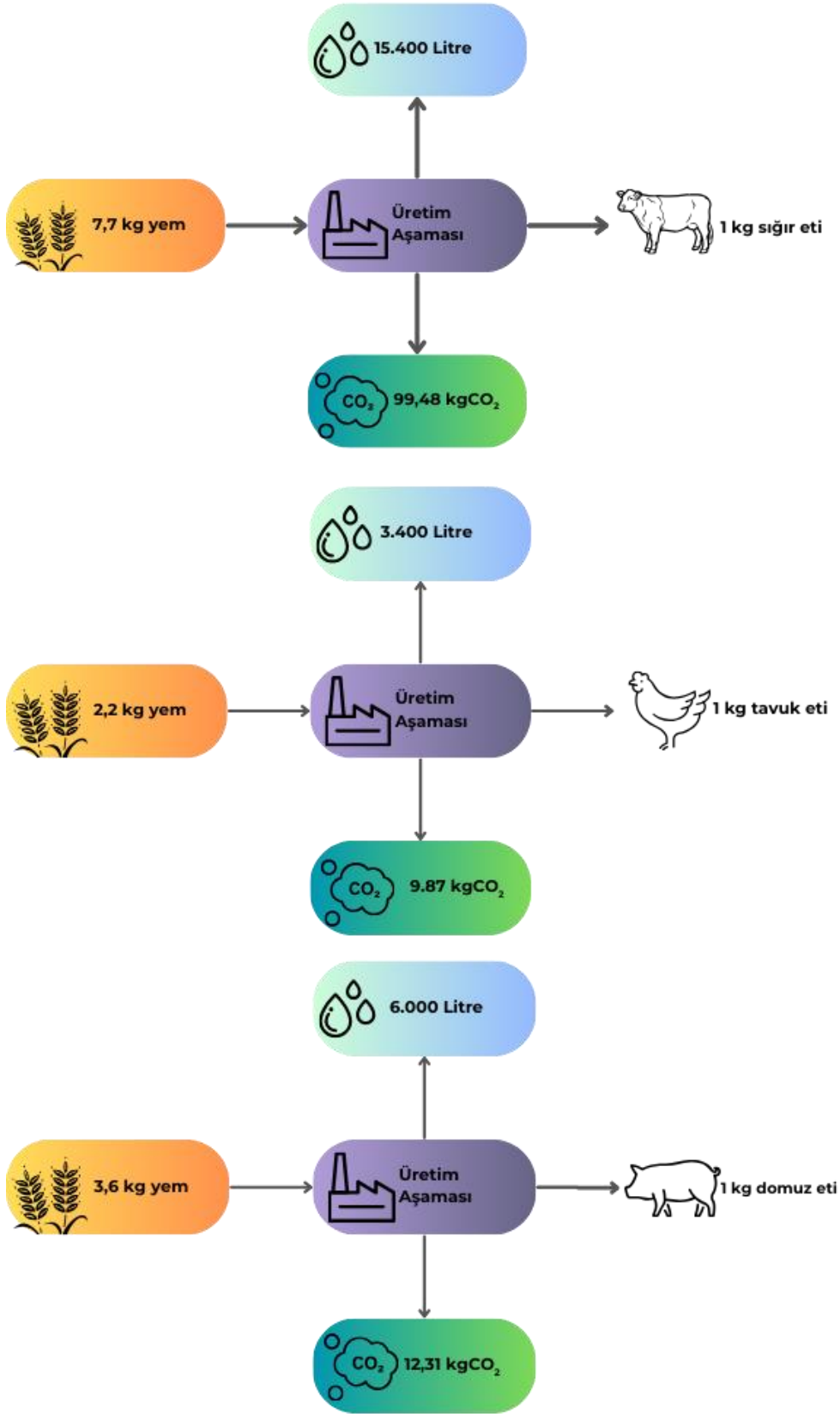
ya da gereğinden fazla gıda tüketmesi durumunda ortaya çıkan bir sağlık sorunudur. Malnütrisyonun başlıca nedenleri, yetersiz günlük gıda tüketimi, düşük makro ve mikro besinlerin emilimi olduğu bilinmektedir (Saunders, 2010). Gelişmekte olan ülkelerde bakteriyel ve paraziter mikroorganizmaların da malnütrisyonu neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca, her yıl yaklaşık olarak 300.000 insanın ölümüne neden olmakla birlikte günümüzde 5 yaş altı çocukların yaklaşık %50'si malnütrisyon sebebiyle hayatını kaybetmektedir (Altaş ve Kuloğlu, 2011; Müller ve Krawinkel, 2005).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2021 yılı raporuna göre, 2019 yılında dünya genelinde yaklaşık 3 milyar insan temel besinlere erişimde zorluk çekmiştir. 2022 yılı itibarıyla, 2,4 milyar insanın yeterli gıdaya erişim sağlayamadığı tahmin edilmekte olup bu yetersiz beslenme sorunu özellikle Güney Asya ve Sahra Altı Afrika bölgelerinde yoğunlaşmaktadır (Moura vd., 2022).

Günümüzde, gıda endüstrisi ile çevre bilimleri arasındaki ilişkinin araştırılması giderek artmakta; özellikle, gıda üretim ve tüketiminin çevreye olan etkileri konusunda bilinçlenmede bir artış olduğu gözlenmektedir. Bu konu bağlamında, hayvansal protein üretimi, önemli ölçüde sera gazı emisyonuna (%9 CO<sub>2</sub>, %39 CH<sub>4</sub> ve %65 N<sub>2</sub>O) dolayısıyla su, arazi ve enerji tüketiminin giderek büyümesi ile birlikte çevresel zorluklara neden olmaktadır (Pandurangan ve Kim, 2015). Sığır eti üretiminde bir kilogram et üretimi için 99,48 kgCO<sub>2</sub>eq, domuz eti üretiminde 12,31 kgCO<sub>2</sub>eq ve tavuk eti üretiminde 9,87 kgCO<sub>2</sub>eq sera gazı emisyonu açığa çıkar (Poore ve Nemecek, 2018). FAO, besi hayvanlarının sera gazı emisyonlarının ortalama %18'ini oluşturduğunu belirtmişti (Tuomisto ve Teixeira De Mattos, 2011).

Dünya çapında, toplam arazi alanının ise yaklaşık %38'i (13,2 milyar hektar) tarımsal faaliyetler için ayrılmaktadır. Bu alanın 1,56 milyar hektarı tarım ürünleri yetiştirmek için, 3,36 milyar hektar ise hayvanlar için çayır ve mera olarak kullanılmaktadır. Geniş çayır ve meraların hayvancılıkta kullanılmasının altında yatan nedenlerden biri de farklı hayvan türlerinin et üretimi için gereksinim duyduğu yem miktarının büyük farklılıklar göstermesidir (Kumar vd., 2022). Örneğin, 1 kg sığır et üretmek için 7,7 kg yem tüketilirken, koyun eti için bu miktar 6,3 kg'a, domuz eti için 3,6 kg'a çıkmaktadır ve tavuk eti için ise 2,2 kg tüketilmektedir. Küresel su ayak izi araştırmalarında, çiftlik hayvanları ve hayvansal ürünlerin ortalama olarak; sığır eti için 15.400 litre/kg, domuz eti için 6.000 litre/kg ve tavuk eti için 3.400 litre/kg olduğu

belirtilmiştir. Şekil 2.1’de sığır, domuz ve tavuk eti üretmek için gereken yem, su ve açığa çıkan sera gazı emisyon miktarı belirtilmiştir. Et üretiminin su ayak izinde yem payının çok yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda, özellikle sığırların düşük enerji dönüşüm verimliliği çok açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Datar ve Betti, 2010; Mekonnen ve Hoekstra, 2012; Rosegrant vd. 1999).



Şekil 2.1. Sığır, domuz ve tavuk eti üretmek için gereken yem, su ve açığa çıkan sera gazı emisyon miktarı

FAO verilerine göre, 2022 yılında küresel düzeyde gerçekleştirilen et üretimi yaklaşık olarak 360 milyon ton olarak kaydedilmiştir. Bu üretimin, %39'luk bir kısmı büyükbaş hayvan kaynaklı iken, %35'lik bir dilimi küçükbaş hayvanlardan elde edilmiştir. Çizelge 2.1'de 2019-2021 yılları arasında dünya genelindeki toplam sığır sayısı verilmiştir. Hindistan, Brezilya, Çin ve ABD'nin yıllara göre sığır sayıları incelendiğinde, Hindistan'ın en yüksek sığır sayısına sahip olduğu görülmektedir. Özellikle Hindistan'da her yıl küçük bir artış gözlemlenirken, Brezilya ve Çin'de de benzer şekilde artışlar yaşanmıştır. ABD'de ise 2019'dan 2021'e kadar kademeli bir düşüş olduğu dikkat çekmektedir. Diğer ülkeler toplamında ise her yıl artış olduğu görülmektedir. Genel olarak, dünya toplam sığır sayısında 2019'dan 2021'e kadar sürekli bir artış trendi mevcuttur. Bu artış, hayvancılık sektörünün dünya genelinde büyümeye devam ettiğini göstermektedir. Büyükbaş hayvanlardan sağlanan et üretimi, 2018 yılında 57,8 milyon ton seviyesinden, 2022 yılında 59,3 milyon ton seviyesine yükselmiştir. Küresel et üretiminde önemli bir paya sahip olan ülkeler arasında Çin, Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri öne çıkmaktadır (Gül, 2023).

Çizelge 2.1. Dünya toplam sığır sayısı (Gül, 2023)

Ülke	2019	2020	2021
Hindistan	372.600.000	375.300.000	376.700.000
Brezilya	239.176.000	239.745.000	241.616.000
Çin	143.549.000	146.507.000	150.537.000
ABD	131.403.000	130.650.000	128.137.000
Diğer	616.801.000	631.092.000	632.306.000
Dünya	1.503.529.000	1.523.294.000	1.529.296.000

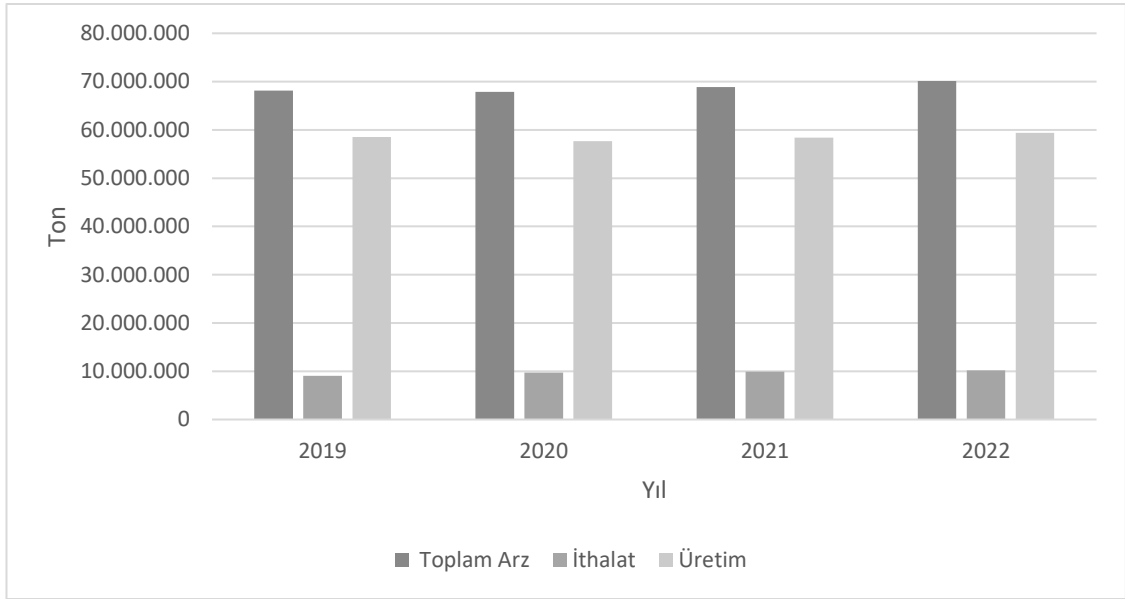
Dünya dana eti arzı, ithalatı ve üretimindeki artış, buna karşın tüketimdeki daha sınırlı yükseliş, Çizelge 2.2'de ve Şekil 2.2'de detaylı bir şekilde sunulmuştur. 2022 yılına ait küresel düzeydeki büyükbaş hayvan eti üretimi analizi, toplam üretim miktarının 73,8 milyon ton olduğunu ortaya koymuştur. Bu miktar içerisinde, Amerika Birleşik Devletleri %17'lik bir payla (yaklaşık 13 milyon ton) en büyük üretici olarak öne çıkmaktadır. Brezilya, %14'lük bir pay ile (tahmini 10 milyon ton) ikinci sırayı alırken, Çin ise %10'luk bir payla (yaklaşık 7 milyon ton) üçüncü en büyük üretici konumunda yer almaktadır. 2023 yılı için yapılan projeksiyonlara göre, büyükbaş hayvanların arz ve kullanımının 287 bin 522 başa ulaşacağı ve toplam arzın yaklaşık 1,2 milyon baş olacağı tahmin



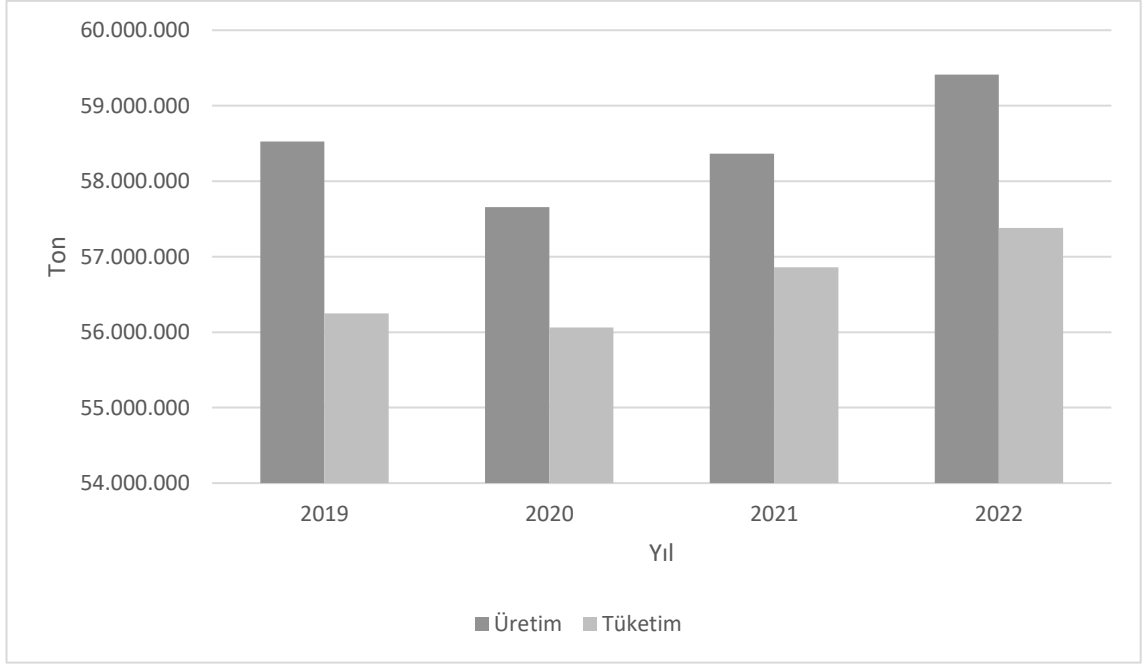
edilmektedir. Dünya genelinde dana eti üretimi tüketimden sürekli olarak daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiş ve yıllar içerisinde üretim ile tüketim arasındaki fark belirgin hale gelmiştir, bu durum Şekil 2.3'te ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Dünya çapında 2019 yılında gerçekleşen dana eti üretimi 58,5 milyon ton olarak kaydedilirken, 2022 yılında bu miktar %1,5 artış göstererek 59,4 milyon tona yükselmiştir (Gül, 2023).

Çizelge 2.2. Dünya dana eti arzı (ton)(Gül, 2023)

Yıl	Toplam Arz	İthalat	Üretim	Tüketim
2019	68.130.000	9.083.000	58.527.000	56.247.000
2020	67.849.000	9.686.000	57.658.000	56.060.000
2021	68.852.000	9.933.000	58.366.000	56.859.000
2022	70.130.000	10.170.000	59.413.000	57.380.000



Şekil 2.2. Dünya dana eti arzı (ton)(Gül, 2023)



Şekil 2.3. Dünya dana eti üretimi ve tüketimi (ton)(Gül, 2023)

Türkiye'de kırmızı et üretimi, toplam arz ve kişi başı tüketim verileri incelendiğinde, her yıl düzenli bir artış olduğu Çizelge 2.3'te belirtilmiştir. 2022 yılı itibariyle Türkiye'de büyükbaş hayvan popülasyonu 17 milyon olarak rapor edilmiştir. Ülkede gerçekleştirilen toplam kırmızı et üretiminin büyük bir kısmı, %88,3'lük oranla büyükbaş hayvancılıktan elde edilirken, küçükbaş hayvancılığın katkısı %11,7 olarak kaydedilmiştir (Gül, 2023).

Çizelge 2.3. Türkiye kırmızı eti üretim, ithalat, toplam arz (ton) ve kişi başı tüketim verileri (Gül, 2023)

Yıl	Toplam Arz	İthalat	Üretim	Tüketim	Kişi Başı Tüketim (kg)
2019	1.747.593	6.978	1.740.615	1.746.247	20,48
2020	1.791.753	5.587	1.786.166	1.790.096	20,99
2021	1.954.472	2.434	1.952.038	1.951.724	22,89
2022	2.043.988	2.512	2.041.476	2.036.393	23,88

Dünya genelinde tavuk eti arzı, üretimi ve tüketiminde her yıl düzenli bir artış gözlemlenmekte, ithalat oranları da bu eğilimi takip etmektedir. Çizelge 2.4'te ayrıntılı bir şekilde sunulan verilere göre, 2022 yılı dünya genelinde tavuk eti üretiminde rekor bir

yıl olmuştur. Bu süreçte, global tavuk eti üretimi %0,8'lik bir artışla 102 milyon ton değerine ulaşarak yeni bir zirveye erişmiştir. Üretim liderleri arasında Amerika Birleşik Devletleri, 20,9 milyon ton ile zirvede yer alırken, bu ülkeyi 14,2 milyon ton üretimle Çin ve 14,0 milyon ton üretimle Brezilya izlemiştir (Gülaç, 2023).

Çizelge 2.4. Dünya tavuk eti arz ve kullanımı (ton) (Gülaç, 2023)

Yıl	Toplam Arz	İthalat	Üretim	Tüketim
2019	103.489.000	10.522.000	97.390.000	94.785.000
2020	108.644.000	10.669.000	99.254.000	96.835.000
2021	112.118.000	10.863.000	100.537.000	98.093.000
2022	112.561.000	10.888.000	100.974.000	98.502.000

2022 yılında Türkiye, 1,25 milyar adet tavuk kesimi gerçekleştirmiştir ve tavuk eti üretimi ise 2,4 milyon tona yükselmiştir. Türkiye'de tavuk eti üretimi 2019'dan 2022'ye kadar sürekli olarak artış göstermiştir. Çizelge 2.5'te ayrıntılı bir şekilde Türkiye'de tavuk eti ithalat, üretim, tüketim ve ortalama fiyat verileri sunulmuştur. Önceki yıllara kıyasla sırasıyla %8,4 ve %7,7'lik bir artışa işaret etmektedir. 2022 yılında Türkiye'de tavuk eti fiyatlarındaki artış oranları, kilogram başına %3, %54 ve %66 olarak kaydedilmiştir. Bu oranlar sonucunda, kilogram başına tavuk eti fiyatı 32,02 Türk Lirasına ulaşmıştır (Gülaç, 2023).

Çizelge 2.5. Türkiye'de tavuk eti: toplam arz, ithalat, üretim, tüketim ve ortalama fiyat verileri (ton)(Gülaç, 2023)

Yıl	Toplam Arz	İthalat	Üretim	Tüketim	Ortalama fiyat (TL/kg)
2019	2.182.000	44.000	2.138.000	1.704.000	12,06
2020	2.181.000	44.000	2.136.000	1.662.000	12,47
2021	2.287.000	41.000	2.246.000	1.704.000	19,20
2022	2.356.000	43.000	2.313.000	1.720.000	32,02

Gelecek on yıl boyunca, et proteinlerine olan küresel talebin, 2018-2020 dönemine kıyasla 2030 yılına kadar %14 artacağı öngörülmektedir. Bu artış trendi, gelir seviyelerindeki yükseliş ve dünya nüfusunun genişlemesi gibi faktörlerle güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Özellikle sığır, domuz, kümes hayvanları ve koyun etinden sağlanan proteinlerin, 2030'a kadar sırasıyla %5,9, %13,1, %17,8 ve %15,7 oranında büyüme

göstermesi beklenmektedir. Bu projeksiyonlar, gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının kritik önemini vurgularken, et tüketimindeki gelecek trendlerini ve bunların küresel gıda sistemleri üzerindeki muhtemel etkilerini de göstermektedir. Artan protein talebi, tarımsal üretim ve çevresel kaynaklar üzerindeki baskıyı artırabilecek, bu da protein kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve alternatif protein araştırmalarına olan ihtiyacı ön plana çıkarmaktadır (Güla, 2023).

### **2.3. Alternatif Protein Kaynakları**

Küresel nüfusun büyümesi ve sosyo-demografik özelliklerdeki değişim, dünya kaynaklarına yönelik talebi yalnızca nicelik olarak artırmakla kalmayıp aynı zamanda gıda türleri açısından da çeşitlilik talebini güçlendirmektedir. Özellikle, hayvan bazlı protein ürünlerine olan talebin aşırı yükselmesi, çevresel açıdan olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bu eğilim, sera gazı emisyonlarının artışına, su ve arazi kaynaklarının daha yoğun kullanımına neden olacak ve böylece çevresel sürdürülebilirlik konusunda yeni zorluklar ortaya çıkaracaktır (Henchion vd., 2017). Alternatif protein kaynakları üzerine yapılan araştırmalar, hayvansal kaynaklı proteinlere olan bağlılığı azaltma, çevresel, sağlık ve sürdürülebilirlik endişeleri nedeniyle önem kazanmaktadır. Araştırmacılar, fonksiyonel ve besin değeri yüksek gıda bileşenleri geliştirebilmek için bitkisel kaynaklar, mantarlar, böcekler ve yenilikçi işleme teknolojileri gibi geniş bir yelpazedeki kaynaklara yönelmektedir. Alternatif protein kaynakların sürdürülebilir üretim yöntemleri ile entegre edilmesi hem çevresel hem de besinsel açıdan olumlu sonuçları beraberinde getirmesi beklenmektedir (Delgado, 2020; Popkin vd. 2012).

#### **2.3.1. Bitkisel protein kaynakları**

Son yıllarda, tüketicilerin sağlıklı yaşamı destekleyici beslenme tercihleri doğrultusunda, bitki bazlı diyetlere özel bir önem gösterdiği bilinmektedir. Bu durumun altında yatan temel sebeplerden biri, bitkisel kaynaklardan elde edilen biyoaktif bileşiklerin insan sağlığına olan olumlu etkilerine dair kamuoyunun artan bilinç düzeyi ve çevresel faktörlerin etkisi altında et tüketiminin azaltılması yönündeki genel eğilimdir (Kołodziejczak vd., 2022; Tilman ve Clark, 2014).

Diyet bileşiminde baklagiller hem besleyici hem de protein içerikleriyle öne çıkan önemli bir besin grubudur. *Fabaceae* ailesine üyesine ait olan Baklagil bitkilerinin tohumları, yüksek besin değeri ile ön plana çıkmaktadır (Doss vd., 2022). Baklagiller yetiştirme koşulları, toprak kompozisyonu gibi çevresel faktörlere bağlı olarak yaklaşık %20 ile %35 arasında bir protein içeriğine sahiptir. Yağlı tohumlu baklagiller ise baklagiller ailesinin bir kategorisidir. Yer fıstığı gibi yüksek yağ içeriğine sahip baklagiller içerisinde yer almaktadır (Maphosa ve Jideani, 2017). Diğer bir sınıf ise geleneksel gıda olarak kullanılan kültür baklagillerin tohumlarıdır. Baklagil tohumları, diyet lifi, vitaminler, magnezyum, demir, çinko, potasyum ve fosfor gibi mineraller ve yüksek antioksidan potansiyele sahip bileşikler açısından zengin bir kaynaktır. Bu bitkilerin tohumları doymuş yağ içeriği düşük olmasıyla birlikte tüm bitkisel gıdalar gibi kolesterol içermezler. Baklagil ağırlıklı bir diyet, bağırsak fonksiyonunu iyileştirir ve hormonal dengenin sağlanmasına katkıda bulunur. Baklagil tohumu proteinleri, amino asit kompozisyonu açısından tahıl taneleri proteinlerinden farklılık gösterir. Farklı baklagil türleri organizmalara değişen miktarlarda ve kalitede protein sağlar. Yenilebilir baklagil türleri arasında bezelye, mercimek, acı bakla, nohut, bakla ve maş fasulyesi bulunmaktadır (Kumar ve Pandey, 2020; Kurek vd. 2022; Tas ve Shah, 2021).

Soya fasulyesi, kolesterol içermeyen ve doymuş yağ oranı daha düşük olan hayvansal proteinlerde bulunan tüm esansiyel amino asitleri içeren proteinler bakımından zengin bir kaynaktır. Kuru olgun ham soya fasulyesi tipik olarak %35 karbonhidrat ( %17 diyet lifi) , %36 protein, %19,9 lipit içermektedir (Hassan, 2013). Epidemiyolojik çalışmalar, soya tüketiminin obezite, kardiyovasküler hastalıklar, insulin direnci/tip II diyabet, belirli kanser türleri ve bağışıklık bozuklukları gibi kronik hastalık riskini azaltmada potansiyel faydaları ile ilişkilendirmiştir. Bu sağlık faydalarından sorumlu olan soya proteinleri ve bunların başlıca fitokimyasalları olan izoflavonlardır. Ancak, soya'daki belirli fonksiyonel veya biyoaktif bileşenler henüz tanımlanmamış ve etki mekanizmaları tam olarak anlaşılmamıştır (Chatterjee vd., 2018; Wu Xiao, 2008).

Soya fasulyesi, kullanılan en yaygın kullanılan bitkisel protein kaynağıdır. Ancak pek çok tüketici, soya fasulyesi ve buğday glutenin sağlıksal sorunlara neden olmasından dolayı bu bileşenleri içeren gıdalardan kaçınmayı tercih etmektedir. Örneğin, ABD'de belirli gıdalardan veya gıda bileşenlerinden kaçınan hanelerde tüketicilerin %39'u, özellikle çölyak hastalığı veya gluten hassasiyeti nedeniyle buğday içeren ürünlerden kaçınırken, %22'si, alerjik reaksiyonlara neden olma potansiyelleri nedeniyle soya içeren

ürünlerden kaçınmaktadır (Ma vd., 2022). Ayrıca, yer fıstığı duyarlılığı olan bireylerde tüketildiğinde ise ölümcül reaksiyonlara yol açabilecek ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Herman, 2003).

Bezelye (*Pisum sativum*), yüksek bir protein içeriğine sahip olmanın yanı sıra (%23 - 31), yüksek düzeyde lizin ve treonin gibi esansiyel amino asitler ile diğer besleyici bileşenler bakımından da zengin, metiyonin ve triptofan bakımından ise zayıftır. Bu nedenle, bezelye proteini genellikle tahıl taneleriyle birlikte tüketilir. Fonksiyonel gıda olarak bir dizi bilimsel araştırma, bezelyenin kolon kanserini önleme üzerinde önemli bir rol oynadığını ve meme kanseri, pankreas kanseri, prostat kanseri, akciğer kanseri ve lösemi tedavisinde faydalı olabileceğini göstermektedir. Bezelye proteininin düşük alerjik özellikleri, yüksek besin değeri, yaygınlığı ve düşük maliyeti temelinde büyük ilgi çekmiştir (Chang vd., 2022; Johansson vd. 2021; Lam vd. 2018; Ma vd. 2022).

Mercimek, son yirmi yılda önemli bir baklagil mahsulü olarak öne çıkmaktadır. Dünyada mercimek üretimi, 2000 yılından bu yana %93 oranında artarak 6,54 milyon tona yükselmiştir. Mercimek, bezelye ve nohuttan daha fazla toplam çözünür lif içerir. Diğer baklagiller gibi, mercimekte %20,6 ile %31,4 arasında değişen oranlarda protein içeren zengin bir protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır (Dhull vd., 2023; Jarpa-Parra, 2018).

### **2.3.2. Böcekler**

Asya, Avustralya, Orta ve Güney Amerika'daki toplam 113 ülkede ve 3000'e yakın etnik grup içinde bulunan 2 milyar insan, yaklaşık 1500 ila 2000 arasında değişen farklı böcek türlerini ve diğer omurgasız canlı türleri tüketmektedir. Entomofaji, böceklerin tüketilmesine verilen addır ve bu tüketim genellikle kültürel, sosyal ve dini faktörlerden büyük ölçüde etkilenmektedir. Böcekler; yumurta, larva, pupa veya yetişkin dahil olmak üzere farklı yaşam aşamalarında tüketilir. Dünya çapında en çok tüketilen böcek türleri ise kın kanatlılar (Coleoptera, %31), pul kanatlılar (Lepidoptera, %18), zar kanatlılar (Hymenoptera, %14), düz kanatlılar (Orthoptera, %13), yarım kanatlılar (Hemiptera, %10), termitler (Isoptera, %3), kızböcekleri (Odonata, %3) ve sineklerdir (Diptera, %2). Lepidoptera, Coleoptera ve Diptera yaygın olarak larva aşamasında tüketilirken,

Orthoptera, Hymenoptera, Hemiptera ve Isoptera çoğunlukla yetişkin aşamasında tüketilmektedir (Rumpold ve Schlüter, 2013; Sun-Waterhouse vd. 2016).

Entomofaji, insan beslenmesinde böceklerin gıda olarak tüketilmesini ifade eden bir terimdir. Entomofaji, gıda bilimindeki yeri tartışılırken, diyetlerde böceklerin alternatif bir protein kaynağı olarak potansiyeli, artan küresel gıda talebi karşısında sürdürülebilir çözümler üretme potansiyeli açısından kritik bir önem taşır. Bu bağlamda, yüksek protein içeriği sayesinde, özellikle Orthoptera takımına mensup çekirgeler, cırcır böcekleri gibi böcek türleri, alternatif beslenme stratejileri geliştirilirken üzerinde durulması gereken önemli türler olarak öne çıkmaktadır. Yaşam döngüleri kısa ve üreme oranı yüksek olan böcekler, özellikle düşük sera gazı emisyonları nedeniyle genel olarak ekolojik ve çevre dostu gıda veya yem alternatifleri olarak değerlendirilmektedir (Oonincx vd., 2010). Ayrıca, böcek üretimi için gıda endüstrisinin düşük maliyetli yan ürünleri ve organik atıkları böcek yemi olarak kullanılmaktadır (Čičková vd., 2015; Harsányi vd. 2020). Buna ek olarak, besin değerlerinin geleneksel protein kaynaklarıyla karşılaştırılabilir olduğu bilinmektedir (Payne vd., 2016).

Böcekler, vücut ısını dış ortam sıcaklığına göre değiştirebilen canlılar oldukları için, vücut ısını düzenlemek için ek enerjiye ihtiyaç duymazlar. Üstelik su ve alan gereksinimleri de besi hayvanlarına göre daha düşüktür (Akhtar ve Isman, 2017). Bu sebeple, aldıkları besinleri çok verimli bir şekilde kullanabilirler ve yemden elde ettikleri besinleri barındırma açısından ise besi hayvanlarına göre çok yüksektir. Gıda amaçlı yetiştirilen çok daha fazla yenilebilir böcek bulunmaktadır; örneğin, tüm tropikal bölgelerde tüketilen kırmızı palmye böcekleri (*Rhynchophorus ferrugineus*), Homoptera türleri doğrudan tüketim için veya karmin boyası olarak tüketilmektedir. Asya'nın çeşitli kültürlerinde, böcekler geçmişten günümüze beslenme alışkanlıklarının temel bir parçası olarak yer almaktadır. Bu gelenek, onların zengin protein kaynakları olarak değerlendirilmesi ile bilimsel açıdan da desteklenmektedir, böylece böcek tüketimi hem kültürel bir miras hem de beslenme biliminin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Tayland'da en az 194 tür yenilebilir böcek bulunmakta olup, bunların 50'den fazlası yıl boyunca tüketilmektedir. Tayland'ın kırsal kesimlerinde, eşek arıları, bambu tırtılları, cırcırlar ve çekirgeler gibi yenilebilir böcekler, yerel halkın gıda tüketim alışkanlıklarında merkezi bir role sahiptir. Bu türler, sadece geleneksel beslenme

pratiklerinin bir parçası olmakla kalmayıp, aynı zamanda hem yerel halka hem de yabancı turistlere sunulan özel yemekler ve atıştırılmalıklar olarak da değerlendirilmektedir (Krongdang vd., 2023; Yhoung-Aree vd. 1997). Çin'de, karıncalar, bambu böcekleri, arı larvaları, ipek böceği kozaları ve eşek arısı larvaları gibi böcekleri yeme geleneği 2000 yıldan daha eski bir tarihe dayanmaktadır. Bununla birlikte 1000'den fazla böcek türü restoranlarda servis edilmenin yanı sıra Çin tıbbında kullanılmaktadır (Feng vd., 2018; Lin vd. 2023). Japonya'da, 117'den fazla böcek türü geleneksel yiyecek olarak tüketilmekte, ayrıca "nostaljik" veya "anavatan yiyecekleri" (kyoudo-shoku) olarak kabul edilmekte ve yerel halk tarafından esas olarak yerli turistlere hediyelik eşya olarak pazarlanmaktadır. En bilinen geleneksel böcek besinleri ise *inago no tsukadani*, *zazamushi*, *hachinoko*'dur. Bu böcek besinleri, özellikle kıyıdan uzak bölgelerde, savaş dönemleri gibi insanların yeterli et ve balık temin edemediği durumlarda önemli protein kaynağı olarak tüketilmiştir (Césard vd., 2015; Mitsunashi, 1997). Böceklerin bir rahatsızlık veya tehdit olarak süregelen algısının aksine, bazı Batı ülkelerinde istisnalar bulunmaktadır. Fransa'da, palmye kurtları (*Rhynchophorus palmarum*) bir zamanlar lüks bir yemeğin vurgusu olarak kabul edilmiştir (Sun-Waterhouse vd., 2016).

### **2.3.2.1. *Locusta migratoria***

*Locusta migratoria*, sıcak, yarı kurak bölgelerde ve çoğunlukla çalılıklarda yaşayan, Orthoptera takımına mensup zararlı böcekler kategorisinde yer alması ve salgın oluşturabilme potansiyeli sebebiyle bilimsel araştırmaların merkezinde önemli bir konuma sahip bir türdür. Yüksek doğurganlığa sahip bu çekirge türü optimal koşullar altında, bir dişi her bir döllenmede 140'a kadar yumurtlayabilmektedir. Yaklaşık kuluçka süresi ise 10 gündür ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak dört ile sekiz hafta içinde erginlik aşamasına erişebilecek kadar kısadır (Oonincx ve Van Der Poel, 2011). Yüksek doğurganlıkları ve etçil hayvanlar tarafından yüksek kabul görme oranları, bu türün Amerika Birleşik Devletleri dışındaki hayvanat bahçeleri ve özel koleksiyonlarda etçil hayvanlar için bir yem kaynağı olarak düzenli olarak kullanılmasının başlıca nedenlerinden birisidir (Scanlan vd., 2001). Bu çekirge türü, sürüler halinde toplanma ve uzun mesafelerde göç etme özellikleriyle dikkat çekmektedir. Ayrıca, çekirge sürüleri uzun mesafe uçuş yeteneğiyle birlikte okyanusları aşabilmektedir. Genellikle büyük



sürüler halinde hareket eden *L.migratoria*, bitki örtüsünü yok etmektedir dolayısıyla tarımsal verimliliği de önemli ölçüde azaltmaktadır. Örneğin 1988 yılında, çekirge sürüleri yaklaşık 29 milyon kilometrekarelik geniş bir alanı istila etmiştir ve 60'a yakın ülkenin çeşitli bölgelerine yayılmıştır. Bu yayılım, milyarlarca dolarlık ekonomik kayıplara neden olmuştur (Skaf vd., 1990).

*Locusta migratoria*, yaşam döngüsü boyunca farklı habitatlara uyum sağlayabilir ve geniş bir coğrafi alana yayılabilmektedir, dünyadaki böcek tüketiminin %13'ünü kapsamasından dolayı en çok tercih edilen yenilebilir böcek türlerinden birisidir (Mariod, 2020). Avrupa Birliği (AB) yeni gıdalara ilişkin 2015/2283 sayılı yönetmeliğinde gıda olarak sınıflandırmakla beraber insan tüketimi için güvenli olduğu kabul edilmiştir. Dondurulmuş halde yetişkin böcek veya kurutulmuş, öğütülmüş olarak AB pazarında yeni bir gıda olarak yerini almıştır.

*L.migratoria*, çevresel açıdan sürdürülebilir üretim için oldukça elverişli bir tür olarak öne çıkmaktadır. Bu tür nesiller arası sayılarını 16 kat artırabilmesinden dolayı, oldukça hızlı ve verimli şekilde üretilebilmektedir. Dikey olarak çiftliklerde besleme yapılmasından dolayı arazi kullanımını diğer protein kaynaklarına göre azdır. (Oonincx vd., 2010), bu türün sera gazı emisyonunu 3,3 kgCO<sub>2</sub>eq olarak hesaplamıştır. Ek olarak, soğukkanlı olan bu böcekler nem ihtiyaçlarını tükettikleri besinlerden sağlarlar ve yüksek yem dönüşüm oranları ile böcekler, sığır gibi geleneksel hayvan yetiştiriciliğine kıyasla önemli ölçüde daha düşük kaynak tüketimine sahiptir (Clarkson vd., 2018; Mariod, 2020).

*L.migratoria* için belirtilen protein miktarı genellikle %50 ile %65 arasındadır. Dış iskeletlerinde bulunan kitin, ham protein içeriklerinin, gerçek protein içeriklerinden daha yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Kitin varlığı, protein miktarının taze ağırlık üzerinden yapılan hesaplamalarında %1,1 ile %1,3 oranla fazladan tahmin edilmesine neden olmaktadır (Barker vd., 1998). Yanı sıra, çekirgede bulunan kitinin gıdalarda kullanımının doku üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır. Böceklerde renk maddeleri kitin tabakasında ve/veya gövdedeki yağ dokusu içerisinde yer almaktadır (Shamim vd., 2014). Kitin ve renk maddeleri tüketici tarafından istenmemesinden dolayı çözücü kullanarak bu maddeleri ayırma işlemi gerçekleştirilir (Mohammed vd., 2013).

### 2.3.2.2. Beslenme profili bakımından böcekler

Böcekler, temel besin kaynaklarıyla kıyaslandığında dengeli bir besin profili sunmaktadır. Bu besin profili, yüksek protein içeriği ve doymamış yağ asitleri bakımından zenginliği ile öne çıkmaktadır. Literatürde yer alan araştırmalar, böcek yağlarının omega-3 yağ asitleri, flavonoidler, E vitamini açısından zengin olduğunu ve bu özellikleriyle bitkisel yağlara iyi bir alternatif oluşturabileceğini göstermektedir (Cheseto vd., 2020; Kinyuru vd. 2009). Çizelge 2.6'da çeşitli böcek türlerinin besin bileşimleri verilmiştir. Böceklerin protein, yağ, karbonhidrat, lif ve kül içerikleri incelendiğinde, en yüksek protein oranının %64,1 ile ev cırcırında olduğu, yağ oranının ise %25,69 ile siyah asker sineğinde en yüksek seviyede bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 2.6. Bazı böceklerin yaygın adları ve besin bileşimleri (% , kuru madde bazında).

Böcekler	Yaygın Adı	Protein (%)	Yağ (%)	Karbon hidrat (%)	Lif (%)	Kül (%)	Kaynaklar
<i>Acheta domestica</i> (Orthoptera)	Ev Cırcır	64,1	24,0	2,12	6,2	3,57	Blásquez vd. (2012)
<i>Locusta migratoria</i> (Orthoptera)	Afrika göçmen çekirgesi	50,42	19,62	4,78	15,65	6,24	Mohamed (2015)
<i>Hermetia illucens</i> (Diptera)	Siyah asker sineği	48,2	25,69	7,88	9,96	8,27	Zulkifli vd. (2022)
<i>Tenebrio molitor</i> (Coleoptera)	Un kurdu	52,35	24,70	2,20	1,97	3,62	Zielińska vd. (2015)
<i>Bombyx mori</i> (Lepidoptera)	İpek böceği (larva)	56,00	23,95	10,78	5,58	3,94	Hirunyophat vd. (2021)

Böceklerin besin değerleri, bulunduğu habitat, çevre koşulları, gelişim aşamaları, cinsiyetlerine göre değişiklik göstermektedir. Paul vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, böceklerin tükettiği besinlerin içeriğine bağlı olarak yağ asidi profilinde değişiklikler gözlemlenmiştir. Li vd. (2022) yaptığı çalışmada ise, altı farklı besin kaynağının, %5 ve %10 oranlarında *Hermetia illucens*'in diyetine eklendiğinde, larvalardaki yağ içeriği %15'ten %23,8 seviyelerine yükseldiği tespit edilmiştir. Oonincx

ve Van Der Poel (2011) tarafından yapılan bir diğerk çalışmada ise, *Locusta migratoria* diyetlerine buğday kepeği ve havuç eklenmesinin, protein içeriğini azaltıp yağ içeriğini artırdığı, ayrıca mineraller ve bazı vitaminlerin konsantrasyonlarında önemli değişiklikler yarattığı gözlemlenmiştir. Buğday kepeği eklenmesiyle protein içeriği yaklaşık %7,9 azalırken, yağ içeriği %26,9 artmıştır. Havuç eklenmesiyle birlikte yağ içeriği, başlangıç değerine göre %48,9 artış göstermiştir.

### **2.3.2.3. Protein**

Böceklerin protein içeriği, kuru madde bazında %40 ile %75 arasında, yaş ağırlık bazında ise %10 ile %25 arasında değişmektedir. Bu oranlar, tahıl, soya fasulyesi ve mercimek gibi bitkisel protein kaynaklarının üzerinde yer almaktadır (Bukkens, 1997; Rumpold ve Schlüter, 2013). Yüksek protein içeriğine sahip böcekler, protein değeri açısından et ve tavuk yumurtaları ile karşılaştırılabilir düzeydedir (Mlcek vd., 2014). Özellikle Orthoptera takımından olan cırcır böcekleri ve çekirgelerin, protein açısından zengin oldukları bilinmektedir. Bazı böcek türlerinin esansiyel amino asit içerikleri izelge 2.7'de karşılaştırılmaktadır. Böceklerin özellikle izolosin, lösin, lizin gibi esansiyel amino asitler bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Geleneksel protein kaynaklarındaki esansiyel amino asit içeriklerini ve yetişkin bir erkek bireyin günlük ihtiyaını izelge 2.8'de belirtilmiştir. Bu verilere göre, biftek ve haşlanmış tavuk göğsü gibi hayvansal protein kaynakları, çoğu esansiyel amino asit gereksinimini karşılamada oldukça etkili iken, soya fasulyesi unu ve yumurta gibi bitkisel kaynaklar da önemli miktarda esansiyel amino asit içermektedir.

Böceklerin dış iskeletinde bulunan kitin, proteinlerin sindirilebilirliğini düşüren bir bileşen olarak bilinmektedir. Kitini dış iskeletten uzaklaştırmak için alkali özütleme en etkili yöntemlerden biridir. Bu işlemden sonra içindeki protein sindirilebilirliğini dolayısıyla kalitesini de artırdığı bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada, kitinin alkali ztlemeyle uzaklaştırılması sonucunda protein sindirilebilirlik oranının %71,5'ten %94,3'e yükseldiği gösterilmiştir (Nowak vd., 2016; Rumpold ve Schlüter, 2013).

Çizelge 2.7. Bazı böceklerin esansiyel amino asit içeriği (g/100 g kuru madde)

Esansiyel Amino Asit	<i>Acheta domesticus</i>	<i>Hermitia illucens</i> (larva)	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Locusta migratoria</i>
İzolösin	3,64	5,08	1,32	2,92
Lösin	6,67	8,80	1,91	5,04
Lizin	5,11	6,45	3,06	3,64
Metiyonin	1,46	2,72	0,32	0,90
Fenilalanin	3,02	6,24	1,23	2,03
Treonin	3,11	4,48	2,03	2,33
Triptofan	0,63	1,32	0,14	0,52
Valin	4,84	5,80	2,54	4,18
Histidin	2,34	4,63	1,64	1,56
Toplam esansiyel amino asit miktarı	30,82	45,52	14,19	23,12
Kaynaklar	Pickova (2018)	C. Huang vd. (2019)	Yu vd. (2021)	Brogan vd. (2021)

Çizelge 2.8. Geleneksel protein kaynaklarındaki esansiyel amino asit içeriği (g/100 g) ve yetişkin bir erkek bireyin günlük esansiyel amino asit alması gereken miktar (g/ 70 kg).

Esansiyel Amino Asit	Yetişkin erkek birey ihtiyacı	Soya fasulyesi unu	Yumurta	Haşlanmış tavuk göğsü	Biftek
İzolösin	1,40	0,40	0,69	0,83	1,58
Lösin	2,73	0,57	1,10	1,51	2,94
Lizin	2,10	0,48	0,92	2,12	3,30
Metiyonin	0,70	0,10	0,39	1,06	0,91
Fenilalanin	1,75*	0,37	0,67	0,79	1,35
Treonin	1,05	0,30	0,61	1,05	1,60
Triptofan	0,28	0,10	0,14	0,44	0,37
Valin	1,82	0,37	0,78	1,02	1,67
Histidin	0,70	0,18	0,29	0,74	1,29
	WHO (2007)	Hassan (2013)	Attia vd. (2020)	Dalle Zotte vd. (2020)	USDA (2019)

\*Fenilalanin ve tirozin toplam miktarıdır.

#### 2.3.2.4. Yağ

Böceklerin yağ içeriği genellikle taze ağırlığa göre %10 ile %50'ye kadar geniş bir aralıkta değişmektedir. Larva ile pupa evrelerinde olan böcekler, yetişkin evrelerine kıyasla daha yüksek bir yağ içeriğine sahiptir (Chen vd., 2009). Isoptera (termitler) ve Lepidoptera (tırtıllar), en yüksek yağ içeriklerine sahip böcekler arasındadır (DeFoliart Gene, 1992). Lepidoptera ve Coleoptera takımlarına dâhil bazı böcek türlerinin yağ içeriği üzerine yapılan detaylı incelemeler, bu türlerin yüksek yağ konsantrasyonlarına sahip olduğunu vurgulamaktadır. Örneğin, Lepidoptera takımından *Phasus triangularis* (bir kelebek larvası), kuru madde bazında %77 gibi dikkate değer bir yağ içeriği ile öne çıkmaktadır. Bu takıma ait diğer bir böcek olan *Aegiale hesperiales*, kuru madde bazında %58,55 yağ içeriği gözlemlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, balmumu kurdunun (*Galleria mellonella*) yağ oranı %51,4 ile %60 arasında değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Coleoptera takımına ait örneklerde ise, *Rhynchophorus phoenicis* (palmiye böceği larvaları), gelişim evrelerine bağlı olarak kuru maddeye göre %52,4 ile %62,1 arasında bir yağ içeriğine sahipken; *Scyphophorus acupunctatus* (sisal kurdu) %52 ve *Oileus rimator* ise %47 oranında yağ içeriği bildirmiştir. Bazı böcek türlerinin yağ asidi içeriği ise Çizelge 2.9'da verilmiştir. Söz konusu türlerin, diyetlerde yağ açısından zengin bir kaynak olarak potansiyelini gözler önüne sermektedir (Barker vd., 1998; Finke, 2002, 2007; Omotoso ve Adedire, 2007; Ramos-Elorduy, 1997; Virginia vd. 2011).

Esansiyel yağ asitleri insan vücudunda sentezlenemediği için gıdalarla birlikte vücuda sağlanması gerekmektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri, esansiyel yağ asidi olarak sınıflandırılmaktadır. Bazı böceklerin besin bileşiminde, doymuş yağ asitlerine oranla doymamış yağ asitlerinin daha yüksek bir oranda bulunduğu literatürde yer almaktadır (de Castro vd., 2018).

Çoklu doymamış yağ asidinin, doymuş yağ asidine (PUFA/SFA) oranı, sağlıklı bir gıdadaki lipit kompozisyonunun en önemli belirteçlerinden birisidir. Doymuş yağ asitlerinin (SFA) yüksek alımı, yüksek düzeyde serum kolesterolü ile ilişkilidir ve koroner ölüm oranlarıyla güçlü bir şekilde ilişkilendirilmektedir. Bunun yanı sıra, çoklu doymamış yağ asitleri ise kardiyovasküler rahatsızlıklarının önlenmesi üzerinde olumlu etki ettiği görülmektedir (Kang vd., 2005).

Çizelge 2.9. Bazı böcek türlerinin yağ asidi içeriği (%)

Yağ Asidi	<i>Acheta domesticus</i>	<i>Hermitia illucens</i> (larva)	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Bombyx mori</i> (larva)
Laurik asit	-	0,7	0,21	-
Miristik asit	0,44	0,5	2,63	0,16
Pentadekanoik asit	0,11	-	0,16	-
Palmitik Asit	22,65	12,9	18,0	24,60
Palmitoleik Asit	0,34	-	2,07	-
Palmitoleik Asit (omega-7)	-	-	-	0,65
Palmitoleik Asit (omega-9)	-	2,2	-	-
Margarik Asit	0,12	-	0,19	0,19
Heptadekonoik Asit	0,24	-	0,18	-
Stearik Asit	8,54	13,5	3,84	7,56
Oleik Asit (omega-9)	20,18	29,5	40,86	34,8
Linoleik Asit (omega-6)	41,39	33,8	29,68	7,03
Alfa-Linolenik Asit (omega-3)	1,11	3,3	1,61	24,4
Araşidik Asit	-	-	0,17	-
Eikosatrienoik Asit (omega-3)	-	-	-	0,27
Araşidonik Asit (omega-6)	-	-	-	0,33
Eikosapentaenoik Asit (EPA)(omega-3)	-	0,1	-	-
Erusik Asit	0,52	-	-	-
Diğer	4,36	3,4	0,4	0,01
Doymuş yağ asidi (%SFA)	31,86	30,0	25,32	32,52
Tekli doymamış yağ asidi (%MUFA)	21,28	32,5	43,27	35,43
Çoklu doymamış yağ asidi (%PUFA)	42,5	37,5	31,37	32,05
PUFA/SFA	1,32	1,25	1,23	0,98
Kaynaklar	Paul vd. (2017)	Li vd. (2022)	Zielińska vd. (2015)	Pereira vd. (2003)

Gıdalardan alınan çoklu doymamış yağ asitleri ve doymuş yağ asitlerinin dengeli bir oranda tüketildiğinde ise serum kolesterolünün düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Sağlık açısından, PUFA/SFA oranının 1'e yakın olması önerilmektedir. Diyetteki yüksek PUFA/SFA oranı ( $\geq 3$ ) tümör oluşumunu teşvik edebilirken, diyetteki düşük PUFA/SFA oranı ( $\leq 0,33$ ) aterosklerotik olabilir (Kang vd., 2005; Lee vd. 1989; Müller vd. 2003; Paul vd. 2017; Saito ve Kubo, 2003).

### **2.3. Protein Ekstraksiyonu**

Yenilebilir böceklerin kabul edilebilirliğini artırmak amacıyla farklı yöntemler geliştirilmektedir. Araştırmalar, böceklerin görünüşünü ve kokusunu son gıda ürünüde azaltarak tüketici kabul edilebilirliğini önemli ölçüde artırılabilirliğini göstermiştir (Meshulam-Pascoviche vd., 2022; Mishyna vd. 2020). Böcekler, yüksek protein değerleri nedeniyle alternatif bir protein kaynağı olarak ön plana çıkmaktadır. Böcek proteinleri, içerdikleri zengin esansiyel amino asit içeriği ve fonksiyonel özellikleri sayesinde gıda formülasyonlarında geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Joshi vd., 2011).

Bir maddenin matriksindeki diğer bileşenlerle birlikte pH, sıcaklık gibi çevresel faktörler ve protein ekstraksiyon teknikleri, proteinlerin fonksiyonel özelliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu sebeple, protein ekstraksiyon işlemlerinde tercih edilen metotlar ve teknolojiler hem ekstraksiyon verimliliğini hem de ürünün fonksiyonel ve beslenme ile ilgili özelliklerini doğrudan etkilemektedir (H. W. Kim vd., 2016; Omotoso, 2006; Rumpold ve Schlüter, 2013; W. Wang vd. 2017).

Protein ekstraksiyon yöntemleri geleneksel (su bazlı, tuz, çözücü, deterjan, alkali) ve geleneksel olmayan ya da gelişmiş, yeşil ekstraksiyon yöntemleri (enzim, ultrases, mikrodalga ve darbeli elektrik alan destekli ekstraksiyon) olarak sınıflandırılmaktadır. Protein fraksiyonlarının izolasyonunda en sık kullanılan metot alkali ekstraksiyon yöntemidir. Alkali ekstraksiyon yönteminde, böcek proteinleri seçici olarak çözünebilir. Protein olmayan bileşenler çözünme sürecinden önce uzaklaştırılır. Protein bileşenlerine bağlı olarak böcek proteini pH 4 - 5'te çökeltilir. Bu işlem sonucundan saflaştırılmış ve konsantre böcek proteini elde edilmektedir. Proteinlerin alkali koşullarda ekstraksiyonu yüksek verimle sonuçlanmaktadır. Kısaca protein ekstrakt etme süreci, protein açısından zengin bir kaynaktan izoelektrik noktasından farklı bir pH değerinde

proteinlerin solüsyona geçirilmesini ve sonrasında bu çözeltideki proteinlerin izoelektrik noktasına yaklaştığında çökertilmesini içerir. Katı örneklerden protein elde edilmesi için ilk adım olarak örneğin mekanik olarak parçalanması gerekmektedir. Özellikle dokular ve hücreler için gerekli olan bu işlem üç temel aşamayı kapsar: örneğin parçalanması, proteinin çözülmesi ve çökertilmesidir (Brogan vd., 2021; Kumar vd. 2021; Yılmaz vd. 2021).

Ultrases destekli ekstraksiyon veya sonikasyon, gıda ekstraksiyon işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, diğer ısı veya basınç kullanarak yapılan ekstraksiyon yöntemlerine alternatif bir yöntemdir. Ultrases teknolojisi kullanımda, ekonomik avantaj ve gıdaya sağladığı etkilerden dolayı artış görülmektedir. Ultrases, proteinlerin moleküler özelliklerinde değişiklik yaparak çözünürlük, köpüklenme ve emülsiyon oluşturma, termal özellikler ve antioksidatif aktivite gibi işlevsel ve antioksidan özelliklerini iyileştirebildiği de belirlenmiştir (Kingwascharapong vd., 2021). Ultrases destekli ekstraksiyon cihazları, mikrodalga destekli ekstraksiyon gibi diğer yeşil teknolojilere göre daha uygun maliyetli olmasından dolayı geniş bir kullanım yelpazesi sunmaktadır (Yılmaz vd., 2021). Soya, yumurta, peynir altı suyu, susam dahil olmak üzere birçok gıdanın protein ekstraksiyonu için kullanılmıştır (Görgüç vd., 2019; Jambak vd. 2009; Lee vd. 2016). Ultrases dalgaları uygulandığında, kavitasyon adı verilen bir süreç tetiklenir. Bu süreçte su içerisinde minik hava kabarcıkları oluşur. Ultrasesin etkisi altında bu kabarcıklar büyür ve asimetric bir şekilde patlar. Patlama esnasında, kabarcıklardan hızla su jetleri fişkirir ve bu jetler gıdanın yüzeyine doğru yönelir. Bu güçlü su jetleri, gıdanın hücre duvarlarını zedeleyerek içindeki içeriklerin dışarı akmasını sağlar. Bu yöntem, gıdaların içerisinde bulunan antioksidan, protein gibi değerli bileşenlerin çıkarılmasını kolaylaştırarak, etkin ve verimli bir ekstraksiyon sürecine olanak tanır. Ultrases destekli ekstraksiyonda fiziksel parametreler güç, frekans ve genlik bulunmaktadır. Ultrasesin ortamda yayılan enerjisi, ultrases gücü (W), ultrases yoğunluğu ( $W\text{ cm}^{-2}$ ) veya akustik enerji yoğunluğu ( $W\text{ L}^{-1}$ ) terimleriyle ifade edilebilir (Kumar vd., 2021; Yılmaz vd. 2021).

(B. D. Choi vd., 2017) sarı un kurdu larvaları (*Tenebrio molitor*), tarla kriket (*Gryllus bimaculatus*) ve ipekböceği pupaları (*Bombyx mori*) ile yapılan çalışmada, kurutma işlemi ve boyut küçültme işleminden sonra gerçekleştirilen n-hekzan kullanılarak böceklerin yağ ekstraksiyonu ve ultrases destekli protein ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Maksimum 2,5 kW güç çıkışıyla çalıştırılmış ve 20 kHz frekansta



%75 genlikle, her 3 saniyede bir darbeleri olarak ayarlanmış ve 1, 2, 5, 15, 20 dakika işlem gerçekleştirilmiştir. Sarı un kurdu, tarla kriket larvaları ve ipekböceği pupaları üzerinde ultrases yoluyla protein ekstraksiyonunda protein verimi sırasıyla %76, %34 ve %28 oranında artış sağlamıştır.

Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi, kompleks yapıdaki matrisler yayılan mikrodalga enerjisini bünyesinde tutar. Bu işlem, hücrelerin içten ısıtılmasını sağlanarak hücre duvarlarının daha hızlı yıkılmasına neden olmaktadır. Hücre yapısında bulunan bileşenlerin matris dışına taşınmasını hızlandırmaktadır (Wang ve Weller, 2017). Mikrodalga enerjisiyle ekstraksiyon, iyonik kondüksiyon ve dipol rotasyon olmak üzere iki mekanizma sayesinde gerçekleşmektedir. Mikrodalga destekli özütleme performansını etkileyen temel parametreler çözücü tipi, mikrodalga gücü, işlem süresi ve sıcaklık olarak tanımlanmaktadır (Madej, 2009). Kim vd. (2020b) yaptıkları bir çalışmada, protein ekstraksiyon aşamasında uygulanan santrifüj işleminden sonra kitin içeriğinin azaldığı ve bazı yenilebilir böcek türlerinin (*Tenebrio molitor*, *Allomyrina dichotoma*, *Protaetia brevitarsis seulensis*) protein içeriğini artırdığını gözlemlemişlerdir. Enerji verimliliği ve zaman açısından avantaj sağlamasından dolayı tercih edilmektedir. Isıya duyarlı bileşiklerin degradasyonunu minimum düzeyde gerçekleşmesi nedeniyle tercih edilen bir alternatif yöntemdir. Mikrodalga, iyonik iletim ve dipol rotasyona neden olan moleküllerle ilişki sonucu iç ısı üretir. Bu iki birleşik mekanizma sinerji yaratır ve hızlı hücresel hasar sağlayarak hedeflenen bileşiklerin difüzyon hızını artırır (Marić vd., 2018).

Enzimatik destekli ekstraksiyon, verimli ve çevre dostu bir yöntem olmanın yanı sıra geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine alternatif bir yöntemdir. Gıdanın sıkı ve karmaşık yapısını ayrıştırması, seçici bir şekilde istenmeyen bileşenleri ortadan kaldırabilmesi, çözücü miktarının azaltılması, sürdürülebilir ve ölçeklenebilirliğinden dolayı geniş çapta kullanılan bir yöntemdir (Marathe vd., 2017; Puri vd. 2012). Bu yöntem, ekstraksiyon işlem süresini azaltarak, verimi ve ürün kalitesini artırma avantajlarına sahiptir. Enzimleri verimli bir şekilde kullanabilmek için katalitik özgüllüklerini, etki mekanizmalarını kullanılan hammaddeye optimum koşulları ve hangi enzim kombinasyonu daha uygun olduğunu bilinmesi gerekmektedir (Görgüç vd., 2018). Kitin içerikli materyaller için etkili olduğu ve yüksek antimikrobiyal ile antioksidan aktiviteler içeren hidrolizatlar ürettiği belirtilmiş olduğundan dolayı alkalaz enzimi sıkça kullanılmıştır (Tacias-Pascacio vd., 2020). Proteolitik bir enzim olan alkalaz, optimum

sıcaklığı 30 – 65 °C ve pH 7 - 9 arasında değişmektedir. Alkalaz kullanılarak ekstraksiyon işlemi uygulanan *Locusta migratoria* protein hidrolizatlarının çözünürlüğünü artırmıştır (Purschke vd., 2018a). Başka bir çalışmada ise, *Bombyx morii* alkalaz ve alkalın proteaz ile enzimatik hidrolizi, antioksidan aktivite ile ilişkili amino asitlerde bir artış gözlemlenmiştir (Meshulam-Pascoviche vd., 2022). *Tenebrio molitor* larvalarından hidrolizat elde etmek için kullanılan alkalaz enzimi düşük moleküler ağırlıklı peptitlerin üretim verimini artırdığı belirtilmiştir (Tacias-Pascacio vd., 2020). Literatürdeki güncel çalışmalar, ürün formülasyonlarındaki iyileştirici etkileriyle öne çıkan hidrolize proteinlerin, yani biyoaktif peptitlerin önemini vurgulamaktadır. Araştırmalar, daha küçük peptit fragmentlerinin yüksek hidrofilik özelliklerinden ötürü, daha büyük molekül ağırlığına sahip peptitlere göre daha fazla su tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir (Halim vd., 2016). Enzimatik hidrolizasyon ile elde edilen peptitlerin et formülasyonlarına eklenmesi, su tutma kapasitesini artırarak pişirme verimini de iyileştirdiği bilinmektedir (Karami ve Akbari-adergani, 2019). Benzer şekilde, küçük peptitlerin büyük moleküllere kıyasla daha fazla miktarda yağ emme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Aryee vd., 2017). Ayrıca, yüksek hidroliz derecesi sayesinde küçük peptitlerin sulu ortamlarda daha iyi çözünürlük sağladığı da literatürde yer alan bir bulgudur (Gbogouri vd., 2004).

Mikrodalga teknolojisi ile eş zamanlı enzimatik ekstraksiyon uygulamasının kimyasal dönüşüm esnasında elektrik alanı oluşturarak hidroliz süresini azalttığı ve reaksiyon hızını artırdığı vurgulanmıştır (Jiao vd., 2014). Bu nedenle, tezde de ele alınacak mikrodalga destekli enzimatik özütleme, yani termal ve termal olmayan kombine etkileşim, protein özütleme verimini daha da artırmada faydalı olabileceği hipotezini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, son çalışmalar mikrodalga destekli enzimatik (proteaz) ekstraksiyon tekniğinin sitotoksik olmayan ve aynı zamanda antiproliferatif ve antioksidan aktiviteye sahip biyoaktif peptitleri açığa çıkarmada önemli bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır (Görgüç vd., 2018).

## 2.4. Ultrafiltrasyon

Gıda işleme endüstrisinde son yirmi yılda önemli bir yer edinen ultrafiltrasyon, geleneksel ayırma yöntemlerine göre daha hassas ürün işleme, yüksek seçicilik ve düşük enerji tüketimi gibi avantajlarıyla tercih edilmektedir (Mohammad vd., 2012). Ultrafiltrasyon işlemiyle, basınçlı bir yöntemle yarı geçirgen membranlar kullanarak sulu çözeltilerdeki maddeleri moleküler boyut, şekil veya yüke göre ayırmaktadır. Çeşitli gözenek boyutlarına sahip membranlar kullanılarak, farklı moleküler boyutlardaki maddelerin verimli bir şekilde ayrıldığı belirtilmektedir (Z. Wang vd., 2012; Xu vd. 2016). Bu işlem, çözücüleri çözeltiden ayırarak maddelerin yoğunlaşmasını sağlamaktadır. Tuzları çıkarmak veya tampon değiştirmek için, çözeltiler tekrarlı olarak seyreltilbilir ve yeniden yoğunlaştırılabilir (Schratter, 2004). Membran kullanımı, moleküler düzeyde ayırmayı ayrıca biyolojik aktivenin korunmasını da sağlamaktadır. Ek olarak aktif bileşenlerin izolasyonunu ve saflaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Huang vd., 2012). Örneğin, tarımsal-endüstriyel yan ürünlerden veya atıklardan antioksidan gibi bileşiklerin saflaştırılması için ultrafiltrasyon (1 - 350 kDa) ve nanofiltrasyon (0,12 - 1 kDa) membran sistemleri kullanılmaktadır. Genellikle farklı membran moleküler ağırlık kesme noktalarıyla (MWCO, genellikle 3 - 10 kDa) çalışmaktadır (Yılmaz vd., 2021).

Yapılan bir çalışmada, buzağı kemik iliği proteinlerinin tuz özütlemesi sonrası ultrafiltrasyon uygulanarak farklı moleküler ağırlıklarına sahip protein ve peptitlerin biyolojik aktivitelerini değerlendirmiştir. Ultrafiltrasyon işlemi için kullanılan membran aralığı sırasıyla 1, 3 ve 10 kDa seçilmiştir. Bu üç farklı geçirgen membran karşılaştırıldığında ise, 1 kDa membran protein içeriği bakımından en yüksek değere (88,2 mg/mL, protein içeriği) retentant kısmında birikmiştir. Membran boyutunun küçük olmasından dolayı, büyük molekül ağırlığına sahip protein ve peptitler retentant kısmında biriktiği belirtilmiştir (Rozi vd., 2021). Ghosh ve Cui (2000) çalışmalarında, miyoglobinin ön muamele edilmiş, 50 kDa MWCO membran kullanarak tavuk yumurta akından lizozim ayrılmasını ultrafiltrasyon yöntemiyle incelemiş, kullanılan basınca bağlı olarak (20 kPa – 120 kPa) ultrafiltrasyon işleminden sonra lizozim saflık oranı %18 den %96 üzerine çıktığı belirtilmiştir. Doan ve Lai (2021) yaptıkları çalışmada, pirinç nişastası atık

suyundan ultrafiltrasyon yöntemiyle pirinç protein geri kazanımını incelemiştir. Ultrafiltrasyon membranı 50 kDa seçilmiş ve farklı basınçlar altında (2 - 10 bar) protein kazanım verimi ve saflığı araştırılmış, 8 bar basınç kullanarak ultrafiltrasyon işlem görmüş pirinç nişastası atık suyu, protein saflığı en yüksek düzeyde bulunmuştur.

## **2.5. Dondurarak Kurutma Yöntemi**

Tarih boyunca, insanlar yiyeceklerini taze tutmak ve bozulmayı önlemek için çeşitli gıda muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir. Özellikle tuzlama, kurutma ve fermentasyon gibi yöntemler, günümüze kadar popülerliğini korumuştur. Kurutma, dünya genelinde kullanılan temel bir gıda muhafaza yöntemidir. Ayrıca, güneşte kurutma gibi geleneksel yöntemlerin yanı sıra, tambur, buharlaştırma, püskürtme ve dondurarak kurutma gibi kurutma yöntemleri, bitki ve hayvan kaynaklı gıdaların muhafazasında kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iki kurutma yöntemi fırında kurutma ve dondurarak kurutmadır (Fombong vd., 2017).

Dondurarak kurutma işlemi, su bazlı çözeltilerde fiziksel veya kimyasal olarak kararlılıkları bozulabilen proteinler ve polipeptitlerin üretiminde kullanılan temel bir yöntemdir. Dondurarak kurutma işlemi, başlıca üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, ürünün dondurularak kuruma için uygun katı bir matrisin oluşturulması gerekmektedir. Ardından, çevre basıncını düşürerek ve ürün sıcaklığını belirlenen düşük bir düzeyde tutarak buzun süblimasyon yoluyla uzaklaştırılmasını içerir. Buz süblimleştikçe, dış yüzeyde başlayan süblimleşme arayüzü geri çekilir ve kurumuş malzemenin gözenekli bir kabuğu kalır. Sürecin son aşaması olan, nem içeriği belirlenen düzeye ulaşana kadar bağlı suyun giderilmesi işlemidir (Duan vd., 2016; Liu ve Zhou, 2015).

Dondurarak kurutma, pahalı olmasına rağmen gıdaların kalitesini korumada en iyi yöntemlerden biri olarak kabul edilir. Bu teknik, hammaddenin şekil, görünüm, tat, renk, lezzet, doku ve biyolojik aktivite gibi başlangıç özelliklerinin çoğunu muhafaza eder, bu da onu diğer kurutma yöntemlerine kıyasla üstün kılar. Ürünler aynı zamanda orijinal boyut ve şekillerini korur, bu da rehidrasyon özelliklerini artırır. Ancak, dondurarak

kurutmada buhar basıncı itici gücü, geleneksel kurutma metodlarına göre çok daha düşüktür. Bu, kuruma sürelerinin uzamasına yol açar ve dolayısıyla daha yüksek kurutma maliyetleri ile sonuçlanmaktadır (Ciuzyńska ve Lenart, 2011; George ve Datta, 2002).

Dondurarak kurutma yöntemi, böcek kaynaklı bileşenlerin tekno fonksiyonel özelliklerini sürdürme veya iyileştirme yeteneği açısından üstünlüğü kanıtlanmış bir yöntemdir (López-Gómez vd., 2024).

## 2.6. Böcek Proteinlerinin Et İkamesi Olarak Kullanımı

Gıdalarda böcek kullanımı bağlamında, Hollanda'daki entomofaji teşvik çalışmaları önemli bir örnek teşkil etmektedir. Avrupa'da ise damak tadına uygun böcek çeşitlerinin araştırmalarını kapsayan çalışmalara ön plana çıkmaktadır. Ayrıca günümüzde, ticari gıda ürünlerinde etin yanı sıra böcek proteinlerinin de kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Schösler vd. (2012) araştırmasında, çekirgeler ve un kurdu gibi bazı böceklerin perakende pazarlarda sunulması sürecini detaylandırmaktadır, bu da Batı toplumlarında böcek bazlı yiyeceklerin kabulünü artırma potansiyeline işaret etmektedir. Et ürünleri ile böcekler, esansiyel amino asit ve esansiyel yağ asitleri bakımından benzerlik göstermektedir. Böceklerin, insan beslemesi için gerekli besinleri sağlama potansiyelini ortaya çıkarmaktadır (Talens vd., 2022). Ayrıca, böcek proteinlerinin sağladığı jelleşme kapasitesi, köpürme, emülsiyon kapasitesi ve çözülebilirlik gibi fonksiyonel özellikler, gıdalarda kullanımı açısından araştırmaların odağı haline gelmiştir (Kim vd., 2019; Yang vd. 2023).

Geleneksel olarak hazırlanan sosislerde et proteinleri temel bileşenlerdir. Sosislerin yapısal özellikleri ve su stabilizasyonu, böcek proteinlerinin oranına ve farklı formülasyona bağlı etkilenebilmektedir. Scholliers vd. (2020), sosis ürünlerinde %5 ve %10 oranlarında kullanılmış morio kurdu (*Zophobas morio*) larvası ve 90°C'de ısıtılmış sosislerde, standart pişmiş sosislere benzer viskoelastik özellikler elde edilebilmiştir. Pişirme kaybı, genellikle etin böcek ile kısmi değiştirilmesiyle olumlu yönde etkilenmiş, bu da ısıtma ve soğuk depolama sırasında böcek formülasyonlu pişmiş sosislerde iyi su ve yağ stabilizasyonunu sağlamıştır. Kim vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada ise %10 oranlarında ayrı ayrı un kurdu ve ipek böceği proteini içeren sosislerin pişirme verimini ve sertliğini artırdığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada, ipek böceği larva

tozunun %5, %10 ve %15 oranlarıyla formüle edilmiş domuz eti örneklerinde ise, en az pişirme kaybının %15 ile formüle edilmiş böcek tozu örneklerinde görülmüştür. Ayrıca, böcek tozunun oranın artmasıyla birlikte et hamurunun sertliği, yapışkanlığı ve çiğnenebilirliği artmıştır (Park vd., 2017). Ek olarak, domuz sosislerinde %2 ve %6 cırcır böceği toz formülasyonlarında yapılan araştırma sonucu, %6 cırcır böceği tozu içeren domuz sosislerinde daha yüksek su stabilizasyonu sağlanmıştır (Walkowiak vd., 2019).

Yenilebilir böcekler, protein gereksinimi artmasından dolayı et analoglarında sıkça kullanılmaya başlamıştır. Soya proteini izolatu içeren et analogları yerine %15 ve %30 kriket toz et analoglarının protein profilini ve dokusal özelliklerini geliştirmiştir (Kiiru vd., 2020). Buna ek olarak, %15 ve %30 içeren *Tenebrio molitor* larvaları ile ekstrüzyon ile baskı parametrelerine bağlı olarak larva içeriğinin artmasıyla birlikte protein sindirilebilirliği %90 seviyelerine ulaşmıştır (Cho ve Ryu, 2021).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan çekirge (*Locusta migratoria*), Türkiye'deki bir yetiştirici olan Mira Canlı Hayvan Böcek Turizm İnşaat Tarım Sanayi Şti. (Antalya)'den donuk halde temin edilmiştir.

Kullanılan kimyasallar ise analitik saflıktadır. Tedarik edilen malzeme, firma ve katalog numaraları şu şekildedir: Trikloroasetik asit (TCA) (Isolab – 974.016.1001), tiyobarbitürik asit (TBA) (Sigma Aldrich – 102489826), sodyum hidroksit (Merck – 1.06498.1000), hekzan (Tekkim – 080210.05003), sodyum klorür (Merck – 1.06404.1000), borik asit (Tekkim – 020100.01002), potasyum klorür (Tekkim – TK.150440.01002), alkalaz enzimi (Novozymes).

Emülsifiye tavuk köftesi hamuru oluşturulması için kullanılan tavuk göğsü (Gedik Piliç), nişasta (Başak Gıda, Türkiye), baharat (Selay, Türkiye), tuz (Salina, Türkiye) Aydın yerel marketlerinden tedarik edilmiştir.

#### 3.2.Yöntem

Tez kapsamında, ilk olarak çekirgelerden yüksek protein ve düşük kitin içeren protein tozu eldesi için çekirgeler kurutulup, öğütülme işlemi tabii tutulduktan sonra yağ ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu süreçten sonra, mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon yönteminin etkisi yanıt yüzey yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve ultrases işlemi, mikrodalga destekli enzim ekstraksiyonunun ön işlemi üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Çekirge ekstraktları liyofilizatör ile dondurarak kurutulmuş toz elde edilmiş ve çekirge tozu karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ardından çekirge tozları kıyma hamuruna formülasyon doğrultusunda eklenmiştir. Formülasyonda kontrol grubunu çekirge tozu ilavesiz örnekler oluştururken, %10, 15 ve 20 çekirge tozu ilave edilmiş formülasyonları elde edilmiştir. Çekirge protein tozu ve diğer malzemeler kullanılarak hazırlanan emülsifiye tavuk köftesi örnekleri, ürünlerin depolama sürecinde

meydana gelebilecek değişimlerin incelenmesi amacıyla 4 °C’de 15 gün boyunca depolanmıştır. Ayrıca 3’er günlük periyotlarda analizlere tabi tutulmuştur. Depolama süresince emülsifiye tavuk köftesi örneklerine aşağıda detayları sunulan analizlerden renk, lipid oksidasyonu, protein oksidasyonu, *in vitro* protein sindirilebilirliği, doku profili analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.1. Protein Tozu Üretimi

#### 3.2.1.1. Çekirgelere uygulanan ön işlemler

Laboratuvara getirilen çekirgeler bacak ve kanatları ayrıldıktan sonra hava akımlı tepsili kurutucuda  $45\pm 2$  °C’de (1,4 m/s hava akış hızı; <%10 bağıl nem) 6 saat süre ile kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işleminin ardından bıçaklı bir öğütücü (Homend, Türkiye) yardımı ile öğütülmüştür. Öğütülmüş örnekler ileri işlemlere dek alüminyum tabakalı polietilen (ALPE) ambalajlar içerisinde buzdolabında (4 °C) depolanmıştır. *L.migratoria* ait örneklerin kurutma öncesi, kurutma işlemi sırasında ve sonrasında ait görseller Resim 3.1 ve Resim 3.2’de gösterilmiştir.



Resim 3.1. Kurutma öncesi *L.migratoria* örneği

Çekirgeler kurutma işlemine tabi tutulmadan önce kuru madde ve kül analizleri gerçekleştirilmiştir.

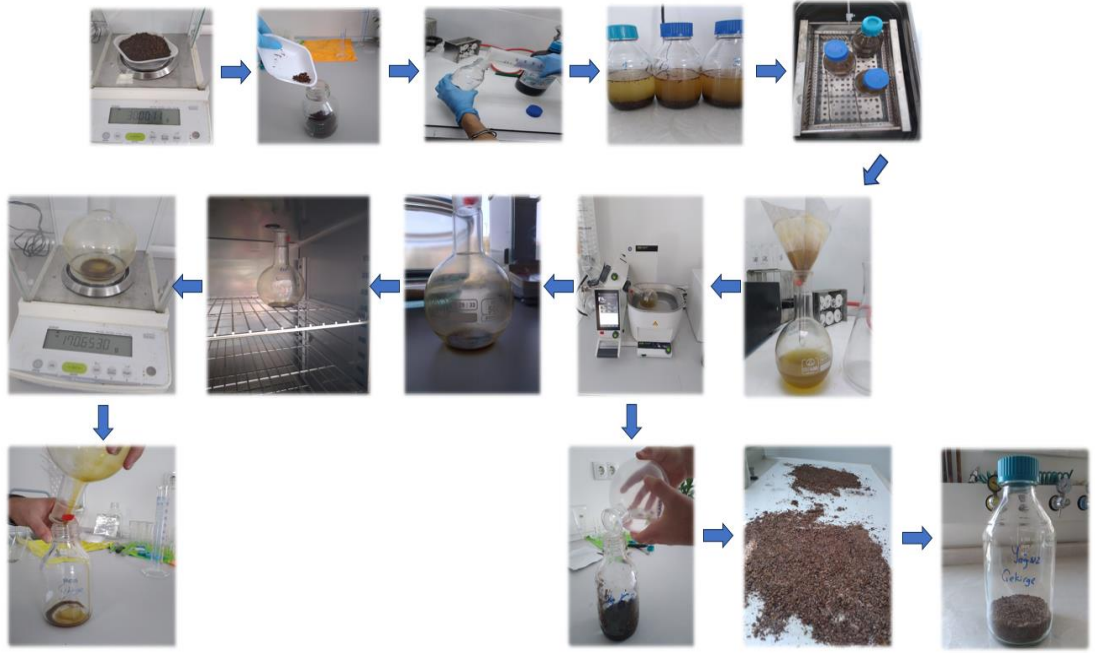




Resim 3.2. Kurutma işlemi sırasında ve sonrasında *L.migratoria* örneği

### 3.2.1.2. Yağın ayrılması

Protein ekstraksiyon işlemine başlamadan önce yapılması gereken bir diğer ön işlem ise yağ ekstraksiyonunun gerçekleştirilmesi olarak belirlenmiştir. Yağ ekstraksiyonu işlem akım şeması Resim 3.3'te verilmiştir. Öğütülmüş çekirgeler 30 g olacak şekilde tartılmıştır. Öğütülmüş çekirgeler tartılıp 500 mL'lik şişeye alındıktan sonra üzerine 300 mL hekzan (izomerleri) ekstra saf ilave edilmiştir. Öğütülmüş çekirge ve hekzan karışımı 50 °C'deki su banyosunda 180 dakika süre ile bekletilmiştir. 500 mL şilifli cam şişe yıkandıktan sonra 60 °C'deki etüve 120 dk. bırakılmıştır. Etüvden çıkan şilifli cam şişe 60 dk. desikatörde bekletildikten sonra hassas terazide darası alınmıştır. Darası alınan balon jöjeye su banyosundan çıkan ekstraktlar hunide süzümüştür. Balon jöje içerisindeki ekstrakt döner evaporatöre verilerek hekzan ile yağ ayrılmıştır. Döner evaporatörden ayrılan hekzan filtrata eklenerek bu işlemler tekrarlanmıştır. Ayrılan yağ ise ağırlığı ölçülmek üzere öncelikle etüve 80 °C'de 30 dk. bırakılmış ardından desikatörde soğuyana kadar bekletilmiştir. Yağın ağırlığı ölçüldükten sonra bir şişeye aktararak biriktirilmiştir. Ardından elde edilen filtrat oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış ve bir şişede toplanmıştır.

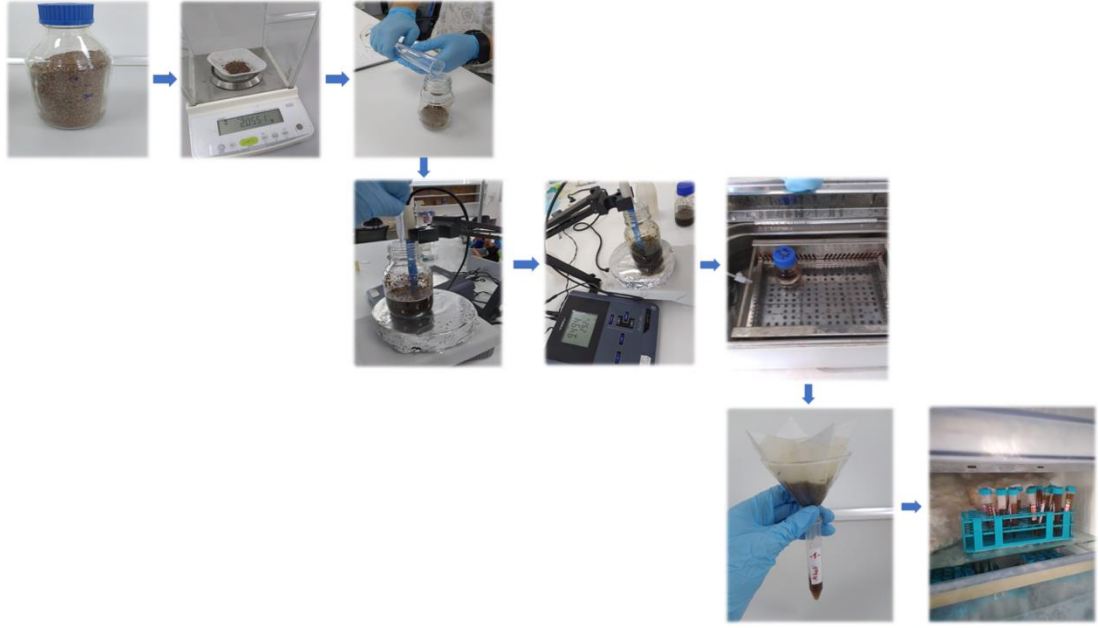


Resim 3.3. Öğütülmüş çekirgeden yağ ayırma işlemleri

#### 3.2.1.4. Protein özütleme

##### 3.2.1.4.1. Alkali yöntem ile özütleme

Alkali yöntem ile özütleme işlemine ait akış şeması Resim 3.4'te sunulmaktadır. Kapaklı cam şişe içerisine 2 g (1:50 w/v) yağı alınmış çekirge tozu tartılmış ve üzerine 100 mL deiyonize su eklenmiştir. Karışımın pH değeri, 2 N NaOH çözeltisi ile 9,5'e ayarlanmıştır. Karışım çalkalamalı su banyosunda (45 °C sıcaklık ve 50 rpm hızında) 120 dk bekletilmiştir. Su banyosundan çıkan karışımlar kaba filtre kağıdı ile filtre edilip ardından elde edilen özütler analizlere dek -20 °C sıcaklıkta depolanmıştır.



Resim 3.4. Alkali yöntem ile özütleme işlemleri

#### 3.2.1.4.2. Mikrodalga destekli enzimatik özütleme ve ekstraksiyon işleminin sınır koşullarının belirlenmesi

Literatür araştırmaları doğrultusunda mikrodalga destekli enzimatik özütleme için en düşük sıcaklık 35 °C ve protein denatürasyonun gerçekleşmesi muhtemel 55 °C en yüksek sıcaklık olarak seçilmiştir. Yine işlem koşullarının optimizasyonu amacıyla ekstraksiyon süresi 10 ve 60 dakika aralığında olacak şekilde belirlenmiştir. Enzim miktarı ise %0,25 ve 0,75 aralığında değişecek şekilde öneri formunda sunulmuştur. Yapılan ön denemeler ile 35 – 55 °C arasında değişen sıcaklığın ekstraksiyon işlemi için uygun olduğu görülmüştür. Ancak yapılan literatür taramaları incelenmiş ve bu aralığın dar kaldığı sonucuna varılmış olup, bu nedenle sıcaklık için alt ve üst limitler tez öneri formunda yer alan limitleri de kapsayacak şekilde 25 – 60 °C olarak belirlenmiştir. Enzimatik ekstraksiyon süresi, alt ve üst sınır koşulları 10 ve 60 dk olacak şekilde bırakılmıştır. Enzim miktarı için yapılan ön denemelerde %0,25 ve %0,75 miktarlarının uygun olduğu görülmüştür ancak yine bu sınırı genişletmek amacıyla alt sınır %0,05, üst sınır ise %1,00 olacak şekilde belirlenmiştir. Elde edilen yeni sınır koşullarına göre RSM deneme planı yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Oluşturulan ekstraksiyon işlemlerine aite deneme deseni Çizelge 3.2’de aktarılmıştır.

Çizelge 3.1. Mikrodalga destekli enzimatik özütleme aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler

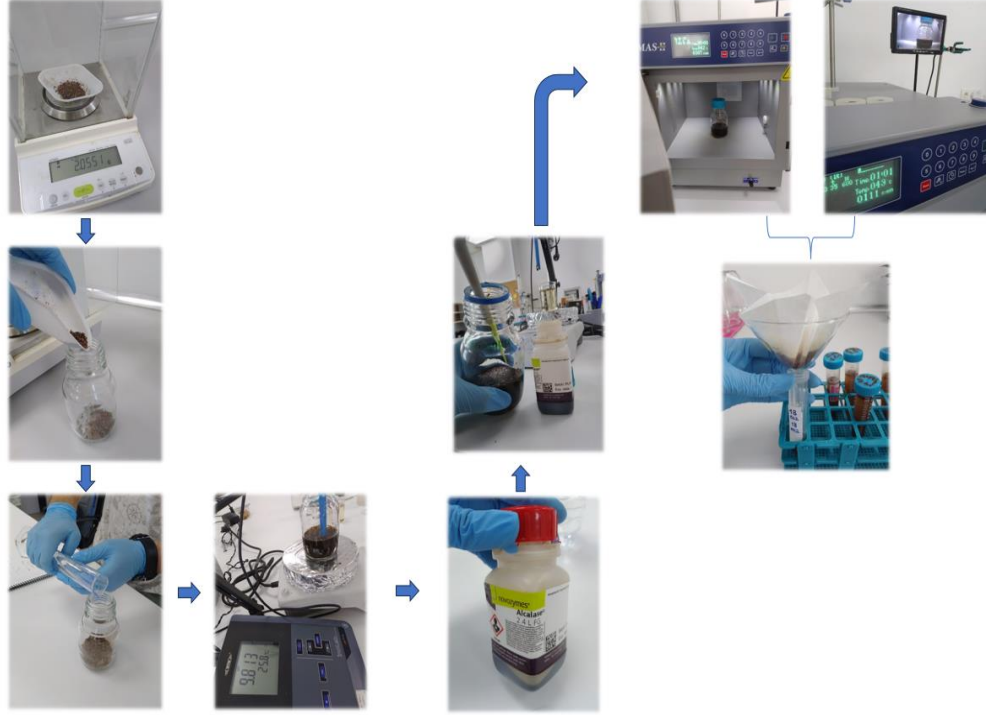
Bağımsız Değişkenler	Birim	-1	+1	-alfa	+alfa
İşlem sıcaklığı	°C	32	53	25	60
İşlem süresi	dk.	20	50	10	60
Enzim miktarı	%	0,24	0,81	0,05	1,00

Çizelge 3.2. Çekirge (*Locusta migratoria*) ekstraksiyon işlemlerine ait deneme planı

Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Enzim oranı (%)
32	50	0,24
43	35	0,53
43	35	0,53
32	20	0,81
53	20	0,24
53	50	0,24
53	50	0,81
32	50	0,81
43	35	0,05
43	35	1,00
43	35	0,53
43	60	0,53
43	10	0,53
60	35	0,53
53	20	0,81
25	35	0,53
32	20	0,24
43	35	0,53

Kapaklı cam şişelere 2 g yağı alınmış çekirge tozu tartılmış (1:50 w/v), üzerine 100 mL deiyonize su ilave edilmiştir. Karışımın pH değeri 2 N NaOH çözeltisi ile 9.8'e ayarlandıktan sonra deneme planına göre enzim ilave edilmiştir. Karışım mikrodalga ekstraksiyon ünitesine (Sineo MAS-11 Plus) cihazın merkez noktasında olacak şekilde yerleştirilmiştir. İşlemler süresince manyetik karıştırıcı 100 rpm'de çalıştırılmıştır. Mikrodalga gücü 600 W olarak ayarlanmış ve deneme planına göre farklı mikrodalga sıcaklıklarında (25 – 60 °C) ve sürelerinde (10 – 60 dk.) özütleme işlemi yapılmıştır. Mikrodalga ekstraktörden çıkan özütler kaba filtre kağıdı ile süzülerek falcon tüplere

alınmış ve -20 °C’de depolanmıştır. Mikroalga destekli enzimatik özütleme işlemine ait akım şeması Resim 3.5’te sunulmuştur.



Resim 3.5. Mikroalga destekli enzimatik özütleme işlemleri

### 3.2.2. Mikroalga destekli enzimatik özütleme işleminde ultrases ön işleminin etkisinin değerlendirilmesi

Mikrodalga destekli enzimatik özütleme işleminde ultrases ön işleminin verim ve diğer tekno-fonksiyonel özellikler üzerine olası etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda çekirge tozları deiyonize su ile 1:50 (g/mL) oranında karıştırılmıştır ve ultrases cihazında (Hielscher Ultrasonics, Germany) 300 W ultrases gücünde 10 dk. ön işleme tabi tutulmuştur. İşlem sonunda karışım filtre kağıdından süzülerek kalıntı bir kaba aktarılmıştır. Sonrasında, ultrases ön işleme tabi tutulan çekirge tozu kalıntısı kullanılarak mikrodalga destekli enzimatik özütleme başlığında yer alan işlemlere tabi tutulmuştur. Ultrases işleme ait görseller Resim 3.6’te sunulmuştur.



Resim 3.6. Ultrases işlemlerine ait görseller

### 3.2.3. Ultrafiltrasyon ile protein saflaştırma işlemi

Ultrafiltrasyon işlemleri, ultrafiltrasyon sistemi kullanılarak farklı por açıklığına sahip polietersülfon membranlar kullanılarak 0,3 MPa trans-membran basıncı ve 800 rpm çalkalama hızında gerçekleştirilmiştir (Zhu vd., 2018). Özütte kalması muhtemel kitin safsızlığının uzaklaştırılması anlamında ultrafiltrasyon saflaştırma tekniğinden yararlanılmıştır. Bu aşamada ultrafiltrasyonun farklı por açıklıklarına sahip membranları tez kapsamında ele alınmıştır. Ultrafiltrasyon kaseti olarak adlandırılan ayırma aparatlarının 2.000, 5.000 ve 10.000 MWCO (Da) çeşitleri kullanılmış ve her bir por açıklığının kullanımının ardından kitinin en yüksek oranda ayrıştırıldığı; diğer bir ifade ile protein saflığının artırıldığı ultrafiltrasyon işlem koşulu tespit edilmiştir.

### 3.2.4. Özütlerinkonsantre edilmesi

Sıvı örneklerin konsantre haline getirilmesi amacıyla, her biri 500 mL olan örnekler döner evaporatöre yerleştirilmiştir. Deneyin başlangıcında pompa hızı %30 olarak ayarlanmış, ardından her beş dakikada bir %5 oranında artırılmıştır. Bu artışlar, pompa hızı %60'a ulaşana kadar devam ettirilmiştir. Nihai pompa hızına ulaşıldığında, örneklerin hacmi 200 mL'ye düşene kadar bu koşullarda beklenmiştir.



### 3.2.5. Dondurarak kurutma ile protein tozu eldesi

Konsantre edilen protein ekstraktları liyofilizatör ile (kondenser sıcaklığı : -50 °C, mutlak basınç: 0,2 mbar) kurutulmuştur. Elde edilen toz ürünler alüminyum tabakalı polietilen (ALPE) ambalajların içerisinde buzdolabında (4°C) bekletilmiştir.

### 3.2.6.Emülsifiye tavuk köftesi üretimi

Emülsifiye tavuk köftesi üretim (Öztürk ve Serdaroğlu, 2018)'e göre gerçekleştirilmiş olup; formülasyonlar Çizelge 3.3'te sunulmaktadır. Üretim için, yerel bir kasaptan temin edilmiş olan tavuk göğüs eti (*Muscularis pectoralis*) laboratuvara getirilerek görünür yağ, bağ ve sinir dokularından arındırılmıştır. Hazırlanan tavuk göğüs etleri ve dana yağı kıyma makinasının 8 mm'lik aynasından geçirilerek kıyma haline getirilmiştir. Kıyma haline getirilmiş tavuk göğüs eti -18 °C'de 2 saat bekletilmiştir. Tuz ve sodyum tripolifosfat (STPP) soğutulmuş tavuk kıymasının %75'nin içerisine eklenerek bıçaklı karıştırıcı yardımı ile 3 dk. süre ile karıştırılarak ön emülsifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Aynı bir yerde kontrol grubu için su, baharatlar, patates nişastası ve kıymanın %25'i; çekirgeden elden edilen protein tozu içeren gruplar için ise su, baharatlar, patates nişastası, kıymanın %25'i ve toz protein ekstraktı 2 dk. süre ile karıştırılmış ve tavuk kıyması ve tuz içeren karışım ile birleştirildikten sonra bıçaklı karıştırıcıda 5 dk. süre karıştırma işlemine devam edilerek emülsifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hamur yaklaşık olarak 50 g'lık köfteler olacak şekilde tartılmış ve çapı 80 mm, yüksekliği 10 mm olan paslanmaz çelik çemberler kullanılarak şekillendirilmiştir. Elde edilen emülsifiye tavuk köfteleri düşük oksijen geçirgenliğine sahip ( $<1 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ saat/atm}$ ) polistiren/etilvinilalkol /polietilen tepsilere yerleştirilerek düşük oksijen geçirgenliğine sahip ( $3 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ saat}$ ) lamine bariyer film ile paketlenmiştir (Mitsumoto vd., 2005).

Pişirme kaybı analizi ve duyu analizi için örnekler yağsız tavada merkez sıcaklıkları 72 °C'ye ulaşana kadar her iki yüzü 5 dakika süre ile pişirilmiştir. Pişirme esnasında merkez sıcaklık ölçümü için köftelerin merkez noktalarına ısılıçift yerleştirilerek pişirme süresince köftelerde meydana gelen sıcaklık değişimi veri kaydedici kullanılarak kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 3.3. Emülsifiye tavuk köftesi formülasyonları

%	Kontrol	% 10 Protein Tozu	% 15 Protein tozu	% 20 Protein Tozu
Tavuk göğüs eti	57,00	51,30	48,45	45,60
Yağ	9,00	9,00	9,00	9,00
Su	25,50	25,50	25,50	25,50
Patates Nişastası	6,00	6,00	6,00	6,00
Tuz	1,00	1,00	1,00	1,00
STPP	0,50	0,50	0,50	0,50
Baharat	1,00	1,00	1,00	1,00
Çekirge protein tozu	0,00	5,70	8,55	11,40

### 3.2.7. Emülsifiye tavuk köftesinin depolama denemeleri

Emülsifiye tavuk köftesi formülasyonuna farklı oranlarda eklenen çekirge protein tozunun depolanma sırasında bazı özelliklerde meydana getireceği değişiklikleri ortaya koymak amacıyla depolama çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen emülsifiye tavuk köfteleri düşük oksijen geçirgenliğine sahip ( $<1 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ saat/atm}$ ) polistiren/etilvinilalkol /polietilen tepsilere yerleştirilerek düşük oksijen geçirgenliğine sahip ( $3 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ sa}$ ) lamine bariyer film ile paketlenmiştir (Mitsumoto vd., 2005). Emülsifiye tavuk köfteleri marketlerde bu ürünlere verilen raf ömrünü temsil etmek amacıyla  $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 15 gün süreyle depolanmıştır. Üç günlük periyotlarda renk, lipit oksidasyonu, protein oksidasyonu, *in vitro* protein sindirilebilirliği, doku profili ve analizleri gerçekleştirilmiştir.



### **3.3. Çekirge ve ekirge Protein Ekstrakt Analizleri**

#### **3.3.1. Toplam kuru madde**

Toplam kuru madde analizi için örnekler; etüvde 105  C sıcaklıkta sabit tartıma ulaşıncaya dek bekletilmiş, ardından etüvden çıkartılıp desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır (AOAC, 1990). Sonuçlar “% kuru madde” cinsinden hesaplanmıştır. Toplam kül tayini analizi için sabit tartıma getirilen krozelere tartılan belli bir miktar örnek bir kül fırınında 550  C’de karbon içermeyen üniform bir kül rengi elde edilinceye kadar (6 saat) yakılmıştır. İşlem sonucunda krozelere desikatöre alınıp soğutulduktan sonra yanma sonucunda geride kalan kl tartılarak kül miktarı ve kül değerleri hesaplanmıştır.

#### **3.3.2. Toplam protein miktarı**

Örneklerin toplam protein içeriği Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiş ve sonuçlar % protein olarak ifade edilmiştir. Kjeldahl yakma tüpüne 1000  L örnek, bir adet katalizör tablet (3,5 g potasyum sülfat ve 0.4 g bakır sülfattan oluşan) ve 25 mL sülfirik asit eklenmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilip 420 C’de 1 saat yakma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem bitiminde tüpler oda sıcaklığında 1 saat boyunca soğumaya bırakılmıştır. Soğuduktan sonra tüplere 50 mL saf su eklenmiştir. Distilasyon aşamasına geçilmiştir. Öncelikle bir erlen içerisine 50 mL %4’lk borik asit zltisi ve 2-3 damla indikatör (etanollü %0.3’lk metilen kırmızısı: etanollü %0.1’lik metilen mavisi, 1:1 (v/v)) eklenmiştir. Ardından tp ve erlen cihaza yerleştirilerek 5 dk’lık distilasyon işlemi başlamıştır. Büret içinde titrant olarak ayarlı hidroklorik asit doldurulmuş ve titrasyon işlemi yapılmıştır (Mikrodalga ile enzimatik ztlemede 0,005 N, alkali yöntem ile ztlemede 0,1 N). Oluşan renk soğan kabuğu rengine döndüğü an titrasyon durdurulmuş ve harcanan hidroklorik asit miktarı not edilmiştir. İşlem basamaklarına ilişkin görseller Resim 3.7’de sunulmuştur.



Resim 3.7. (a) Kjeldahl yakma ünitesi içinde yer alan örnekler; (b) Kjeldahl yöntemi için distilasyon aşaması; (c) titrasyon öncesinde ve sonrasında örneklerin genel görünümü

### 3.3.3. Protein verimi

Özütleme yöntemleri sonunda özütlerin % protein verimi değerleri, aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenecektir (Görgüç vd., 2019).

$$Protein\ verimi\ (\%) = \left[ \frac{V_{\zeta} * \%protein_{\text{özüt}}}{m_s * \%protein_{\text{hammadde}}} \right] * 100$$

$V_{\zeta}$  : Özütlemeye kullanılacak çözücük miktarı, mL

$\%protein_{\text{özüt}}$  : Özütün protein içeriği, %

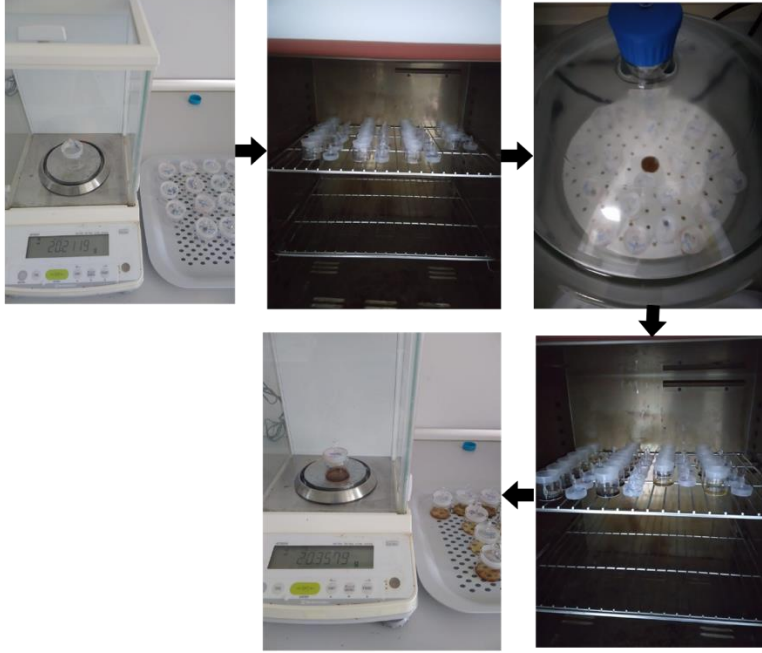
$m_s$  : Özütlemeye kullanılacak hammadde miktarı, g

$\%protein_{\text{hammadde}}$  : Hammaddenin protein içeriği, %

### 3.3.4. Toplam kuru madde

Darası alınmış vezinlere, 2 g örnekler tartılıp vakumlu etüvde (Lab Companion ON-11E, Güney Kore) 65 °C sıcaklık ve 85 kPa vakum basıncında sabit tartıma ulaşıncaya dek bekletilmiştir, ardından etüvden çıkartılıp desikatörde soğutulduktan sonra

tartılmıştır (AOAC, 1990). Sonuçlar “% kuru madde” cinsinden hesaplanmıştır. İşlem basamaklarına ilişkin görseller Resim 3.8’de sunulmuştur.



Resim 3.8. Toplam kuru madde işlemlerine ait görseller

### 3.4. Çekirge Protein Tozu Analizleri

#### 3.4.1. Su aktivitesi

Su aktivitesi değerleri,  $\pm 0,001$  hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo AG400, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, yaklaşık 3-4 g toz örnek hızlı bir şekilde aletin paslanmaz çelikten yapılmış sızdırmaz haznesine yerleştirilmiş, su aktivitesi değerinde 10 dk. boyunca 0,001’den az bir değişim olduğunda sistemin dengeye ulaştığı kabul edilmiş ve cihazın göstergesinden su aktivitesi değeri okunmuştur.

### 3.4.2. Toplam kuru madde

Örnekler vakumlu etüvde 105 °C sıcaklık ve 85 kPa vakum basıncında sabit tartıma ulaşıncaya dek bekletilmiş, ardından etüvden çıkartılıp desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır (AOAC, 1990). Sonuçlar “% kuru madde” cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.4.3. Su tutma kapasitesi

Üretimi gerçekleştirilen protein tozlarına ait su tutma kapasitesinin belirlenmesi için ilk olarak 1 g örnek ( $W_0$ ) 10 mL deiyonize su ile 5 dk. boyunca karıştırılmıştır. Ardından, 30 dk. bekleme sonrası örnekler 5 °C sıcaklıkta 20.000 rpm’de 30 dk. santrifüjlenmiştir. Üst faz yavaşça boşaltılacak ve dipteki çökelti tartılmıştır ( $W_2$ ). Daha sonra çökelti, etüvde 105 °C’de 30 dk. boyunca kurutulmuş ve tekrar tartılmıştır ( $W_1$ ). Son olarak su tutma kapasitesi, aşağıdaki denklem ile hesaplanacaktır (Rodriguez Furlán vd., 2014).

$$STK = \frac{W_2 - W_1}{W_0}$$

### 3.4.4. Yağ bağlama kapasitesi

Protein tozlarında yağ bağlama kapasitesi) analizi Chakraborty (1986)’ye göre uygulanmıştır. Analiz için 1 g örnek ( $W_0$ ) ile 10 mL bitkisel yağ ( $V_1$ ) karıştırılmış, karışım 30 dk. bekletildikten sonra 5 °C sıcaklıkta 20.000 rpm’de 30 dk. boyunca santrifüjlenmiştir. Ardından, üst sıvı faz alınarak hacmi ölçülmüştür ( $V_2$ ).

$$YBK = \frac{V_1 - V_2}{W_0}$$

### **3.4.5. Emülsiyon kapasitesi**

Protein tozlarının emülsiyon kapasitesi (Rodríguez Furlán vd., 2010)'ne göre uygulanmıştır. Analiz için 1 g örnek, 200 mL deiyonize su ile 2 dk. boyunca karıştırılmış, ardından karışım üzerine sabit karıştırma hızında 500 mL bitkisel yağ ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi 2 dk.'da bir durdurularak emülsiyon kırılması olup olmadığı kontrol edilmiş, emülsiyon kırılması gözlemlendiği anda eklenen toplam yağ hacmi kaydedilmiştir. Sonuçlar, 1 g protein tozları tarafından emülsifiye edilen yağ hacmi olarak "mL" cinsinden ifade edilmiştir.

### **3.4.6. Emülsiyon stabilitesi**

Protein tozlarının emülsiyon stabilitesi (Sathivel vd., 2009)'ne göre belirlenmiştir. Analiz için 500 mg örnek 50 mL 0,1 N NaCl içeren saf su içerisine eklenmiş ve üzerine 50 mL bitkisel yağ ilave edilmiştir. Ardından karışım 2 dk. süre ile 15.000 rpm'de homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen emülsiyon 25 mL olarak 3 farklı mezüre aktarılarak, 25 °C'de 15 dk. süre ile bekletilmiştir. Bu süre sonunda meydana gelen faz ayrımı bir cetvel yardımı ile ölçülmüş ve emülsiyon stabilitesi ayrılan fazın yüksekliğinin toplam yükseklikten çıkarılması ile hesaplanarak ve sonuçlar "%" olarak ifade edilmiştir.

### **3.4.7. Yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu**

Protein tozlarının yığın yoğunlukları ( $\rho_t$ ) ağırlık/hacim oranı kullanılarak hesaplanmıştır. Analiz için 2 g örnek 10 mL hacimli mezür içerisine yerleştirilmiş, örneğin ağırlığının mezür içerisindeki hacmine oranlanması ile  $\rho_t$  tespit edilmiştir. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ( $\rho_b$ ) ise örneklerin yığın yoğunluğu sonrasında mezürün sabit bir hızla düz bir zemine yaklaşık olarak 100 defa vurulması sonucunda ağırlık/hacim oranı kullanılarak tespit edilmiştir (Jinapong vd., 2008).

### 3.4.8. Akabilirlik

Akabilirlik değeri, yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluğu değerlerinden hesaplanarak Carr indeks (CI) terimi ile aşağıdaki denkleme göre belirlenmiştir (Carr, 1965).

$$CI = \left( \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \right) * 100$$

### 3.4.9. Partikül yoğunluğu

Partikül yoğunluğu analizi (Barbosa-Cánovas vd., 2005)'ne göre, piknometre kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar ise kg/m<sup>3</sup> cinsinden ifade edilmiştir. Partikül yoğunluğu analizinde çözügen olarak 2-propanol kullanılmış ve çekirge tozlarının partikül yoğunluğu aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\rho_p = \left( \frac{(m_s - m_0) * \rho}{(m_1 - m_0) - (m_{s1} - m_s)} \right)$$

$m_s$  = Toz ürün ile dolu piknometre ağırlığı (g)

$m_0$  = Boş piknometre ağırlığı (g)

$m_1$  = 2 – propanol dolu piknometre ağırlığı (g)

$m_{s1}$  = Toz ürün ve 2 – propanol dolu piknometre ağırlığı (g)

$\rho$  = 2 – propanol'ün yoğunluğu ( $0,785 \frac{g}{ml}$ )

### 3.4.10. Islanabilirlik

Toz örneklerin ıslanabilirlik analizi için 250 mL'lik bir behere 25 °C sıcaklıkta 100 mL saf su hazırlanmıştır. Beher ve cam huniden oluşan bir düzenek oluşturularak, beherdeki sıvı yüzeyi ile huninin alt kısmı arasındaki mesafe 10 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Huninin içerisine bir cam test tüpü yerleştirilip, 1 g toz örnek test tüpünün

çevresine konulmuştur. Son olarak toz örneğin tamamıyla ıslanma süresi ölçülmüştür (Jinapong vd., 2008).

### 3.4.11. Dağılılırlık

Dağılılırlık analizi için 50 mL'lik behere 25 °C sıcaklıkta 10 mL saf su konulup, üzerine 1 g toz örnek eklenmiştir. Bir kaşık yardımıyla, 15 saniye içerisinde saat yönünde ve aksi yönde 25 dairesel hareket yapıldıktan sonra karıştırmaya son verilerek rekonstitüe örnek 212 µm'lik elekten süzölmüştür. Süzöntüden 1 mL örnek alınarak darası alınmış alüminyum kaba aktarılmıştır. Etüvde 105 °C (±1 °C)'de 4 saat bekletildikten sonra, % dağılılırlık değeri hesaplanmıştır (Jinapong vd., 2008).

$$\% \text{ Dağılılırlık} = \frac{[(10 + a) * TS]}{\left[ \left( a * \left( \frac{100 - b}{100} \right) \right) \right]}$$

*a* : Toz ürün miktarı (g)

*b* : Toz ürünün nem içeriği (%)

*TS* : Elekten geçen rekonsititute örneğin kuru madde miktarı (%)

### 3.4.12. Çözünebilirlik

Çözünebilirlik analizi için 1 g toz örnek 25 mL deiyonize su ile seyreltildikten sonra 3.000 rpm'de 5 dk. süre boyunca mekanik bir karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışımlar ependorf tüplerine aktarıldıktan sonra 3.000 rpm'de 5 dk. boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrasında üstte kalan sıvı, metal petri kaplarına aktarılacak ve etüvde 105 °C sıcaklıkta 4 saat kurutulmuştur. Sonuçlar, toz kütlesinin çözelti hacmine yüzdesel oranlanması sonucu “% çözünebilirlik” cinsinden ifade edilmiştir (Cano-Chauca vd., 2005).

### **3.4.13. Toplam protein miktarı**

Örneklerin toplam protein içeriği, Kjeldahl yöntemine (AOAC, 1990) göre belirlenmiş ve sonuçlar “% protein” olarak ifade edilmiştir. Hesaplama azot dönüşüm faktörü ‘6,25’ olarak alınmıştır (Johnson ve Brekke, 1983).

### **3.4.14. Kitin analizi**

Kitin miktarı, (Han ve Heinonen, 2021) tarafından böceklerdeki kitin miktarının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş kromatografik yöntemle belirlenmiştir. Yöntem kitinden elde edilen glukozamin (GlcN) hidrolizatının tayinine dayanmaktadır. Protein tozu 0,1 M NaCl çözeltisinde çözülecek (1:40, w/v) ve pH değeri 2 M NaOH kullanılarak 10,0’a ayarlanmış, 4 °C’de bir gece bekletilmiştir. Santrifüjde (27300×g) 5 °C’de 15 dk. santrifüj edilerek ve süpernatantın pH değeri 7,0’ye ayarlanıp dondurularak kurutulmuştur. Ardından örnekteki protein alkali hidrolizle uzaklaştırılmıştır. Örneğe 0,5 M NaOH eklemiş oda sıcaklığında 4 saat karıştırılmıştır. Böylece GlcN’nin tespitinde girişim yapan protein uzaklaştırılmıştır. Karışım santrifüj edildikten sonra, pelet toplanarak ve distile suyla nötralize olana kadar yıkanmıştır. Ardından dondurularak kurutulmuş kitin unu elde edilmiştir. Kitin unu 6 M HCl ile (kitin unu:HCl=10 mg/3 ml) çözülmüş ve 100 °C’de 6 saat inkübe edilmiştir. Sonra ise florenilmetiloksikarbonil (FMOC)-Su türevlendirmesi pH değeri 11,0’e ayarlanmış standart ve örnek çözeltilerine uygulanmıştır. Bu amaçla FMOC-Su reaktifinin fazlasıyla 45 dk. muamele edilip mobil fazlarla su / asetonitril (1/1, v/v) seyreltilerek ve 0,2 µm’lik filtreden süzülüp analize hazırlanmıştır. Analizde HPLC-DAD detektörü kullanılmıştır, ayırım 30 °C’de gerçekleşmiştir. Mobil faz olarak su ve asetonitril kullanılmıştır. GlcN’nin kantifikasyonunu GlcN-HCl referans standardı kullanılarak dış kalibrasyon yöntemiyle belirlenmiştir.



### **3.5. Emülsifiye Tavuk Köftesine Uygulanan Analizler**

#### **3.5.1. Kimyasal kompozisyon**

Köfte örneklerinde kimyasal kompozisyonunun saptanması amacıyla nem tayini (950.46) (AOAC, 1990), toplam yağ tayini (Flynn ve Bramblett, 1975), protein tayini (955.04) (AOAC, 1990) ve kül tayini (920.153) (AOAC, 1990) gerçekleştirilmiş, enerji değeri (kcal) örneklerin kimyasal kompozisyonundan yararlanılarak, 100 g örnekte yağ (9 kcalg<sup>-1</sup>) ve protein (4,02 kcalg<sup>-1</sup>) üzerinden hesaplanmıştır (Khalil ve Mansour, 1999).

#### **3.5.2. pH**

1/10 oranında saf su ile seyreltilen gıda örneklerinin pH ölçümü daldırma tipi prob kullanılarak pH-metre (Thermo Scientific, Orion Star) ile yapılmıştır.

#### **3.5.3. Renk**

Renk ölçümü (L\*, a\*, b\*) portatif renk ölçüm cihazı (PCE - CSE 4, PCE Instruments, Almanya) kullanarak oda sıcaklığında en az üç farklı örnekte 4 farklı noktadan gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümü, emülsifiye tavuk köftelerinin dış yüzeyden ve iç yüzeyden yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Hunter L\* (parlaklık), a\* (kırmızılık) ve b\* (sarılık) olarak ifade edilmiştir.

### 3.5.4. Protein oksidasyonu

Protein oksidasyonunu saptamak amacıyla toplam karbonil miktarı (Oliver vd., 1987)'ne göre belirlenmiştir. 1 g et örneği 0,15 M'lık 10 ml KCl ile homojenize edildikten sonra 100'er µL homojenat iki ayrı tüpe (A ve B) konulduktan sonra üzerlerine proteinleri çöktürmek amacıyla 1 ml %10'luk TCA ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler 5 dakika süreyle 5000 rpm'de santrifüjlenmiştir. A tüpündeki pellet protein konsantrasyonunu belirlemek amacıyla 1ml 2M'lık HCl ile karıştırılmış, B tüpüne ise 1 ml %0,2'lik 2 M HCl içerisinde hazırlanmış DNPH (2,4 - Dinitrofenilhidrazin) ilave edilmiştir. Tüpler 1 saat süreyle oda sıcaklığında inkübe edildikten sonra tekrar 0,8 ml %10'luk TCA ile karıştırılmıştır. Pelletler 2 kez 1 ml etanol:etilasetat (1:1) ile yıkandıktan sonra DNPH'ın fazlasının giderilmesi için 2 dakika 5000 rpm'de santrifüjlenmiştir ve santrifüjleme sonunda elde edilen pelletler 20 mM sodyum fosfat tamponu içerisinde hazırlanan ve 2 ml 6M guanidin HCl ile çözündürülmüştür. A tüpündeki protein konsantrasyonu standart madde sıgır serum albümini olacak şekilde 280 nm'de spektrofotometre ile belirlenmiştir. B tüpündeki karbonil miktarı ise kör çözelti HCl olacak şekilde 370 nm'de belirlenmiştir. Burada karbonil için absorpsiyon katsayısı 21,0 nM ve küvet yol uzunluğu 1 cm olarak kabul edilmiş olup; örneklerin karbonil miktarı nM karbonil /mg protein olarak ifade edilmiştir.

### 3.5.5. Lipit oksidasyonu

Et örneklerinde ikincil lipit oksidasyonu derecesini belirlemek amacıyla uygulanan TBARS analizi, (Witte vd. 1970) tarafından tanımlanan yöntemle göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır. Bu amaçla 20 g örnek 50 ml 4°C'deki %20'lik TCA çözeltisi ile parçalanmış ve elde edilen karışım 100 ml'lik balona aktararak saf su ile tamamlanmıştır. Karışım Whatman No.1 filtre kağıdı ile filtre edildikten sonra, 5 ml filtrat test tüpüne aktarılmış ve üzerine 5 ml TBA (0,02 M) çözeltisi eklenmiştir. Tüp 35 dakika süre ile su banyosunda bekletildikten sonra çözeltinin absorbansı 532 nm'de ölçülmüştür. Absorbans değerleri 5.2 faktörü ile çarpılarak kg üründeki oluşan mg malonaldehit miktarı hesaplanmıştır.

### 3.5.6. *In-vitro* protein sindirilebilirliği analizi

Örneklerin *in vitro* protein sindirilebilirliği (Wen vd., 2015)'ne göre yapılmış ve kuru temelde değerlendirilmiştir. Pişirilen et örnekleri soğutma sonrası dondurarak kurutulmuş ve öğütölerek toz formuna getirilmiştir. Kas içi yağlar metilen klorür:metanol (2:1, v/v) karışımı ile uzaklaştırılmış ve ürünlerdeki çözgen kalıntısı ise çekerek ocak altında buharlaştırılmıştır. Aynı tekerrürden iki tane 1'er g protein tozu alınmış; birisi sadece pepsin ile, diğerisi ise pepsin ve devamında tripsin ile muamele edilmiştir. Sindirim işlemleri protein tozu (substrat) kütlesi ele alınarak pepsin 4:31,25 ve tripsin 4:50 oranında eklenerek gerçekleştirilmiştir. Pepsin ilavesi sonrasında karışım 37 °C'de 2 saat boyunca çalkalanmış ve örneklerden birine 1 M NaOH ile pH değeri 7,5'a ayarlanarak enzim inaktive edilmiştir. Diğer örnek üzerine ise tripsin enzimi ilave edilmiş ve 37 °C'de 2 saat boyunca çalkalanmıştır. İki saatlik tripsin sindirimi sonunda 95 °C'de 5 dk. ısıtma ile enzim aktivitesi sonlandırılmıştır. Sindirim sonunda elde edilmiş karışım 10.000g, 4 °C'de 20 dk. santrifüj edilmiş ve süpernatant kısmı atılmıştır. Çöken kısım sabit tartıma gelene dek kurutulmuş ve sindirilebilirlik derecesi (Dt, %) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$DT = \left(1 - \frac{W_i}{W_t}\right) * 100\%$$

$W_i$  = Kurutulmuş çözünmez protein kütlesi

$W_t$  = Sindirim öncesi toplam kurutulmuş et tozu kütlesi

### 3.5.7. Doku profil analizi

Doku profil analizleri, tekstür cihazı (Texture Analyzer TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere, UK) ile standart silindir prob kullanılarak uygulanmıştır. Analiz öncesi eş boyutta hazırlanan örnekler, 25 kg ağırlık hücresi ile 5 mm/s piston hızı ile orijinal ağırlılığının %50'sine kadar baskılanmıştır. Uygulanan kuvvetler ve zaman

eğrilerinden hesaplanmış parametreler sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirliktir (Dadalı ve Elmacı, 2019).

### **3.6. İstatistiksel Analiz**

Ekstraksiyon yöntemlerinin optimizasyonu ise yanıt yüzey yöntemi (RSM) ile Design Expert v11.0 yazılımı (Stat-Ease, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modellerin istatistiki yorumlanmasında regresyon katsayısı ( $R^2$ ), uyum eksikliği ve  $F$ -değeri dikkate alınmıştır.

Verilerin istatistiki değerlendirilmesinde SPSS yazılımı (IBM SPSS 302 v15.0, ABD) kullanılmıştır Depolama süresinin ve kullanılan çekirge protein tozunun özellikler üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi tekniği (ANOVA) kullanılarak grup ortalamaları arasındaki fark belirlenmiş ( $p < 0,05$ ) ve farklılık Duncan çoklu karşılaştırma testi ile tespit edilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Çekirge unlarına Uygulanan Ön İşlemler

Özütleme işlemlerinde hammadde olarak kullanılan kurutulmuş ve öğütülmüş çekirge örneklerine, bazı temel özelliklerinin belirlenmesi açısından toplam kuru madde, toplam mineral madde (kül) ve su aktivitesi analizleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir

Oonincx ve Van Der Poel (2011) yaptıkları çalışmada; besleme şeklinin çekirgelerin (*Locusta migratoria*) kimyasal bileşimi üzerindeki etkilerini incelemişler ve farklı beslenme programına tabi tuttukları çekirgelerde toplam kuru madde içeriklerini %26,8 ve %34,3 arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu değerler tez kapsamında kullanılan örneklerden elde edilen kuru madde değerine %27,63±0,12 oldukça yakındır. Literatür çalışmaları incelendiğinde; kurutulup öğütülmüş çekirge örneklerinde toplam kuru madde içerikleri %96,35±0,01 (Purschke vd. 2018a), %96,19±0,20 (Mohamed, 2015) ve %96,30±0,21 (Purschke vd. 2018b) olarak tespit edilmiştir ve bu değerler çalışma kapsamında elde edilen kuru madde değerine % 96,79±0,21 oldukça yakındır. Toz forma getirilen çekirge örneklerinin su aktivitesi değerinin 0,192 olduğu görülmüştür. Kuru ürün bazında değerlendirildiğinde; çekirge tozlarının su aktivitesi değerlerinin, depolama stabilitesi ve raf ömrü açısından güvenilir sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Yaş ve kurutulmuş çekirge örneklerinde gerçekleştirilen analizler ve sonuçları

Yaş Örnek		Kurutulmuş Örnek	
Toplam kuru madde (%)	Toplam kül miktarı	Toplam kuru madde (%)	Su aktivitesi (a <sub>w</sub> )
27,63±0,12	1,02±0,10	96,79±0,21	0,192±0,004

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir.

#### 4.2. Çekirge Protein Özütlemeye İşlem Parametrelerinin Etkilerinin Belirlenmesi ve Optimizasyon Çalışmaları

Tez kapsamında, çekirge unlarından protein özütlemesinde mikrodalga destekli enzimatik (alkalaz) özütleme yönteminin etkileri incelenmiştir. Bu yöntemle ilgili işlem parametrelerinin etkileri RSM kullanılarak belirlenmiştir.

Protein özütleme yöntemlerinin etkinliğini belirleyen değişkenler, yapılan akademik çalışmalar ve literatür incelemeleri ile ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda, protein verimi, hammaddede bulunan toplam proteinin özütleme sonrasında elde edilen miktarının yüzdesi olarak tanımlanmış ve özütleme işlemlerinin değerlendirilmesinde önemli bir parametre olarak kullanılmıştır (Wani vd., 2008). Bu nedenle özütleme işleminde değerlendirilmek üzere bağımlı değişken olarak seçilmiştir.

#### 4.3. Mikrodalga Destekli Enzimatik Özütleme İşleminin Optimizasyonu

Yanıt yüzey yöntemi (RSM) ile merkezi tümleşik dizayn (CCD) kullanılarak oluşturulmuş dördü merkez noktası olmak üzere toplam 18 deneme yapılmıştır.

Yağı ayrılmış çekirge tozlarından mikrodalga ile enzimatik özütleme yöntemiyle protein ekstraksiyon işlemlerine ait deneme planı ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Bağımsız değişkenlerin optimum koşulları ise Çizelge 4.3’te sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Çekirge unlarından protein ekstraksiyon işlemlerine ait deneme planı ve elde edilen sonuçlar

Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Enzim oranı (%)	Protein verimi (%)
32	50	0,24	44,8
43	35	0,53	64,1
43	35	0,53	61,4
32	20	0,81	58,3
53	20	0,24	64,2
53	50	0,24	49,4
53	50	0,81	56,7
32	50	0,81	51,3
43	35	0,05	49,2
43	35	1,00	57,2
43	35	0,53	59,2
43	60	0,53	46,0
43	10	0,53	62,4
60	35	0,53	57,5
53	20	0,81	64,4
25	35	0,53	46,2
32	20	0,24	58,9
43	35	0,53	63,5

Çizelge 4.3. Çekirge unlarından protein ekstraksiyon işleminin optimum parametrelerinin yanıt yüzey yöntemiyle belirlenmesi

İşlem Parametreleri			Güvenilirlik	Protein verimi (%)	
Sıcaklık(°C)	Süre(dk.)	Enzim oranı(%)		Program Çıktısı	Deneysel Sonuç
46	23	0,71	1,000	64,8	63,12±1,24

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir.

Yanıt yüzey yöntemiyle belirlenen parametreler 46 °C sıcaklık, 23 dakika ekstraksiyon süresi ve %0,71 oranında enzim kullanımı optimum nokta olarak belirlenmiştir. Optimum işlem koşullarında çekirge tozlarından mikrodalga ile enzimatik özütlenen protein verimi %64,8 olacak şekilde program çıktısı olarak alınmıştır. Elde edilen optimum noktada işlem parametrelerinin doğrulanabilirliğini tespit etmek amacıyla 5 üretim gerçekleştirilmiş ve protein verimi değerlerin hesaplanmıştır. 5 farklı üretimden elde edilen analiz sonuçlarının ortalaması “Deneysel Sonuç” olarak Çizelge 4.3’te sunulmuştur. Program çıktısı ve deneysel sonuç arasındaki fark 1,68 olarak

hesaplanmıştır. İki değer arasında %2,6'lık bir fark olduğu görülmektedir. Program çıktısı ve deneysel sonuç arasında yapılan t testi sonucuna göre de iki değer arasındaki fark istatistiki açıdan anlamsızdır ( $p > 0,05$ )

#### **4.4. Mikrodalga Destekli Enzimatik Özütleme İşlem Parametrelerinin Etkileri ve Yanıt Yüzey Modeli**

Çekirge tozlarından mikrodalga destekli enzimatik özütleme işlem parametrelerinin protein verimi üzerindeki ikili etkilerinin üçboyutlu grafikleri Şekil 4.1'de sunulmuştur.

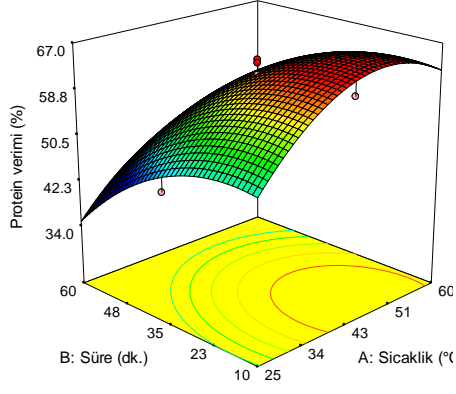
Mikrodalga destekli özütleme için bağımsız değişkenlerin ikili etkilerinin protein verimi üzerine istatistiki olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, süre-sıcaklık ilişkisinin protein verimliliği üzerine etkisinin, düşük sürede birlikte sıcaklığın orta-yüksek değerlerinde yüksek protein verimi sağladığı gözlemlenmektedir. Sıcaklık-enzim oranı ilişkisinin protein verimliliği üzerine etkisi araştırılmıştır, enzim oranı ve sıcaklık ilişkisi ise enzim oranının ve sıcaklık değerlerinin çalışılan orta noktalarda yüksek verim sağladığı gözlemlenmiştir. Süre-enzim-oranı arasındaki ilişki ise enzim oranı belirlenen değerlerin ortalamasında ve sürenin daha kısa sürede optimum verim sağlandığı gözlemlenmektedir. Kahve zarından konvansiyonel, ultrases ve mikrodalga destekli özütleme işlemi ile protein özütleme gerçekleştirilmiş, mikrodalga destekli özütleme işlem süresi 10 dakikadan 20 dakikaya çıkarıldığında protein ekstraksiyon veriminin azaldığı belirtilmiştir Yazarlar bu durumu, protein denatürasyonu, amino asit bozulması ve numunenin aşırı ısınmasından olabileceğini aktarmışlardır (Wen vd., 2021). Ananas yan ürünlerinden bromelain ve biyoaktif peptitlerin ekstraksiyonu için mikrodalga destekli özütleme ve ultrases destekli özütleme yöntemleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Mikrodalga destekli özütleme yöntemiyle yapılan protein ekstraksiyonunda uygulanan sürenin 8,99 dakika işlem süresiyle protein veriminin optimum olarak elde edildiğini (2,50 mg/mL) belirtilmiştir (Mala vd., 2021). *Moringa oleifera* yapraklarından protein özütlemesi yapılan çalışmada, mikrodalga destekli özütleme ve ultrases destekli ekstraksiyon yöntemleri karşılaştırılmıştır. Mikrodalga destekli özütleme yönteminin optimum koşulları 34 °C'de, 128:1 çözücü-katı oranı ve 38 dakikalık ekstraksiyon süresinde elde edilen protein verimi 68,99 mg/g olarak elde edilmiştir. İşlem süresi, düşük sıcaklık aralığında protein verimini artırırken, işlem



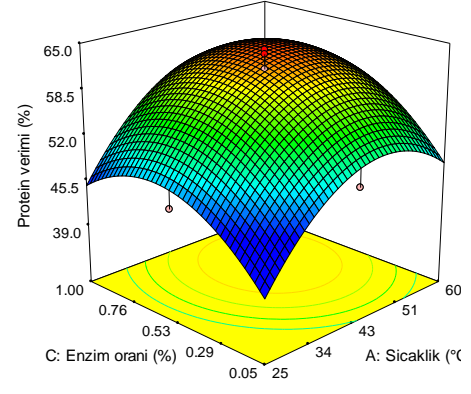
süresi ve sıcaklığın artması protein verimini azalttığı gözlemlenmiştir (Cheng vd., 2021). Behere vd. (2021) karpuz çekirdeği proteinlerinin mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile eldesinde, 2 dakika işlem süresi ve 1:30 katı/çözücü oranı %90 protein geri kazanımı sağladığı gözlemlenmiştir. Protein geri kazanımı, işlem süresinin artışından etkilenmemiştir; kısa sürede mikrodalga enerjisinin etkisiyle hücreler hızla parçalanmış ve istenen ürün özütleme sistemine doğrudan geçtiği belirtilmiştir. Pirinç kepeğinden protein özütlemesinde kullanılan mikrodalga ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş ve işlem parametreleri olarak ekstraksiyon süresi, mikrodalga gücü ve katı-sıvı oranı belirlenmiştir. Sonuçlar doğrultusunda, uzun ekstraksiyon süresi ve artan mikrodalga gücünün protein denatürasyonuna neden olduğu ve bu durumun protein veriminde azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir (Phongthai vd., 2016).

Çekirge tozlarından mikrodalga ile enzimatik ekstraksiyon işlemleri sonucu RSM ile elde edilen kuadratik model katsayıları Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, bağımsız değişkenlerden sıcaklık, süre ve enzim oranı mikrodalga ile enzimatik ekstraksiyon yönteminde istatistiki açıdan önemli ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. Regresyon katsayısı ( $R^2$ ), modelin matematiksel doğruluğunu belirleyen ve 0 ile 1 arasında değişen bir değerdir. Bu değer 1'e yakın olması, modelin doğruluğunu ve geçerliliğini arttırır. Elde edilen istatistiki çıktılardan yüksek  $R^2(>0,92)$  ve düşük  $p$ -değerleri ( $<0,01$ ) modellerin güvenilirliğine işaret etmektedir. Kullanılan yöntemin model üzerinden sonuçların yorumlanıp yorumlanamayacağını belirlemede kullanılan uyum eksikliği (lack of fit) testine göre ise uyum eksikliği, istatistiki açıdan önemsiz ( $p > 0,05$ ) olarak belirlenmiştir. Bu da kullanılan modelin deneysel veri için uygunluğunu göstermektedir.

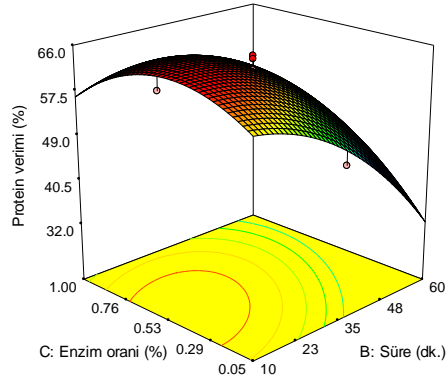
(a)



(b)



(c)



Şekil 4.1. Çekirge tozlarından mikrodalga destekli enzimatik özütleme işlemi için bağımsız değişkenlerin verim üzerine ikili etkileri

Çizelge 4.4. Çekirge tozlarından protein ekstraksiyon işlemlerine ait yanıt yüzey yöntemi model, katsayıları ve varyans analizi (ANOVA) çıktısı

Katsayı	Değer
$\beta_0$	-1,09**
<i>Doğrusal</i>	
$\beta_1$ (Sıcaklık)	2,53**
$\beta_2$ (Süre)	0,12***
$\beta_3$ (Enzim oranı)	20,60*
<i>Etkileşimli</i>	
$\beta_{12}$ (Sıcaklık×Süre)	-1,13×10 <sup>-3</sup>
$\beta_{13}$ (Sıcaklık×Enzim oranı)	0,07
$\beta_{23}$ (Süre×Enzim oranı)	0,42
<i>İkinci derece</i>	
$\beta_{11}$ (Sıcaklık×Sıcaklık)	-0,03**
$\beta_{22}$ (Süre×Süre)	-9,17×10 <sup>-3*</sup>
$\beta_{33}$ (Enzim oranı×Enzim oranı)	-29,83*
$R^2$	0,9273
Ayarlanmış $R^2$	0,8455
$p$ -değeri	0,0011
$F$ -değeri	11,34
Uyum eksikliği	0,3482

**Model:**  $Y$  (yanıt) =  $\beta_0 + \beta_1(\text{Sıcaklık}) + \beta_2(\text{Süre}) + \beta_3(\text{Enzim oranı}) + \beta_{12}(\text{Sıcaklık} \times \text{Süre}) + \beta_{13}(\text{Sıcaklık} \times \text{Enzim oranı}) + \beta_{23}(\text{Süre} \times \text{Enzim oranı}) + \beta_{11}(\text{Sıcaklık} \times \text{Sıcaklık}) + \beta_{22}(\text{Süre} \times \text{Süre}) + \beta_{33}(\text{Enzim oranı} \times \text{Enzim oranı})$

İstatistiki önem dereceleri: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$

#### 4.5. Mikrodalga Destekli Enzimatik Özütleme İşleminde Ultrases Ön İşleminin Etkisinin Değerlendirilmesi

Mikrodalga destekli enzimatik özütleme öncesinden uygulanan ultrases işleminin protein verimi üzerine etkisi Çizelge 4.5.'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ultrases işleminin sıvı ekstraktaki protein miktarında yaklaşık olarak %9'luk bir artış sağladığı görülmüştür. Protein miktarının artışına bağlı olarak protein verimi de %63,12'den %68,51'e yükselmiştir. t testi sonuçlarına göre ultrases ön işleminin protein verimi üzerine etkisi istatistiki açıdan da anlamlıdır ( $p < 0,05$ ).

Çizelge 4.5. Ultrases ön işleminin protein verimi (%) üzerine etkisi

Örnek	Sıvı ekstrakt protein miktarı (%)	Protein verimi (%)
Ekstrakt	0,85±0,04	63,12±1,24
Ultrases ön işleminin uygulanmış ekstrakt	0,93±0,03	68,51±2,14

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir.

Preece vd. (2017) yaptıkları bir çalışmada, soya fasulyesi kullanarak ultrases teknolojisiyle protein özütlemesi yapılmış, 20 kHz, 400 watt gücünde 1 dakikalık ultrases uygulanan soya fasulyesi, ultrases uygulaması yapılmayan örneğe kıyasla protein verimi bakımından %10 artış gözlenmiştir.

Pikan cevizi proteininin ekstraksiyon verimini artırmak ve fonksiyonel özelliklerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, ultrases ve enzimatik özütlemenin sinerjik etkileri incelenmiştir. Ultrases destekli özütlemeye kullanılan parametreler; 15 dakika işlem süresi, 400 watt güç ve 55 °C sıcaklık olarak belirlenmiştir. Enzimatik özütleme işlemi ise pH 10 ve %1 (w/w) enzim kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ultrases destekli özütlemenin ardından yapılan enzimatik özütleme sonucunda %25,51 protein verimi elde edilmiştir. Tek başına uygulanan bu özütleme işlemlerinin, sinerjik etkiler kadar yüksek bir verim sağlayamadığını belirtilmiştir (Wang vd., 2021).

Susam kepeğinden protein ve antioksidan bileşiklerin geri kazanımını amaçlayan ve dört farklı tekniği (viskozim L, alkalaz, ultrases ve ultrases destekli enzimatik özütleme) ile standart alkali yöntem karşılaştırılmıştır. Ultrases destekli enzimatik

özütleme yöntemi optimum koşulları; 836 watt, 43°C, 98 dakika, 9,8 pH ve 1,248/100 g enzim konsantrasyonu belirlenmiştir. Ekstraksiyon yöntemleri arasında, en yüksek protein verimi (%87,9) ultrases destekli enzimatik işleme elde edilmiştir. Bunu sırasıyla alkalaz ile yapılan enzimatik ekstraksiyon (%79,3), ultrases destekli ekstraksiyon (%59,8) ve viskozim L ile yapılan enzimatik ekstraksiyon (%41,7) takip etmiştir (Görgüç vd., 2019).

Ultrasesin yarattığı kavitatif baloncukların yoğun bir şekilde patlaması sonucunda, malzeme yüzeyinde mikro jetler, kesme kuvvetleri ve türbülanslar meydana getirerek yüzeyde soyulma, erozyon ve malzemenin parçalanmasına neden olabilir. Bu etkiler, malzemenin yüzey alanını artırarak daha yüksek kütle transferi ve hücre içeriğinin daha iyi salınmasını sağlar. Süreç sonucunda, substratın enzim tarafından daha kolay işlenebilir hale gelmesi ve biyokimyasal tepkimelerin ivmelenmesi, protein ekstraksiyon oranının ve veriminin yükselmesine katkıda bulunabilir. Bu nedenle, ultrases ve enzim birlikte kullanıldığında sinerjik bir etki oluşturabilir (Chemat vd., 2017; Görgüç vd., 2019).

Çizelge 4.6. Farklı özütleme işlemlerin protein verimlilikleri (%)

Örnek	Protein verimi (%)
Alkali ekstrakt	59,60±2,68 <sup>c</sup>
Mikrodalga destekli enzimatik uygulanmış ekstrakt	63,12±1,24 <sup>b</sup>
Ultrases ön işlemi uygulanmış ekstrakt	68,51±2,14 <sup>a</sup>

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Analizdeki her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c), uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Çizelge 4.6’da sunulan verilere göre, Alkali ekstrakt ile elde edilen protein verimi %59,62 iken, mikrodalga destekli enzimatik özütleme ile bu değer %63,12’ye yükselmiştir, yenilikçi ekstraksiyon yöntemi kullanılarak %5,88’lik bir artış sağlanmıştır. Ayrıca, ultrases ön işlemi uygulanmış özütleme yöntemi ise en yüksek protein verimini %68,51 ile elde etmiştir, bu da alkali ekstrakta göre %14,91 ve mikrodalga destekli enzimatik özütlemeye göre %8,53 oranında bir artışa tekabül etmektedir. Bu sonuçlar, ultrases ön işlemi ve mikrodalga destekli enzimatik özütleme yöntemlerinin protein verimini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

#### 4.6. Ultrafiltrasyon ile Protein Saflaştırma İşlemi

Farklı por açıklıklıklarına sahip ultrafiltrasyon membranların ekstraktların protein miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.7’te sunulmuştur. Ultrafiltrasyon işlemi sonrasında, iki faza kuru madde ve protein miktarı tayini yapılmıştır. 2.000 MWCO’luk ultrafiltrasyon membran ile elde edilen sonuçlar her iki faz için de kuru madde miktarı ekstraktın kuru madde miktarına yakın çıktığı; protein miktarında düşüş olduğu gözlenmiştir. 5.000 MWCO’luk ultrafiltrasyon membran kullanımıyla elde edilen konsantrat ve filtrattaki protein miktarı değerlerinin ekstrakt ile benzer olduğu görülmektedir. 10.000 MWCO’luk membran ile elde edilen konsantratin da ekstrakt ile benzer protein miktarına sahip olduğu ancak filtratta daha düşük protein miktarı olduğu belirlenmiştir. Ultrafiltrasyon işleminin, kitin uzaklaştırmada beklenen verimliliği sağlamadığı ve konsantrat ile filtrat arasında kitin miktarlarının benzer olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga destekli enzimatik özütlemenin, kitin yapısını kısmen parçalayarak moleküler boyutunu küçülttüğü düşünülmektedir. Kitin moleküllerinin ultrafiltrasyon sırasında daha küçük porlardan filtrata geçmesine yol açmış ve sonuç olarak konsantrat ile filtrat arasındaki kitin miktarı farkını minimize ettiği belirtilmiştir (Lin vd., 2005).

Çizelge 4.7. Ultrafiltrasyon aşamasına ait veriler

Örnek	Kuru madde (%)	Protein Miktarı (% KM)	Protein Harici Madde (%KM)	Kitin Miktarı (% KM)
Ekstrakt	1,23±0,07 <sup>c</sup>	66,17±1,12 <sup>a</sup>	33,83	18,23±0,16 <sup>a</sup>
2000-K	1,28±0,02 <sup>c</sup>	62,75±0,89 <sup>b</sup>	37,25	14,32±0,13 <sup>d</sup>
2000-F	1,26±0,02 <sup>c</sup>	59,95±1,02 <sup>c</sup>	40,05	14,06±0,07 <sup>d</sup>
5000-K	1,41±0,01 <sup>d</sup>	67,44±2,22 <sup>a</sup>	32,56	14,95±0,55 <sup>c</sup>
5000-F	0,97±0,04 <sup>a</sup>	65,05±2,09 <sup>a</sup>	34,95	14,90±0,17 <sup>c</sup>
1000-K	1,42±0,03 <sup>d</sup>	63,49±2,10 <sup>b</sup>	36,51	16,24±0,25 <sup>b</sup>
1000-F	1,15±0,02 <sup>b</sup>	59,07±1,96 <sup>c</sup>	40,92	15,79±0,32 <sup>b</sup>

\* K = Konsantrat, F = Filtrat değerleridir. Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Analizdeki her sütundaki farklı küçük harfler (a, b, c, d) uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

#### 4.7. Çekirge Protein Tozunun Fonksiyonel ve Fizikokimyasal Özellikleri

Dondurularak kurutma ile elde edilen çekirge protein tozunun fonksiyonel ve fizikokimyasal analizlerin sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Çekirge protein tozunun fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin değerleri

Özellik	Değer
Toplam kuru madde (%)	91,97 ± 0,94
Protein miktarı (%)	58,91±2,41
Kitin miktarı (%)	0,89±0,02
Su aktivitesi (aw)	0,15±0,006
Yığın yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	471±32
Sıkıştırılmış yığın yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	534±46
Akabilirlik (CI)	10,28±1,28
Partikül yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	2333,8±243,6
Islanabilirlik (sn)	27,86±1,8
Dağılabilirlik (%)	94,73±3,84
Çözünabilirlik (%)	98,60±1,96
Emülsiyon kapasitesi (g yağ/g toz)	6,00±0,24
Emülsiyon stabilitesi (%)	73,92±0,41
Yağ bağlama kapasitesi (g yağ /g toz)	2,74±0,20
Su bağlama kapasitesi (g su/ g toz)	2,72±0,21
L*	46,86±0,05
a*	5,09±0,08
b*	11,51±0,16
C*	12,58±0,18
h°	66,14±0,09

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir.

Su aktivitesi, gıdalarda mikrobiyal büyüme ve gıda stabilitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olan kritik bir parametredir. Düşük su aktivite seviyelerinde, bakteriler, küfler, mayalar gibi mikroorganizmaların büyümesini sınırlamaktadır. Ayrıca su aktivitesinin azaltılması, vejetatif hücrelerin gelişimini engellemekle birlikte, spor çimlenmesini, mikroorganizmalar tarafından toksin üretimini ve enzim aktivitesini engelleyerek gıdaların raf ömrünü uzatmasına yardımcı olmaktadır. Ürünlerin su aktivitesinin bilinmesi, depolama ve kurutma aşamalarında, doku özellikleri, aroma

üretimi ve reaksiyon kinetiği gibi ürünün kalite özelliklerini düzenlemek için gereklidir (Barbosa-Cánovas vd., 2007; Simatos vd. 2011). Tez kapsamında, mikrodalga destekli enzimatik özütleme ile elde edilen çekirge proteini, dondurarak kurutma yöntemi ile protein tozuna dönüştürülmüş ve elde edilen toz ürüne su aktivitesi analizi uygulanmıştır. Yapılan analizin sonucuna göre çekirge protein tozunun su aktivitesi sırasıyla 0,15 ölçülmüştür. Başyigit vd. (2023) yaptıkları bir çalışmada, yağı ayrılmış ekşi kiraz çekirdeğinden protein özütlemesi yapılmış, mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon ile gerçekleştirilmiştir. Püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma kullanılarak ekşi kiraz çekirdeğinden protein tozu elde edilmiştir. Dondurarak kurutma yöntemiyle kurutulan ekşi kiraz çekirdeği protein tozunun su aktivitesi 0,31 olarak ölçülmüştür.

Dondurarak kurutulmuş çekirge protein tozu örneklerinin toplam kuru madde oranı  $91,97\% \pm 0,94$  olarak bulunmuştur.

Yağ bağlama kapasitesinin fonksiyonel özelliğinin önemi, sıvı emülsiyonlar, tozlar, süt ürünleri, sosis ürünleri, hamur ve ekmek gibi gıda türlerine bağlı olarak değişmektedir. Yağın, özellikle proteinler ve karbonhidratlar ile gıda bileşenlerine bağlanması, tekstürel ve diğer gıda kalite özelliklerini etkiler. Yağ bağlama özelliği ile bileşenin protein içeriğini ile paralel bir bağlantısı vardır. Fiziksel olarak yağın tutulması, proteinlerin hacim yoğunluğunu artıran kimyasal modifikasyonlar sonucunda gerçekleşir. Yağ bağlama kapasitesi toz partiküllerinin boyutuna bağlı olarak, düşük yoğunluklu ve küçük partiküle sahip olan protein tozları yüksek yoğunluklu protein tozlarına kıyasla daha fazla yağ tuttuğu belirtilmiştir (Zayas, 1997). Tez kapsamında mikrodalga destekli enzimatik özütleme ile elde edilen protein tozlarının yağ bağlama kapasitesi 2,74 (g yağ/g toz) olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir çalışmalarda alkali ortamda protein özütlemesi ve ardından dondurarak kurutma işlemine tabi tutulan *Tenebrio molitor*, *Grylloides sigillatus* ve *Schistocera gregoria* örneklerinde ise sırasıyla 2,74 (g/g), 3,33 (g/g), 3,22 (g/g) olarak saptanmıştır (Zielińska vd., 2018). Sonuçlar, mikrodalga destekli enzimatik özütleme yöntemi ile elde edilen protein tozlarının yağ bağlama kapasitesinin, diğer yöntemler ile elde edilen protein tozlarına kıyasla düşük olduğunu gösterebilmektedir. Bunun nedenlerinden biri, uygulanan mikrodalga enerjisinin hücre duvarlarını tahrip etmesi ve bunun sonucunda hücre duvarlarının yağ tutma kapasitesinin azaltılması olabilir (Demirci, 2023).



Su tutma kapasitesi, özellikle gıda dokusunun iyileştirilmesi açısından, gıda uygulamaları için önemli fonksiyonlar arasında yer almaktadır. Protein özütlerinin bileşimi, proteinin doğal durumu, protein bileşimi, pH değeri ve iyonik kuvvetten önemli ölçüde etkilenmektedir. Su tutma kapasitesi, proteinlerin su moleküllerini tutma/bağlama ve böylece suyun serbest bırakılmasını önleme yeteneği olarak tanımlanmıştır (Purschke vd., 2018a). Tez kapsamında, mikrodalga destekli enzimatik özütleme ile dondurarak kurutulan çekirge protein tozlarının su tutma kapasite değerleri 2,72 (g su/g toz) belirlenmiştir.

Emülsiyon kapasitesi, amfifilik molekülün belirli koşullar içerisinde maksimum bağlayabileceği lipit miktarını ifade eden terimdir. Bu amfifilik amino asitlerin oranı ile proteinlerin ikincil yapısında emülsiyon kapasitesini belirleyen önemli kriterdir. Protein denatürasyonu gerçekleştiğinde, hidrofobik amino asitlerin ortaya çıkmasıyla ortamda bulunan yağ molekülleriyle etkileşime girmesi emülsiyon kapasitesini artırmaktadır (Villaseñor vd., 2022). Tez kapsamında mikrodalga destekli protein özütleme yöntemiyle dondurarak kurutma ile elde edilen protein tozlarının emülsiyon kapasitesi 6 mLyağ / 1 g toz olarak bulunmuştur. Alkali ekstraksiyon yöntemi, yağsız *Tenebrio molitor* böceklerinden özütlenen proteinin, emülsifiye edici özelliklerini geliştirmiştir (Mishyna vd., 2021).

Emülsiyon stabilitesi, zamanla emülsiyon içinde gerçekleşen değişimlere karşı direncini ifade eder. Yüksek stabiliteye sahip emülsiyonlar, dış ortam koşullarına bağlı olarak karakteristik özelliklerinde meydana gelen değişimlere karşı oldukça yavaş tepki verir (Güngör vd., 2013). Mikrodalga destekli enzimatik özütlemeyle elde edilen çekirge protein tozlarına yapılan emülsiyon stabilitesi %73,92±0,41 ölçülmüştür. Sulu protein özütlemesi yapılan *Acheta domesticus* türünün, dondurarak kurutulan protein tozu örneklerinin emülsiyon stabilitesi değeri %33,61 olarak belirlenmiştir (Ndiritu vd., 2017). *G.sigillatus*, *Tenebrio molitor* ve *Schistocerca gregaria* böceklerinden, alkali yöntem ile protein özütlemesi yapılan bir çalışmada emülsiyon stabilitesi sırasıyla %38,3 , %51,31 ve %50,41 olarak kaydedilmiştir. *Bombyx morii* böceği larvaları ile yapılmış bir çalışmada ise emülsiyon stabilitesi %23 olarak belirlenmiştir (Omotoso, 2015; Zielińska vd. 2018).

Gıda tozlarının yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, depolama ve ambalajlama için önemli bir kriterdir. Toz ürünlerin yüksek yoğunluğa sahip olması,

paket hacmini düşürmektedir. Yüksek yığın yoğunluğu, daha az paket hacmi gerektirdiğinden, aynı miktardaki ürünü daha küçük ve daha az sayıda ambalajda taşımaya mümkün kılar. Bu durum, nakliye maliyetlerini düşürerek ekonomik avantaj sağlar ve depolama alanının daha verimli kullanılmasına katkıda bulunur. Yığın yoğunluğu toz parçacıkların içinde bulunduğu hava kütlelerinin hacme oranıyla hesaplanmaktadır. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ise, gıda tozunun kütlesiyle sıkıştırılmış hacmine oranı ile hesaplanmaktadır (Türker vd., 2018). Tez kapsamında çekirge protein tozlarının yığın yoğunluğu değeri 471 kg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri ise 534 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Tez kapsamında, çekirge protein tozlarının Carr İndeksi (CI) hesaplanması için yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu kullanılmıştır. CI, tozların akışkan özelliklerini belirlemek amacıyla belirli bir skala ile değerlendirilmektedir. Carr indeksine göre toz akışkanlık durumu şu şekilde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre CI değeri (<15) ise çok iyi, (15–20) iyi, (20-35) aralığında orta, (35-45) zayıf ve (>45) çok zayıf olarak belirlenmiştir (Yılmaz ve Zungur Bastıoğlu, 2020). Mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilmiş protein tozuna ait %10,28 olarak bulunmuştur. Sınıflandırmaya göre elde edilen protein tozları çok iyi akış özelliği sergilemiştir.

Partikül yoğunluğu, bir toz parçacığının birim hacimdeki kütlesini ifade eden bir terimdir. Düşük yoğunluklu partiküllerin yoğunluk farkından dolayı üste hareket gerçekleştirmekte, yüksek yoğunluklu partiküllerin ise dibe çökmesiyle oluşmaktadır. Tez kapsamında dondurarak kurutma ile elde edilen çekirge protein tozunun partikül değeri 2333,8 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada, yer elmasından mikrodalga destekli ekstraksiyon ve konvansiyonel ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak inülin özütlemesi yapılmış ardından toz örnek eldesi için örnekler liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuştur. İnülin toz örneklerinin konvansiyonel yöntem kullanılarak elde edilen örneğin partikül yoğunluğu 1670 kg/m<sup>3</sup>, mikrodalga destekli özütleme kullanılarak elde edilen toz örneğin partikül yoğunluğu 1630 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur (Demirci, 2023). Özdemir vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise, susam kepeğinden ultrases destekli enzimatik özütleme yaparak püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma tekniği kullanılarak susam protein hidrolizatları üretilmiştir. Dondurarak kurutulan protein tozlarının partikül yoğunluğu 1520 kg/m<sup>3</sup>, püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen protein tozunun partikül yoğunluğu ise 1310 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Toz ürünlerde, ıslanabilirlik genellikle su ve sıvı içinde çözünme kabiliyetini tanımlar. Islanabilirlik ölçümü, toz gıdalarda daldırma veya toz ürünün tamamen ıslanması için geçen süre kaydedilerek yapılmaktadır. Toz ürünlerin ıslanabilirliği, sıvı içerisinde fiziksel, kimyasal özelliklerine ve ayrıca işlem koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Genellikle toz gıdaların, dağılımı, çözünürlüğü ve işlevselliği gibi gıda işleme niteliğini etkileyen kritik bir faktördür (Hogekamp ve Schubert, 2003; Ji vd. 2016). Mikrodalga destekli enzimatik özütlemeye elde edilen çekirge protein tozunun suda ıslanması için geçen süresi 26,52 saniye ve 29,2 saniye ölçülmüştür.

Dağılılabirlik, toz ürünlerin sıvıyla karışımında homojen dağılılabirlik kabiliyetini verilen bir terimdir. Dağılılabirlik değeri yüksek olan toz ürünlerde, sıvı içerisinde topaklanmadan veya dibe çökmeksizin hızlı ve eşit şekilde çözünmektedir (Laokuldilok ve Kanha, 2015). Dağılılabirlik, özellikle sıcaklık, pH, iyonik bileşim gibi faktörlerden etkilenmektedir. Tez kapsamında mikrodalga destekli enzimatik özütleme işlemi sonrası dondurarak kurutulan çekirge protein tozlarının dağılılabirlik değeri %94,73 olarak bulunmuştur.

Tez kapsamında, mikrodalga destekli enzimatik özütleme ve dondurarak kurutma işlemi tabi tutulduktan sonra elde edilen protein tozlarının çözünebilirlik değeri %98,60 olarak hesaplanmıştır.

Mikrodalga destekli enzimatik özütleme ardından dondurarak kurutma uygulanmış ve elde edilen protein tozunun protein miktarı %58,91 olarak hesaplanmıştır. Mishyna vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada *Schistocerca gregaria*, *Apis mellifera* toz örnekleri, yağı ayrılmış toz, alkali ekstraksiyon ve sonikasyon ekstraksiyon yöntemiyle yapılmış ve toplam protein değerleri hesaplanmıştır. *Schistorcerca gregaria* böceğinin yağı alınmış, alkali ekstraksiyon ve sonikasyon yöntemiyle elde edilen toplam protein miktarı sırasıyla %40,0, %52,9 ve %57,5 olduğu belirtilmiştir. *Apis mellifera* böceğinin ise yağı alınmış, alkali ekstraksiyon ve sonikasyon yöntemiyle elde edilen toplam protein miktarı sırasıyla %28,3, %39,6 ve %55,2 olduğu belirtilmiştir.

Mikrodalga destekli enzimatik özütleme ardından dondurarak kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra elde edilen tozlara yapılan kitin miktarı analizi %0,89 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir çalışmada *Carbula marginella* ve *Cirina butyrospermi* böceklerinin yağı ayrılmış, protein konsantre ve izolatlarıyla protein sindirilebilirliği karşılaştırılmıştır. İzole proteinlerde protein sindirilebilirliğinin yüksek olduğu ve bunu

sindirilebilirliği kitinin uzaklaştırmasından kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Séré vd., 2021).

Renk analizi değerleri, çekirge protein tozunun rengi orta parlaklıkta, hafif kırmızımsı ve sarımsı-yeşil tonlara sahiptir. Kim vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *Tenebrio molitor*, *Allomyrina dichotoma*, *Protaetia brevitarsis seulensis* böceklerinin yağı ayrılmış ve alkali ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen protein özütünün, böceklerin tür ve protein ekstraksiyon yöntemi renk analizlerini etkilediği belirtilmiştir.

#### 4.8. Emülsifiye Tavuk Köftesine Uygulanan Analizlerin Sonuçları

##### 4.8.1. Kimyasal kompozisyon

Çizelge 4.9.Emülsifiye tavuk köftelerine ait kimyasal kompozisyon değerleri

Örnek	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Enerji değer (kcal)
<b>Kontrol</b>	65,86±3,16 <sup>a</sup>	19,27±1,03 <sup>d</sup>	11,02±1,00 <sup>a</sup>	2,10±0,01 <sup>d</sup>	176,63
<b>%10</b>	65,34±2,27 <sup>b</sup>	19,78±1,07 <sup>c</sup>	11,00±0,97 <sup>a</sup>	2,24±0,01 <sup>c</sup>	178,51
<b>%15</b>	64,83±2,20 <sup>c</sup>	20,02±1,09 <sup>b</sup>	11,04±0,83 <sup>a</sup>	2,31±0,02 <sup>b</sup>	179,84
<b>%20</b>	64,62±2,3 <sup>d</sup>	20,36±1,12 <sup>a</sup>	10,97±0,87 <sup>b</sup>	2,40±0,01 <sup>a</sup>	180,58

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Analizdeki her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c, d), uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Emülsifiye tavuk köftelerine ait kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çekirge protein tozu ilavesiyle birlikte örneklerin nem içeriği oranı azaldığı gözlemlenmektedir. Çekirge protein tozu ilavesi arttıkça protein içeriğinde artmıştır. Kül içeriği, çekirge protein tozu ilavesiyle birlikte bir artış gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.8.2. pH

pH kontrolü, renk ve dokunun korunması açısından oldukça önemlidir. Bir maddedeki hidrojen iyonlarının aktivitesinin bir göstergesi olan pH, kimyasal reaksiyonların nasıl ilerleyeceğini ve dolayısıyla ürünün kalitesini belirleyen temel bir faktördür. Bu durum özellikle gıda ve biyokimyasal süreçlerde geçerlidir. pH, gıdaların renginden sorumlu pigmentleri etkilemektedir. Bunun yanında ise, et ve et ürünlerinde doku için önemli olan kaslı gıdaların su tutma kapasitesini ve yumuşaklığını da etkilemektedir. Örneğin, ölüm sonrası kasın tipik pH'ının altındaki asidik koşullar bu nitelikleri geliştirmektedir (Andrés-Bello vd., 2013).

Çizelge 4.10. Çiğ emülsifiye tavuk köfte örneklerinin pH değerleri

Örnek	pH
Kontrol	5,98±0,11 <sup>c</sup>
%10	6,21±0,08 <sup>b</sup>
%15	7,27±0,01 <sup>a</sup>
%20	7,45±0,03 <sup>a</sup>

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Analizdeki her sütundaki farklı küçük harfler (a, b, c), uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Tez çalışması kapsamında çiğ emülsifiye tavuk köftesine ait pH değerleri Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Çekirge protein tozu ilave edilmiş emülsifiye tavuk köftesi örneklerinde, çekirge protein tozunun artışının pH değerini paralel olarak artırdığı gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Kontrol örneği 5,98±0,11 pH değerindeyken, çekirge protein tozu ilavesiyle bu değerler sırasıyla 6,21±0,08, 7,27±0,01 ve 7,45±0,03'yi göstermiştir. Bu, çekirge protein tozunun alkali özelliklere sahip olduğunu ve formülasyona dahil edildiğinde ise pH seviyesini yükselttiğini göstermektedir.

### 4.8.3. Doku profil analizi

Doku profili analizi, gıdaların dokusal özelliklerini belirlemek için kullanılmaktadır. Gıdalarda, bir ölçümde birden fazla değişkeni belirleyip değerlendirebilmektedir. Et ve et ürünlerinin dokusu, yapışkanlık, sertlik, esneklik ve çiğnenebilirlik gibi değişkenleri içermektedir (Alemu, 2022).

Çizelge 4.11. Emülsifiye tavuk köftelerine ait doku profili analizi

Doku profili analizi				
Analizler	Örnekler			
	Kontrol	%10	%15	%20
Sertlik (N)	58,78±2,02 <sup>a</sup>	52,19±2,69 <sup>b</sup>	45,14±2,99 <sup>c</sup>	39,36±1,69 <sup>d</sup>
Yapışkanlık	-1,24±0,22 <sup>a</sup>	-2,49±0,78 <sup>b</sup>	-3,08±3,08 <sup>b</sup>	-7,69±7,89 <sup>c</sup>
Yaylanabilirlik	0,98±0,11 <sup>a</sup>	0,87±0,15 <sup>b</sup>	0,81±0,13 <sup>c</sup>	0,79±0,12 <sup>c</sup>
İç Yapışkanlık	0,75±0,02 <sup>a</sup>	0,77±0,03 <sup>a</sup>	0,69±0,06 <sup>ab</sup>	0,72±0,08 <sup>a</sup>
Sakızimsılık	62,15±4,35 <sup>a</sup>	48,31±4,02 <sup>b</sup>	31,375±2,36 <sup>c</sup>	29,59±2,00 <sup>c</sup>
Çiğnenebilirlik	42,95±2,15 <sup>a</sup>	42,36±2,19 <sup>a</sup>	25,40±2,00 <sup>b</sup>	24,78±1,94 <sup>b</sup>
Esneklik	0,39	0,36	0,26	0,23

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Analizdeki her satırdaki farklı küçük harfler (a, b, c, d), uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Emülsifiye tavuk köftelerine ait doku profili analiz sonuçları Çizelge 4.11'da verilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, emülsifiye tavuk köftelerinin sertlik, yapışkanlık, yaylanabilirlik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik özelliklerinin çekirge protein tozu artışıyla birlikte bu değerlerde belirgin bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol ve çekirge protein tozu ilaveli örneklerde, iç yapışkanlık değerlerinde ise belirli dalgalanmalar mevcuttur. Kontrol grubu, diğer formülasyonlara göre daha sert bir yapıdadır. Sertlik değeri ise kontrol grubunda 58,78±2,02 N iken, %10 çekirge protein tozu ilavesiyle bu değer 52,19±2,69 N'ye, %15 ilavede 45,14±2,99 N'ye ve %20 ilavede ise 39,36±1,69 N'ye düşmüştür. Örneklerin sertlik değerleri arasındaki farklılık

istatistiksel olarak anlamlı olarak bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Bu sonuçlar çekirge protein tozu ilavesinin köfteleri daha yumuşak hale getirdiğini göstermektedir. Yaylanabilirlik, değerlerinde ise kontrol grubunda  $0,98 \pm 0,11$  olan değer, %10 ilavede  $0,87 \pm 0,15$ , %15 ilavede  $0,81 \pm 0,13$  ve %20 ilavede  $0,79 \pm 0,12$  olarak ölçülmüştür. Yaylanabilirlik değerlerindeki azalma, çekirge protein tozu ilavesinin köftelerin esnekliğini azalttığını göstermektedir. Yapışkanlık değerleri incelendiğinde, kontrol grubunda  $-1,24 \pm 0,22$  olarak ölçülen yapışkanlık, %10 çekirge protein tozu ilavesiyle  $-2,49 \pm 0,78$ 'a, %15 ilavede  $3,08 \pm 3,08$ 'e ve %20 ilavede  $-7,69 \pm 7,89$ 'e düşmüştür. Bu sonuç, çekirge protein tozu ilavesinin köftelerin yapışkanlığını artırdığını ortaya koymaktadır. İç yapışkanlık değerleri %10 formülasyonlu ilave en yüksek değer göstermiş, çekirge protein tozu ilavesiyle birlikte azalmaktadır. Kontrol grubunda iç yapışkanlık  $0,75 \pm 0,02$  olarak ölçülmüşken, %20 ilavede bu değer  $0,72 \pm 0,12$ 'e düşmüştür. Sakızımsılık ise kontrol grubunda  $62,15 \pm 4,35$  iken, %20 ilavede  $29,59 \pm 2,00$  olarak belirlenmiştir. Çiğnenebilirlik değerleri de kontrol grubunda en yüksek  $42,95 \pm 2,15$  iken, çekirge protein tozu ilavesiyle birlikte azalmaktadır. %20 ilavede çiğnenebilirlik değeri  $24,78 \pm 1,95$  olarak ölçülmüştür. Esneklik değerleri ise kontrol grubunda  $0,39$  iken, %20 ilavede  $0,239$  olarak belirlenmiştir. Çekirge protein tozu ilavesinin emülsifiye tavuk köftelerinin doku profilini önemli ölçüde etkilediği ve bu ilavenin köfteleri daha yumuşak, yapışkan ve az çiğnenebilir hale getirdiği görülmektedir. Bu bulgular, çekirge protein tozunun gıda ürünlerinde kullanım potansiyelini ve doku özelliklerine etkisini anlamak için önemli bilgiler sunmaktadır. Rocchetti vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, Viyana sosis örneklerine, siyah asker sineği ilavesinin sertlik değerlerini azalttığı belirtilmiştir. Krawczyk vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, hamburger örneklerine %5 ve %10 oranlarında buffalo kurdu tozu ilavesinin, hamburger örneklerinde yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda, *T. molitor* larvası ununun konsantrasyonunun %10'dan %20'ye çıkarılmasının, sosis ve emülsiyon sistemlerinde sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlikte azalma tespit edilmiştir (Y. S. Choi vd., 2017; T. K. Kim, Lee, vd., 2020).

#### 4.8.4. Renk

Renk, et endüstrisinde tüketici kabul edilebilirliği ve satın alma kararlarını etkileyen çok önemli bir unsurdur. Miyoglobın kimyası, ışık etkileşimleri, doğal veya sentetik renklendiricilerin varlığı gibi çeşitli faktörler tarafından belirlenmektedir. Tüketiciler, gıdaların renkleri tazelik ve kalite ile ilişkilendirmektedir. Et ürünlerinde ise bu çekiciliğinin önemli göstergesi haline gelmiştir.

Çizelge 4.12. Emülsifiye tavuk köftelerine ait parlaklık (L\*) değerleri

Günler	Kontrol	%10	%15	%20
0	71,65±1,50 <sup>a,A</sup>	38,41±0,81 <sup>b,B</sup>	32,51±1,40 <sup>bc,B</sup>	30,55±0,74 <sup>a,B</sup>
3	70,39±1,22 <sup>a,A</sup>	39,46±1,47 <sup>b,B</sup>	32,64±1,25 <sup>bc,BC</sup>	28,77±0,48 <sup>a,C</sup>
6	69,25±2,16 <sup>a,A</sup>	41,08±1,24 <sup>a,B</sup>	34,75±1,10 <sup>a,C</sup>	29,37±0,60 <sup>a,D</sup>
9	59,87±2,02 <sup>c,A</sup>	37,50±1,70 <sup>b,B</sup>	34,02±0,58 <sup>b,B</sup>	26,09±0,41 <sup>b,C</sup>
12	60,75±1,01 <sup>c,A</sup>	42,31±0,58 <sup>a,B</sup>	29,00±0,61 <sup>c,B</sup>	29,89±0,21 <sup>a,C</sup>
15	65,67±1,83 <sup>b,A</sup>	42,69±0,78 <sup>a,B</sup>	29,87±0,48 <sup>c,C</sup>	31,90±0,78 <sup>a,C</sup>

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c), zamana bağlı; her satırdaki farklı büyük harfler (A, B, C, D) ise çekirge konsantrasyonuna bağlı istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Işık pigmentleri, ışığın saçılması ve yapının rengi arasındaki etkileşim ile et renginin fizikokimyasal yönlerini anlamak ve genel olarak ürünün kalitesini artırmak için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, et rengi üzerine yapılan araştırmalar, ürün geliştirme, tüketici kabulü ve et ürünlerinin pazardaki genel başarısında önemli bir rol oynamaktadır (Bakhsh vd., 2023; King vd. 2022; Masoodi, 2017; Ruedt vd. 2023).

Emülsifiye tavuk köfte örneklerinin depolama boyunca parlaklık değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Depolama süresi boyunca, kontrol grubu parlaklık değeri en yüksek değerine sahip olmakla birlikte, süre artınca değerlerde bir azalış görülmektedir. %10 çekirge protein tozu formülasyonunda ise artış eğilimi göstermiştir. Diğer %15 ve %20 ilaveli köfteler ise başlangıç değerleri daha koyu renge sahip olup depolama süresinde ise dalgalanmalar göstermektedir. Çekirge protein tozu oranı arttıkça ürünlerdeki parlaklığının azalmasına neden olduğu gözlemlenmiştir.



Çizelge 4.13. Emülsifiye tavuk köftelerine ait kırmızılık-yeşillik (a\*) değerleri

Günler	Kontrol	%10	%15	%20
0	10,80±0,03 <sup>b,A</sup>	10,15±0,11 <sup>b,A</sup>	7,97±0,14 <sup>b,B</sup>	7,95±0,03 <sup>bc,B</sup>
3	9,78±0,010 <sup>c,A</sup>	10,57±0,08 <sup>b,A</sup>	8,39±0,23 <sup>b,B</sup>	7,71±0,01 <sup>bc,B</sup>
6	11,21±0,10 <sup>b,B</sup>	13,25±0,12 <sup>a,A</sup>	11,02±0,33 <sup>a,B</sup>	8,43±0,15 <sup>b,C</sup>
9	11,22±0,12 <sup>b,A</sup>	10,24±0,19 <sup>b,A</sup>	11,03±0,14 <sup>a,A</sup>	5,98±0,18 <sup>c,B</sup>
12	11,89±0,14 <sup>b,B</sup>	13,21±0,20 <sup>a,A</sup>	11,30±0,02 <sup>a,B</sup>	9,25±0,15 <sup>a,C</sup>
15	13,73±0,20 <sup>a,A</sup>	11,29±0,27 <sup>b,B</sup>	10,05±0,09 <sup>a,B</sup>	8,56±0,24 <sup>b,C</sup>

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c), zamana bağlı; her satırdaki farklı büyük harfler (A, B, C) ise çekirge konsantrasyonuna bağlı istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Emülsifiye tavuk köfte örneklerinin depolama boyunca a\* değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Depolama süresi boyunca emülsifiye tavuk köftelerinin a\* değerleri (kırmızılık ve yeşillik) incelendiğinde, kontrol grubunun başlangıçta yüksek değere sahip olup zamanla artış eğiliminde olduğu görülmektedir. %10 ilaveli grupta depolanma süresince artış ve azalmalar gözlemlenmiştir. Diğer formülasyonlarda ise, %15 ilaveli grupta kırmızı renk değerlerinde bir artış eğilimi depolanmanın sonunda ise bir azalış gözlemlenmiştir. %20 ilaveli grup başlangıçta düşük değerlerle başlayıp, 9. günde en düşük seviyeye indikten sonra artış göstermektedir. Genel olarak, çekirge protein tozu ilavesi köftelerin a\* değerlerini düşürmekte ve bu düşüş, protein tozu oranı arttıkça daha belirgin hale gelmektedir.

Çizelge 4.14. Emülsifiye tavuk köftelerine ait sarılık-mavilik (b\*) değerleri

Günler	Kontrol	%10	%15	%20
0	25,05±0,24 <sup>a,A</sup>	18,61±0,51 <sup>c,B</sup>	14,41±0,41 <sup>b,C</sup>	13,2±0,20 <sup>b,C</sup>
3	23,05±0,10 <sup>b,A</sup>	19,22±0,30 <sup>b,B</sup>	14,17±0,34 <sup>b,C</sup>	12,09±0,17 <sup>b,C</sup>
6	22,48±0,03 <sup>b,A</sup>	21,81±0,24 <sup>a,A</sup>	18,19±0,54 <sup>a,B</sup>	12,48±0,19 <sup>b,C</sup>
9	20,88±0,21 <sup>b,A</sup>	19,87±0,41 <sup>ab,A</sup>	19,07±0,32 <sup>a,A</sup>	8,81±0,04 <sup>c,B</sup>
12	22,35±0,32 <sup>b,A</sup>	23,21±0,04 <sup>a,A</sup>	20,11±0,19 <sup>a,AB</sup>	13,81±0,09 <sup>b,B</sup>
15	25,99±0,35 <sup>a,A</sup>	21,43±0,40 <sup>a,B</sup>	15,64±0,17 <sup>b,C</sup>	15,83±0,18 <sup>a,C</sup>

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c), zamana bağlı; her satırdaki farklı büyük harfler (A, B, C) ise çekirge konsantrasyonuna bağlı istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Emülsifiye tavuk köfte örneklerinin depolama boyunca b\* değerleri Çizelge 4.14'te verilmiştir. Depolama boyunca emülsifiye tavuk köftelerinin b değerleri, grupların arasında en yüksek değere sahip olan kontrol grubu olmuştur. Depolama boyunca kontrol grubuna 9.güne kadar azalmalar gözlemlenmiş ve depolamanın son gününe kadar artış gösterdiği gözlemlenmiştir. %10 çekirge protein tozu ilave edilmiş köftede ise genel olarak bir artış trendi gözlemlenmiştir. %15 ilaveli grupta sarılık-mavilik değerlerinde ise dalgalanmalar mevcuttur. %20 ilaveli grupta ise başlangıçta düşüş, sonrasında tekrar bir artış gözlemlenmiştir. Çekirge protein tozu ilavesi sarılık-mavilik değerlerini genel olarak azaltmıştır.

Çizelge 4.15. Emülsifiye tavuk köftelerin ait renk yoğunluğu (C\*) değerleri

Günler	Kontrol	%10	%15	%20
0	27,28±0,20 <sup>ab,A</sup>	21,20±0,03 <sup>b,B</sup>	16,47±0,40 <sup>b,C</sup>	15,41±0,43 <sup>b,C</sup>
3	25,03±0,06 <sup>b,A</sup>	21,93±0,08 <sup>b,B</sup>	16,47±0,29 <sup>b,C</sup>	14,34±0,34 <sup>bc,C</sup>
6	25,12±0,08 <sup>b,A</sup>	25,25±0,43 <sup>a,A</sup>	21,26±0,54 <sup>a,B</sup>	15,06±0,61 <sup>b,C</sup>
9	23,70±0,12 <sup>c,A</sup>	22,35±0,02 <sup>b,A</sup>	22,06±0,09 <sup>a,A</sup>	10,65±0,19 <sup>c,B</sup>
12	25,32±0,31 <sup>a,A</sup>	26,70±0,06 <sup>a,A</sup>	23,07±0,08 <sup>a,A</sup>	16,02±0,18 <sup>b,B</sup>
15	29,39±0,31 <sup>a,A</sup>	24,22±0,19 <sup>a,B</sup>	18,59±0,10 <sup>b,C</sup>	18,00±0,21 <sup>a,C</sup>

\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Her sütundaki farklı küçük harfler (a, b, c), zamana bağlı; her satırdaki farklı büyük harfler (A, B, C) ise çekirge konsantrasyonuna bağlı istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Emülsifiye tavuk köfte örneklerinin depolama boyunca C\* değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Örneklerin depolama süresinde renk yoğunluğu değerleri incelendiğinde, kontrol grubu diğer formülasyonlara kıyasla daha yüksek bir değer gözlemlenmiştir. Depolama süresinde ise azalmalar gözlemlenmiştir 9.günden itibaren bir artış gözlemlenmiştir. %10 çekirge protein tozu ilaveli grubun renk yoğunluğu değerlerinde dalgalanmalar mevcuttur. %15 ilaveli grup 12. güne kadar artış gözlemlenmiştir ve depolamanın son gününde ise azalma gözlemlenmiştir. %20 ilaveli grubun renk yoğunluğu ise dalgalanmalar göstermiştir. Çekirge protein tozu oranının artmasıyla renk yoğunluğunda düşmelere neden olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.16. Emülsifiye tavuk köftelerin ait renk tonu (h°) değerleri

Günler	Kontrol	%10	%15	%20
0	66,67±1,24 <sup>a,A</sup>	61,38±1,43 <sup>b,B</sup>	61,05±2,35 <sup>a,B</sup>	58,94±1,23 <sup>b,C</sup>
3	67,01±1,22 <sup>a,A</sup>	61,19±2,10 <sup>b,B</sup>	59,36±1,24 <sup>a,B</sup>	57,48±1,56 <sup>b,B</sup>
6	63,50±1,09 <sup>b,A</sup>	58,73±2,30 <sup>c,B</sup>	58,80±0,81 <sup>ab,B</sup>	55,95±2,30 <sup>c,C</sup>
9	61,74±1,00 <sup>b,B</sup>	64,72±1,48 <sup>a,A</sup>	59,96±1,90 <sup>a,B</sup>	55,83±2,15 <sup>c,C</sup>
12	62,00±0,48 <sup>b,A</sup>	60,35±1,35 <sup>b,B</sup>	60,67±1,46 <sup>a,B</sup>	56,17±2,27 <sup>b,C</sup>
15	62,16±0,78 <sup>b,A</sup>	62,21±2,01 <sup>a,A</sup>	57,27±1,80 <sup>b,B</sup>	61,59±2,00 <sup>a,A</sup>

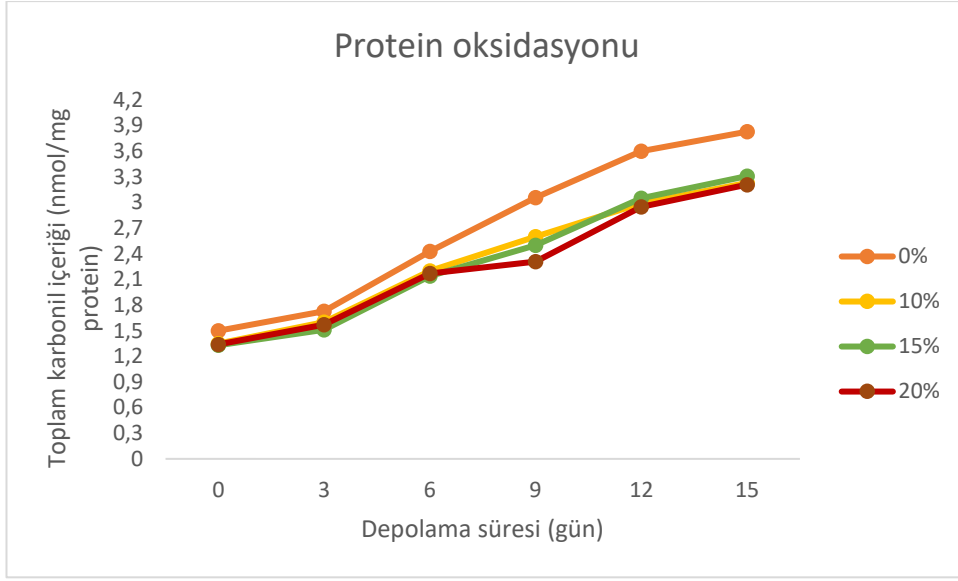
\*Veriler, ortalama ± standart sapma olarak temsil etmektedir. Her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c), zamana bağlı; her satırdaki farklı büyük harfler (A, B, C) ise çekirge konsantrasyonuna bağlı istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Emülsifiye tavuk köfte örneklerinin depolama boyunca renk tonu değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Kontrol grubu depolama süresi boyunca diğer gruplara göre başlangıçta en yüksek h° değerine sahip olduğunu gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda azalış depolamanın 9. gününe kadar devam etmiş, depolamanın sonuna kadar artış trendi gözlemlenmiştir. %10 çekirge protein tozu ilaveli grubun h° değeri genel bir artış trendi gösterirken, %15 ilaveli grubun h° değerinde dalgalanmalar ve düşüşler görülmektedir. %20 çekirge protein tozu ilaveli grubun renk tonu değeri başlangıçta en düşük olup depolama süresi boyunca dalgalanarak artış göstermektedir. Çekirge protein tozu ilavesi, tavuk köftelerinin h° değerlerinde başlangıçta bir düşüşe neden olmakta, ancak depolama süresi boyunca bu değerler dalgalanmakta ve bazı durumlarda artış göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, et ürünlerine ve atıştırmalıklara eklenmiş böcek tozlarının, (*Sphenarium purpurascens*, *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor L*, (*Bombyx mori*) gıda formülasyonuna eklenmesiyle birlikte renk değerleri örneği kontrol grubuna göre daha koyu renkler gözlemlenmiştir. Bunun nedenini ise böceklerin melanin pigmentinden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Ayieko vd., 2016; Cruz-López vd. 2022; Kim vd. 2020; Park vd. 2017; Urbina vd. 2021).

#### 4.8.5. Protein oksidasyonu

Proteinlerin oksidasyonu çeşitli oksidasyon türevlerinin üretilmesiyle oluşmaktadır. Kas hücrelerinde bol miktarda bulunan proteinler, oksidatif süreçlerden etkilenerek protein oksidasyona neden olur ve amino asitlerin değişimi, protein-polimer oluşumu, çözünürlüğün kaybı ve karbonil gruplarının artışı gibi çeşitli değişikliklere yol açar. Protein serbest radikalleri, proteinlerin yan zincirlerinin serbest radikallerle reaksiyona girmesi ve ardından oksijenle reaksiyona girerek peroksi radikalleri oluşturması, parçalanması ve karbonil türevleri üretmesiyle oluşur (Al-Dalali vd., 2022). Bu tür yıkımlar, renk bozulması, su bağlama kapasitesinin kaybı, artan pürüzlülük ile sonuçlanır (Soyer vd., 2010). Et ürünlerinde protein karbonil miktarları, oksidasyon sürecinin bir sonucu olarak artış gösterir ve genellikle kalite kayıplarına neden olur. Örneğin, tavuk, domuz ve sığır etinde protein karbonil seviyeleri sırasıyla 2.8, 3.6 ve 3.1 nmol/mg protein seviyelerinde üründe istenmeyen kalite özellikleri doğurmuştur (Soglia vd., 2016).

Çekirge protein tozu eklenmiş tavuk köftelerinin protein oksidasyonu verileri, toplam karbonil içeriği belirlenerek gerçekleştirilmiştir ve Şekil 4.2'de sunulmuştur. Depolamanın başlangıcında, kontrol grubu  $1.50 \pm 0.03$  nmol/mg protein karbonil içeriğine sahipken, %10, %15 ve %20 çekirge protein tozu eklenmiş formülasyonlar sırasıyla  $1.35 \pm 0.12$ ,  $1.33 \pm 0.11$  ve  $1.34 \pm 0.12$  nmol/mg protein karbonil içeriği göstermiştir. Çekirge protein tozu ilave edilen formülasyonlarda (%10, %15 ve %20), toplam karbonil içeriği, depolama süresi boyunca detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çekirge protein tozu ilavesinin, kontrol grubuna (%0) kıyasla protein oksidasyonunu belirgin şekilde azalttığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, ilave edilen çekirge protein tozu miktarının artmasıyla, protein oksidasyonundaki azalma daha belirgin hale gelmiştir. Depolamanın sonunda, %20 oranında çekirge protein tozu ilave edilmiş formülasyon, en düşük karbonil içeriğine sahiptir. Bu bulgular, çekirge protein tozunun oksidatif stabiliteyi artırmada ve dolayısıyla ürün kalitesini korumada daha yüksek ilave oranlarının daha etkili olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, çekirge protein tozunun gıdalarda oksidatif stabiliteyi güçlendirme potansiyeli, ilave miktarı arttıkça daha belirgin bir hale gelmektedir.

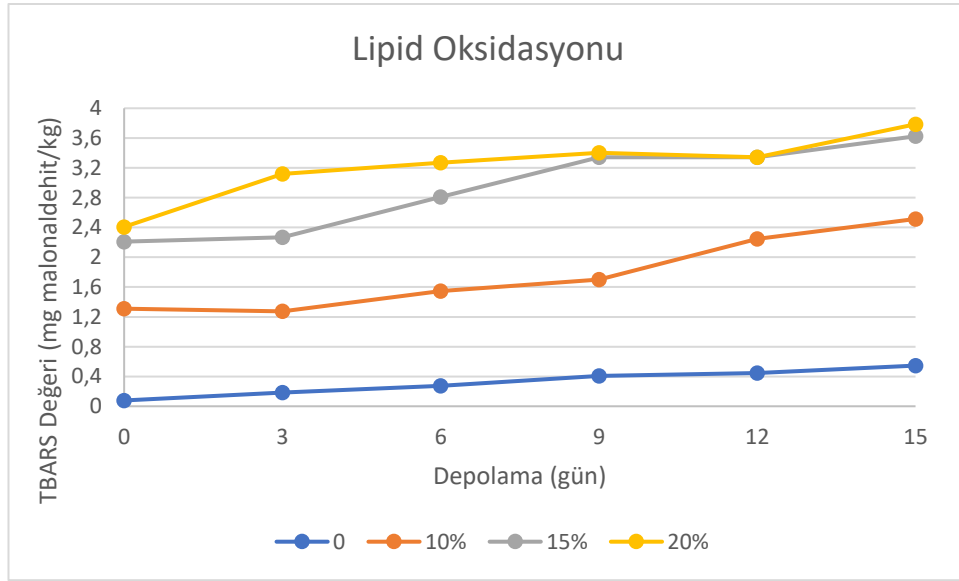


Şekil 4.2. Emülsifiye tavuk köftelerinin depolama süresinde protein oksidasyonu değerleri

#### 4.8.6. Lipit oksidasyonu

Dondurma işlemi, gıdaların depolama sırasında kalitesini korumakla birlikte fizikokimyasal ve mikrobiyal aktiviteleri kısıtlayan önemli bir yöntemdir (Culleré vd., 2013). Et bileşenleri, etlerdeki yüksek miktarda oksidasyon katalizörü (demir ve miyogloblin gibi) ve lipitler nedeniyle donmuş depolama sırasında etkileşime girer ve bu nedenle oksidatif süreçlere karşı hassastır. Depolanan kas etlerindeki bozulmanın ana nedeni lipit oksidasyonudur. Et kalitesinin kaybına neden olan kritik bileşenler, tat, besin değeri, renk ve dokuyu etkileyen oksidatif reaksiyonlardır (Pérez-Palacios vd., 2010). Lipit oksidasyonu, serbest oksijen ve lipit radikallerinin oluşumu nedeniyle malondialdehit ve kolesterol oksidasyon ürünlerinin üretimiyle meydana gelmektedir (Morrissey vd., 1998; Soyer vd., 2010). Ette lipit oksidasyonunu belirlemek için TBARS değeri kullanılır. Temelde, TBARS değerinin yükselmesi lipit oksidasyonunun arttığını gösterir (Bayraktar, 2023). Lipitler, oksidatif reaksiyonlara karşı son derece duyarlı olmasından dolayı et ve et ürünleri için kalite özellikleri belirlemede son derece önemli bir faktördür. Et ve et ürünlerinin tüketim için kabul edilen en yüksek lipit oksidasyon

değeri 2,5 – 3 mg malonaldehit/kg olarak belirtilmiştir (McKenna vd., 2005; Zhang vd., 2019). Depolama süresinde tavuk köfte numunelerinde düşük TBARS değerleri gözlenirken, depolama süresi artışıyla birlikte TBARS değerleri de artış bulgulanmıştır.



Şekil 4.3. Depolama sürecinde örneklerin TBARS değerleri

Tavuk köftelerinin depolama sürecinde lipit oksidasyonu üzerine yapılan bu çalışma, TBARS değerleri ile Şekil 4.3'te belirtilmiştir. Depolama süresi ve farklı formülasyonlar (0%, 10%, 15%, 20%) incelendiğinde, çekirge protein tozu miktarının artmasıyla mg malonaldehit miktarı artışından dolayı lipit oksidasyonunun hızlandığı açıkça gözlemlenmiştir. Kontrol grubu, başlangıçta 0,078 mg malonaldehit/kg TBARS değeri ile en düşük oksidasyon seviyesine sahipken, depolama süresi boyunca kademeli olarak artarak 15. günde 0,546 mg malonaldehit/kg seviyesine ulaşmıştır. Bu formülasyonda lipit oksidasyonunun nispeten yavaş gerçekleştiği görülmektedir. Sonuçlar doğrultusunda, %10 çekirge protein tozu ilave edilmiş tavuk köftesi örneğinin TBARS değeri, diğer çekirge protein tozu ilave edilmiş örneklere kıyasla daha az değerler göstermiştir. Depolama aşamasında, %10 çekirge protein tozu içeren örneğin buzdolabı (+4 °C) koşullarında tüketicinin kabul edilebilirliği değerine eşittir. Genel olarak, çekirge protein tozu ilavesinin arttığı formülasyonlarda lipit oksidasyonunun daha hızlı gerçekleştiği ve TBARS değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çekirge

protein tozunda bulunan protein dışı maddelerin prooksidan etki yaratmasından kaynaklanabilir. Özellikle, protein dışı bileşenlerin, lipitlerin oksidasyonunu tetikleyen serbest radikallerin oluşumunu artırabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, çekirge protein tozunun yağ ayırma işlemi sırasında oksidasyon gerçekleşmiş olabilir ve bu süreçte maruz kalınan oksidatif stres, çekirge yağındaki doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu hızlandırmış olabilir. Bu oksidasyon, yağla bağlı olarak protein tozuna geçen okside lipit bileşenlerinin de varlığına yol açabilir. Okside lipitler, emülsifiye tavuk köftesine eklendiğinde, ürünün lipit yapısını olumsuz etkileyerek, köftenin genel kalitesini düşürebilir ve lipit oksidasyon sürecini hızlandırabilir. Yapılan bir çalışmada, domuz sosisine eklenen cırcır böceği unu miktarının ve depolama süresinin artmasıyla birlikte TBARS değerlerinde belirgin bir artışa yol açtığı gözlemlenmiştir (Han vd., 2023).

#### **4.8.7. *In-vitro* protein sindirilebilirliği analizi**

*In vitro* protein sindirilebilirliği, canlı bir organizmanın dışında simüle edilmiş sindirim sırasında proteinlerin ne kadar kolay parçalanabileceğinin ve emilebileceğinin değerlendirilmesini ifade etmektedir. Protein sindirilebilirliğini etkileyen faktörler arasında proteinin kaynağı, işleme yöntemleri ve diğer besinlerle etkileşimler bulunmaktadır (Srigiripura vd., 2019). *In vitro* sindirilebilirlik verileri, alternatif protein kaynaklarının insan ve hayvan tüketimi için uygunluğunun belirlenmesine yardımcı olur, farklı protein açısından zengin gıdalar arasında karşılaştırmalara izin verir ve bunların diyetlere veya yem formülasyonlarına dahil edilmesine ilişkin kararlara rehberlik eder. Protokollerin standardizasyonu, çalışmalar arasında doğru ve karşılaştırılabilir sonuçlar sağlamak, protein kaynakları ve bunların beslenmedeki uygulamaları ile ilgili bilinçli seçimleri kolaylaştırmak için gereklidir (Estes vd., 2022; Rodríguez-Rodríguez vd., 2022).

Çizelge 4.17. Depolama süresi boyunca çekirge protein tozu ilave edilmiş tavuk köftelerinin pepsin sindirilebilirlik değerleri

Depolama (gün)	Pepsin sindirilebilirliği [ $\Delta$ OD/saat]			
	Formülasyonlar			
	0%	10%	15%	20%
0	0.21±0.01 <sup>a,B</sup>	0.26±0.01 <sup>a,A</sup>	0.23±0.01 <sup>a,B</sup>	0.28±0.01 <sup>a,A</sup>
3	0.22±0.01 <sup>a,B</sup>	0.24±0.01 <sup>a,B</sup>	0.24±0.00 <sup>a,B</sup>	0.28±0.00 <sup>a,A</sup>
6	0.18±0.01 <sup>b,D</sup>	0.25±0.01 <sup>a,B</sup>	0.22±0.01 <sup>a,C</sup>	0.29±0.01 <sup>a,A</sup>
9	0.13±0.01 <sup>c,C</sup>	0.21±0.01 <sup>b,B</sup>	0.20±0.01 <sup>b,B</sup>	0.26±0.01 <sup>b,A</sup>
12	0.14±0.01 <sup>c,B</sup>	0.17±0.01 <sup>c,AB</sup>	0.19±0.01 <sup>b,A</sup>	0.21±0.01 <sup>c,A</sup>
15	0.10±0.01 <sup>d,C</sup>	0.14±0.00 <sup>d,B</sup>	0.17±0.01 <sup>c,A</sup>	0.19±0.01 <sup>d,A</sup>

\*Veriler, ortalama  $\pm$  standart sapma olarak temsil etmektedir. Her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c, d), zamana bağlı; her satırdaki farklı büyük harfler (A, B, C, D) ise çekirge konsantrasyonuna bağlı istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Çizelge 4.18. Depolama süresi boyunca çekirge protein tozu ilave edilmiş tavuk köftelerinin tripsin ve  $\alpha$ -kemotripsin sindirilebilirlik değerleri

Depolama (gün)	Tripsin ve $\alpha$ -kemotripsin sindirilebilirliği [ $\Delta$ OD/saat]			
	Formülasyonlar			
	0%	10%	15%	20%
0	0.14±0.01 <sup>a,C</sup>	0.17±0.01 <sup>a,B</sup>	0.18±0.00 <sup>a,B</sup>	0.20±0.00 <sup>a,A</sup>
3	0.14±0.01 <sup>a,B</sup>	0.15±0.00 <sup>a,B</sup>	0.19±0.01 <sup>a,A</sup>	0.20±0.01 <sup>a,A</sup>
6	0.11±0.01 <sup>b,B</sup>	0.10±0.01 <sup>b,B</sup>	0.14±0.00 <sup>b,A</sup>	0.16±0.01 <sup>b,A</sup>
9	0.11±0.01 <sup>b,B</sup>	0.09±0.01 <sup>b,B</sup>	0.12±0.01 <sup>b,B</sup>	0.18±0.10 <sup>ab,A</sup>
12	0.08±0.01 <sup>c,B</sup>	0.07±0.01 <sup>c,B</sup>	0.13±0.01 <sup>b,A</sup>	0.13±0.01 <sup>c,A</sup>
15	0.06±0.00 <sup>d,B</sup>	0.07±0.01 <sup>c,B</sup>	0.08±0.01 <sup>c,B</sup>	0.12±0.01 <sup>c,A</sup>

\*Veriler, ortalama  $\pm$  standart sapma olarak temsil etmektedir. Her sütündeki farklı küçük harfler (a, b, c, d), zamana bağlı; her satırdaki farklı büyük harfler (A, B, C) ise çekirge konsantrasyonuna bağlı istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) farklılıkları gösterir.

Çekirge protein tozu eklenmiş tavuk köftelerinin *in vitro* sindirilebilirlik verileri, pepsin ve tripsin ve  $\alpha$ -kemotripsin enzimleri kullanılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiş, Çizelge 4.17’de ve Çizelge 4.18’de değerler sunulmuştur. Farklı oranlarda (%0, %10, %15, %20) çekirge protein tozu eklenmiş köfteler, 0, 3, 6, 9, 12 ve 15 günlük depolama süreleri boyunca incelenmiş ve her bir formülasyonun sindirilebilirlik profili değerlendirilmiştir. Pepsin sindirilebilirliği açısından incelendiğinde, başlangıçta (0. gün)



%20 oranında çekirge protein tozu eklenmiş formülasyon,  $0.28\pm0.01$  değeri ile en yüksek sindirilebilirlik seviyesindedir ve kontrol grubuna göre, çekirge protein tozu ilavesinin protein sindirilebilirliğini açısından olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Depolamanın üçüncü gününde, pepsin sindirilebilirlik değerleri genel olarak stabilize olmuş, %20 çekirge protein tozu eklenmiş formülasyon yine en yüksek değeri korumuştur. Altıncı gün ise kontrol grubu ve %15 formülasyonunda pepsin sindirilebilirlikte belirgin bir azalış göstermiş, %20 oranında çekirge protein tozu eklenmiş tavuk köftesi, pepsin sindirilebilirlik açısından stabildir. Depolamanın 9. gününde genel olarak bir düşüş gözlemlenmiştir. 12. günde ise kontrol grubu hariç diğer formülasyonlarda azalma gözlemlenmiştir. Depolamanın 15. gününde ise tüm formülasyonlarda sindirilebilirlik değerlerinde genel bir azalma gözlemlenmiştir. Ancak, %20 çekirge protein tozu eklenmiş formülasyon, diğer formülasyonlara kıyasla hala daha yüksek sindirilebilirlik sağlamıştır. Tripsin ve  $\alpha$ -kemotripsin sindirilebilirliği verilerine bakıldığında, başlangıçta %20 oranında çekirge eklenmiş formülasyon en yüksek sindirilebilirlik değerini göstermiştir ( $0.20\pm0.00$ ). Depolamanın 3.günde, %20 çekirge eklenmiş formülasyonun sindirilebilirlik değeri stabil kalmış ( $0.20\pm0.00$ ), 6.günde tüm formülasyonlar sindirilebilirlik açısından azalma gözlemlenmiştir. 9.günde, %20 oranında çekirge eklenmiş formülasyon tripsin ve  $\alpha$ -kemotripsin sindirilebilirlik açısından diğer formülasyonlara kıyasla daha yüksek bir değerde olduğu gözlemlenmiştir ( $0.18\pm0.01$ ), bu da çekirge protein tozu ilavesinin bu enzimler tarafından sindirilebilirlik üzerinde de olumlu etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Depolamanın 12. ve 15. günlerinde, sindirilebilirlik değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiş, ancak %20 çekirge eklenmiş formülasyon diğer oranlardan daha yüksek sindirilebilirlik sağlamaya devam etmiştir. Bu veriler, çekirge protein tozu eklenmiş tavuk köftelerinin sindirilebilirlik açısından avantajlı olduğunu ve çekirge oranının artmasıyla sindirilebilirliğin genel olarak iyileştiğini göstermektedir. Depolama süresi boyunca sindirilebilirlikte gözlemlenen bu olumlu etkiler, çekirge protein tozu eklenmiş formülasyonların hem insan hem de hayvan beslenmesinde potansiyel olarak faydalı olabileceğini ortaya koymaktadır. Çekirge protein tozu ilavesinin özellikle %20 oranında yüksek sindirilebilirlik sağlaması, bu tür protein kaynaklarının diyetlere dahil edilmesi konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Bu bulgular, çekirge protein tozu eklenmiş gıdaların beslenme değerini artırabileceği ve sürdürülebilir protein kaynakları arayışında dikkate değer bir seçenek olabileceğini göstermektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında, başlangıç aşamasında çekirgeler kurutma, öğütülme ve yağ ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çekirgelerden yüksek protein ve düşük kitin içeren protein tozu eldesi için mikrodalga enzimatik ekstraksiyon yöntemin etkisi yanıt yüzey yöntemi (RSM) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, ultrases işlemin etkisini incelemek amacıyla, mikrodalga destekli enzimatik özütleme ön işlemi olarak uygulanmıştır. Ekstraktlar liyofilizatör kullanılarak kurutma işlemine tabi tutularak toz karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Son olarak elde edilen çekirge protein tozları tavuk köftelerine ilave edilerek, kontrol grubu, %10, %15 %20 formülasyonları oluşturulmuştur ve buzdolabı ortamında (+4°C) on beş gün depolama süresince kalite parametreler üçer günlük periyotlar halinde renk, lipit oksidasyonu, protein oksidasyonu ve *in vitro* protein sindirilebilirliği analiz gerçekleştirilip çekirge protein tozu ilavesinin etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Mikrodalga destekli özütlemeye, süre ve sıcaklık ilişkisinin, yüksek sıcaklıkta düşük süreyle tabi tutulduğunda protein verimini artırdığı gözlemlenmiştir. Sürenin artışı sıcaklığa bağlı olarak protein verimini azalttığı gözlemlenmiştir. Enzim oranı ve sıcaklık arasındaki ilişkinin incelendiği orta noktalarda yüksek verim elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca, enzim oranı ve süre arasındaki ilişki incelendiğinde, belirlenen enzim oranlarının ortalama değerlerinde ve daha kısa sürelerde optimum verimin sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple, ekstraksiyon işlem RSM ile belirlenen optimum işlem koşulları değerlendirilmiştir. Yanıt yüzey metodu ile oluşturulan optimum işlem koşulları sıcaklık, süre ve enzim oranı olmak üzere; 46 °C, 23 dakika ve %0,71 enzim oranı olarak belirlenmiştir. Mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon için protein verimi %63,12 olarak saptanmıştır. Ultrases ön işlemi uygulanmış ekstraktta ise protein verimi %68,51 değerine yükselmiştir. Dondurarak kurutma işlemi, ekstraktı toz haline getirmek için etkili bir yöntemdir. Kurutma işleminde elde edilen toz örneğin, fonksiyonel ve fizikokimyasal özellik açısından analiz edilmiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyonun çekirge protein tozunun emülsiyon stabilitesi, Carr indeks, dağılılırılık, çözünabilirlik gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri olumlu etkilediği belirlenmiştir. Çekirge protein tozu ilavesiyle hazırlanan tavuk köfte örnekleri hazırlanmıştır. Depolama sürecinde üçer gün lipit oksidasyonu, protein oksidasyonu ve *in vitro* protein

sindirilebilirliği analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda ise, protein oksidasyonu açısından ekirge protein tozu ilaveli formülasyonların (%10, %15, %20) olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir. In-vitro sindirilebilirliği analizinde ise ekirge protein tozu ilavesinin oranı arttıa zamana bağlı olarak sindirilebilirlik oranı daha yavaş azalmaktadır. Lipit oksidasyonu analizinde, %10 ekirge protein tozu ilave edilen tavuk köftesi örneğinin on ikinci güne kadar tüketiciler tarafından kabul edilebilir seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Fakat ekirge protein tozu ilavesi arttıa TBARS değerini artırdığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ise, mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon yönteminin ekirge protein tozu üretimi için etkili ve verimli bir alternatif yöntem olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyonun, ekirge besinsel değerlerini koruyarak yüksek kaliteli bir ürün elde edilmesine katkıda bulunabileceği de gözlemlenmiştir. Emülsifiye tavuk köftesinde, ekirge protein tozu ilavesi, protein oksidasyonu ve sindirilebilirlik açısından olumlu etkiler gösterirken, lipit oksidasyonu üzerinde dikkatli bir denge kurulmasını gerektirmiştir. Çekirge protein tozu, yüksek protein içeriği, sindirilebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunabilir.

## KAYNAKLAR

- Ahmad, R. S., Imran, A. ve Hussain, M. B. (2018). Nutritional Composition of Meat. İçinde *Meat Science ve Nutrition*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77045>
- Akhtar, Y. ve Isman, M. B. (2017). Insects as an Alternative Protein Source. İçinde *Proteins in Food Processing, Second Edition* (ss. 263-288). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5>
- Al-Dalali, S., Li, C. ve Xu, B. (2022). Effect of frozen storage on the lipid oxidation, protein oxidation, ve flavor profile of marinated raw beef meat. *Food Chemistry*, 376. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131881>
- Alemu, T. (2022). Texture Profile ve Design of Food Product. *Journal of Agriculture ve Horticulture Researrch*, 6(2), 272-281.
- Altaş, B. ve Kuloğlu, Z. (2011). Malnutrisyonlu Çocuğa Yaklaşım. *Türkiye Çocuk Hast. Derg. / Turkish J. Pediatr. Dis*, 5(1), 54-64.
- Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J. ve Martínez-Monzó, J. (2013). Effect of pH on color ve texture of food Products. *Food Engineering Reviews*, 5(3), 158-170. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9067-2>
- Arte, E., Rizzello, C. G., Verni, M., Nordlund, E., Katina, K. ve Coda, R. (2015). Impact of Enzymatic ve Microbial Bioprocessing on Protein Modification ve Nutritional Properties of Wheat Bran. *Journal of Agricultural ve Food Chemistry*, 63(39), 8685-8693. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03495>
- Aryee, A. N. A., Agyei, D. ve Udenigwe, C. C. (2017). Impact of processing on the chemistry ve functionality of food proteins. İçinde *Proteins in Food Processing, Second Edition* (ss. 27-45). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00003-6>
- Attia, Y. A., Al-Harhi, M. A., Korish, M. A. ve Shiboob, M. H. (2020). Protein ve amino acid content in four brands of commercial table eggs in retail markets in relation to human requirements. *Animals*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/ani10030406>

- Awuchi, C., Godswill, V., Somtochukwu, E. ve Kate, C. (2020). Health Benefits of Micronutrients (Vitamins ve Minerals) ve their Associated Deficiency Diseases: A Systematic Review. *International Journal of Food Sciences*, 3(1), 1-32. [www.iprjb.org](http://www.iprjb.org)
- Ayieko, M. A., Ogola, H. J. ve Ayieko, I. A. (2016). Introducing rearing crickets (gryllids) at household levels: Adoption, processing ve nutritional values. *Journal of Insects as Food ve Feed*, 2(3), 203-211. <https://doi.org/10.3920/jiff2015.0080>
- Bakhsh, A., Cho, C., Baritugo, K. A., Kim, B., Ullah, Q., Rahman, A. ve Park, S. (2023). Production ve Analytical Aspects of Natural Pigments to Enhance Alternative Meat Product Color. *Foods*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/foods12061281>
- Barbosa-Cánovas, G. V, Fontana, A. J., Schmidt, S. J., Fontana, B.-C. ve Labuza, S. (2007). *Water Activity in Foods Fundamentals ve Applications*.
- Barbosa-Cánovas, G. V, Ortega-Rivas, E., Juliano, P. ve Yan, H. (2005). *Food Powders, Physical Properties, Processing ve Functionality*.
- Barker, D., Fitzpatrick, M. P. ve Dierenfeld, E. S. (1998). Nutrient Composition of Selected Whole Invertebrates. *Zoo Biology*, 17, 123-134.
- Başıyğit, B., Görgüç, A., Gençdağ, E., Cansu, Ü., Yılmaz, F. M. ve Karaaslan, M. (2023). Functional characterization of high-yield plant protein powder valorized from de-oiled sour cherry seed using microwave-assisted enzymatic extraction followed by spray- ve freeze-drying. *Biomass Conversion ve Biorefinery*, 13(16), 14657-14671. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03225-2>
- Bayraktar, B. (2023). *Meyve, Sebze ve Et Ürünlerinde Kriyoprotektan Ajan Olarak İnülin Kullanımının Dondurma-Çözündürme Yöntemleri ve Depolama Süresi Etkileri Araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Behere, M., Patil, S. S. ve Rathod, V. K. (2021). Rapid extraction of watermelon seed proteins using microwave ve its functional properties. *Preparative Biochemistry ve Biotechnology*, 51(3), 252-259. <https://doi.org/10.1080/10826068.2020.1808792>
- Blásquez, J. R.-E., Moreno, J. M. P. ve Camacho, V. H. M. (2012). Could Grasshoppers Be a Nutritive Meal? *Food ve Nutrition Sciences*, 03(02), 164-175. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.32025>

- Boateng, E. F., Nasiru, M. M. ve Agyemang, M. (2020). Meat: Valuable Animal-Derived Nutritional Food. A Review. *Asian Food Science Journal*, 9-19. <https://doi.org/10.9734/afsj/2020/v15i130140>
- Brogan, E. N., Park, Y. L., Matak, K. E. ve Jaczynski, J. (2021). Characterization of protein in cricket (*Acheta domesticus*), locust (*Locusta migratoria*), ve silk worm pupae (*Bombyx mori*) insect powders. *Lwt*, 152(March), 112314. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112314>
- Bukkens, S. G. F. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food Nutrition*, 36(2-4), 287-319. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991521>
- Campbell, W. W., Trappe, T. A., Jozsi, A. C., Kruskall, L. J., Wolfe, R. R. ve Evans, W. J. (2002). Dietary protein adequacy ve lower body versus whole body resistive training in older humans. *Journal of Physiology*, 542(2), 631-642. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.020685>
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M. ve Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying ve its functional characterization. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 6(4), 420-428. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>
- Césard, N., Komatsu, S. ve Iwata, A. (2015). Processing insect abundance: Trading ve fishing of zazamushi in Central Japan (Nagano Prefecture, Honshū Island). *Journal of Ethnobiology ve Ethnomedicine*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13002-015-0066-7>
- Chang, L., Lan, Y., Bandillo, N., Ohm, J. B., Chen, B. ve Rao, J. (2022). Plant proteins from green pea ve chickpea: Extraction, fractionation, structural characterization ve functional properties. *Food Hydrocolloids*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107165>
- Chatterjee, C., Gleddie, S. ve Xiao, C. W. (2018). Soybean bioactive peptides ve their functional properties. *Nutrients*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/nu10091211>
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S. ve Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food ve natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols ve applications. A review.

*Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540-560.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>

- Chen, X., Feng, Y. ve Chen, Z. (2009). Common edible insects ve their utilization in China. *Entomological Research*, 39(5), 299-303. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00237.x>
- Cheng, F., Shu, G., Chen, L., Dai, C., Wan, H., Chen, H. ve Dong, X. (2021). Ultrasound-microwave assisted extraction of proteins from *Moringa oleifera* leaves: Comparative optimization study ve LC-MS analysis of the protein concentrate. *Journal of Food Processing ve Preservation*, 45(6). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15547>
- Cheseto, X., Baleba, S. B. S., Tanga, C. M., Kelemu, S. ve Torto, B. (2020). Chemistry ve sensory characterization of a bakery product prepared with oils from African edible insects. *Foods*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060800>
- Cho, S. Y. ve Ryu, G. H. (2021). Effects of mealworm larva composition ve selected process parameters on the physicochemical properties of extruded meat analog. *Food Science ve Nutrition*, 9(8), 4408-4419. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2414>
- Choi, B. D., Wong, N. A. K. ve Auh, J. H. (2017). Defatting ve sonication enhances protein extraction from edible insects. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(6), 955-961. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.6.955>
- Choi, I., Jun Choi, S., Keun Chun, J. ve Wha Moon, T. (2006). *Extraction Yield of Soluble Protein ve Microstructure of Soybean Affected by Microwave Heating*.
- Choi, Y. S., Kim, T. K., Choi, H. D., Park, J. D., Sung, J. M., Jeon, K. H., Paik, H. D. ve Kim, Y. B. (2017). Optimization of replacing pork meat with yellow worm (*Tenebrio molitor* L.) for frankfurters. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(5), 617-625. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.5.617>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C. ve Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Ciurzyńska, A. ve Lenart, A. (2011). Freeze-drying - application in food processing ve biotechnology - a review. *Polish Journal of Food ve Nutrition Sciences*, 61(3), 165-171. <https://doi.org/10.2478/v10222-011-0017-5>

- Clarkson, C., Miroso, M. ve Birch, J. (2018). Potential of extracted *Locusta migratoria* protein fractions as value-added ingredients. *Insects*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/insects9010020>
- Cruz-López, S. O., Álvarez-Cisneros, Y. M., Domínguez-Soberanes, J., Escalona-Buendía, H. B. ve Sánchez, C. N. (2022). Physicochemical ve Sensory Characteristics of Sausages Made with Grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) Flour. *Foods*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/foods11050704>
- Culleré, L., Ferreira, V., Venturini, M. E., Marco, P. ve Blanco, D. (2013). Chemical ve sensory effects of the freezing process on the aroma profile of black truffles (*Tuber melanosporum*). *Food Chemistry*, 136(2), 518-525. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.030>
- Dadalı, C. ve Elmacı, Y. (2019). Reduction of sucrose by inhomogeneous distribution in cake formulation. *Journal of Food Measurement ve Characterization*, 13(4), 2563-2570. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00176-7>
- Dalle Zotte, A., Ricci, R., Cullere, M., Serva, L., Tenti, S. ve Marchesini, G. (2020). Effect of chicken genotype ve white striping–wooden breast condition on breast meat proximate composition ve amino acid profile. *Poultry Science*, 99(3), 1797-1803. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.066>
- Datar, I. ve Betti, M. (2010). Possibilities for an in vitro meat production system. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 11(1), 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.007>
- de Castro, R. J. S., Ohara, A., Aguilar, J. G. dos S. ve Domingues, M. A. F. (2018). Nutritional, functional ve biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption ve future challenges. *Trends in Food Science ve Technology*, 76, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.006>
- DeFoliart Gene. (1992). Comment Insects as human food Gene DeFoliart discusses some nutritional ve economic aspects. *Crop Protection*, 395-399.
- Delgado, C. L. (2020). *Rising Consumption of Meat ve Milk in Developing Countries Has Created a New Food Revolution 1,2*.
- Demirci, K. (2023). *Yer Elmasından İnülin Ekstraksiyonunda Mikrodalga İşleminin Etkisi ve Toz İnülinin Dondurulmuş Fermente Ekmek Hamurunda Kriyoprotektan*



*Etkinliğinin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Dhull, S. B., Kinabo, J. ve Uebersax, M. A. (2023). Nutrient profile ve effect of processing methods on the composition ve functional properties of lentils (*Lens culinaris Medik*): A review. *Legume Science*, 5(1). <https://doi.org/10.1002/leg3.156>
- Doan, N. T. T. ve Lai, Q. D. (2021). Ultrafiltration for recovery of rice protein: Fouling analysis ve technical assessment. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102692>
- Doss, A., Esther, A. ve Rajalakshmi, R. (2022). Influence of UV-B treatment on the accumulation of free phenols ve tannins in the legumes of *Abrus precatorius* L. ve *Vigna mungo* (L.) Hepper. *Phytomedicine Plus*, 2(1). <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100189>
- Duan, X., Yang, X., Ren, G., Pang, Y., Liu, L. ve Liu, Y. (2016). Technical aspects in freeze-drying of foods. *Drying Technology*, 34(11), 1271-1285. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1099545>
- Elmadfa, I. ve Meyer, A. (2017). Animal Proteins as Important Contributors to a Healthy Human Diet. *Annual Review of Animal Biosciences*, 5, 111-131. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022943>
- Estes, K. A., Yoder, P. S., Stoffel, C. M. ve Hanigan, M. D. (2022). An evaluation of the validity of an in vitro ve an in situ/in vitro procedure for assessing protein digestibility of blood meal, feather meal ve a rumen-protected lysine prototype. *Translational Animal Science*, 6(2). <https://doi.org/10.1093/tas/txac039>
- Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y. ve Ding, W. F. (2018). Edible insects in China: Utilization ve prospects. *Insect Science*, 25(2), 184-198. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12449>
- Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(3), 269-285. <https://doi.org/10.1002/zoo.10031>
- Finke, M. D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, 26(2), 105-115. <https://doi.org/10.1002/zoo.20123>

- Flynn, A. W. ve Bramblett, V. D. (1975). *Effects of frozen storage, cooking method ve muscle quality on attributes of pork loins.*
- Fombong, F. T., Van Der Borgh, M. ve Broeck, J. Vanden. (2017). Influence of freeze-drying ve oven-drying post blanching on the nutrient composition of the edible insect *Ruspolia differens*. *Insects*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/insects8030102>
- Gbogouri, G. A., Linder, M., Fanni, J. ve Parmentier, M. (2004). Influence of Hydrolysis Degree on the Functional Properties of Salmon Byproducts Hydrolysates. *Journal Of Food Science*, 69. [www.ift.org](http://www.ift.org)
- George, J. P. ve Datta, A. K. (2002). *Development ve validation of heat ve mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices.* [www.elsevier.com/locate/jfoodeng](http://www.elsevier.com/locate/jfoodeng)
- Ghosh, R. ve Cui, Z. F. (2000). Protein purification by ultrafiltration with pre-treated membrane. *Journal of Membrane Science*, 167.
- Görgüç, A., Bircan, C. ve Yılmaz, F. M. (2019). Sesame bran as an unexploited by-product: Effect of enzyme ve ultrasound-assisted extraction on the recovery of protein ve antioxidant compounds. *Food Chemistry*, 283, 637-645. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.077>
- Görgüç, A., Yılmaz, F. M. ve Bircan, C. (2018). *Susam Kepeğinden Protein Özütlemeinde Enzimin ve Ultrases İşleminin Etkilerinin Belirlenmesi.*
- Gül, U. (2023). *Durum ve tahmin kırmızı et.*
- Gülaç, N. Z. (2023). *Kümes Hayvancılığı.*
- Güngör, Ö., Zungur, A., Koç, M. ve Kaymak-Ertekin, F. (2013). Emülsiyonların Özellikleri ve Emülsifikasyon Koşullarının Aroma ve Yağların Mikroenkapsülasyonu Üzerine Etkisi. *Academic Food Journal*, 11(2), 116-124. <http://www.academicfoodjournal.com>
- Halim, N. R. A., Yusof, H. M. ve Sarbon, N. M. (2016). Functional ve bioactive properties of fish protein hydrolysates ve peptides: A comprehensive review. *Trends in Food Science ve Technology*, 51, 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.007>
- Han, X. ve Heinonen, M. (2021). Development of ultra-high performance liquid chromatographic ve fluorescent method for the analysis of insect chitin. *Food Chemistry*, 334. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127577>

- Han, X., Li, B., Puolanne, E. ve Heinonen, M. (2023). Hybrid Sausages Using Pork ve Cricket Flour: Texture ve Oxidative Storage Stability. *Foods*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/foods12061262>
- Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z. I., Aleksza, L. ve Gyuricza, C. (2020). Evaluation of organic wastes as substrates for rearing zophobas morio, tenebrio molitor, ve acheta domesticus larvae as alternative feed supplements. *Insects*, 11(9), 1-18. <https://doi.org/10.3390/insects11090604>
- Hassan, S. M. (2013). Soybean, Nutrition ve Health. İçinde *Soybean - Bio-Active Compounds*. InTech. <https://doi.org/10.5772/54545>
- Hayamizu, K. (2017). Amino Acids ve Energy Metabolism. İçinde *Sustained Energy for Enhanced Human Functions ve Activity* (ss. 339-349). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805413-0.00021-1>
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M. ve Tiwari, B. (2017). Future protein supply ve demand: Strategies ve factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6(7), 1-21. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>
- Herman, E. M. (2003). Soybean Food ve Feed Allergy. İçinde *Bernhisel-Broadbent ve Sampson*.
- Hirunyophat, P., Chalermchaiwat, P., On-nom, N. ve Prinyawiwatkul, W. (2021). Selected nutritional quality ve physicochemical properties of silkworm pupae (frozen or powdered) from two species. *International Journal of Food Science ve Technology*, 56(7), 3578-3587. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14985>
- Hogekamp, S. ve Schubert, H. (2003). Rehydration of food powders. *Food Science ve Technology International*, 9(3), 223-235. <https://doi.org/10.1177/1082013203034938>
- Huang, C., Feng, W., Xiong, J., Wang, T., Wang, W., Wang, C. ve Yang, F. (2019). Impact of drying method on the nutritional value of the edible insect protein from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: amino acid composition, nutritional value evaluation, in vitro digestibility, ve thermal properties. *European Food Research ve Technology*, 245(1), 11-21. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3136-y>

- Huang, K., Gao, J. yong, Ma, S. ve Lu, J. jiong. (2012). Optimising separation process of protein ve polysaccharide from spent brewer's yeast by ultrafiltration. *International Journal of Food Science ve Technology*, 47(6), 1259-1264. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02967.x>
- Jambrak, A. R., Lelas, V., Mason, T. J., Krešić, G. ve Badanjak, M. (2009). Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *Journal of Food Engineering*, 93(4), 386-393. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.02.001>
- Jarpa-Parra, M. (2018). Lentil protein: a review of functional properties ve food application. An overview of lentil protein functionality. *International Journal of Food Science ve Technology*, 53(4), 892-903. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13685>
- Ji, J., Fitzpatrick, J., Cronin, K., Maguire, P., Zhang, H. ve Miao, S. (2016). Rehydration behaviours of high protein dairy powders: The influence of agglomeration on wettability, dispersibility ve solubility. *Food Hydrocolloids*, 58, 194-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.02.030>
- Jiao, J., Li, Z. G., Gai, Q. Y., Li, X. J., Wei, F. Y., Fu, Y. J. ve Ma, W. (2014). Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pumpkin seeds ve evaluation of its physicochemical properties, fatty acid compositions ve antioxidant activities. *Food Chemistry*, 147, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.079>
- Jinapong, N., Suphantharika, M. ve Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying ve fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>
- Johansson, M., Xanthakis, E., Langton, M., Menzel, C., Vilaplana, F., Johansson, D. P. ve Lopez-Sanchez, P. (2021). Mixed legume systems of pea protein ve unrefined lentil fraction: Textural properties ve microstructure. *LWT*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111212>
- Johnson, E. A. ve Brekke, C. J. (1983). Functional Properties of Acylated Pea Protein Isolates. *Journal of Food Science*, 48(3), 722-725.
- Joshi, M., Adhikari, B., Aldred, P., Panozzo, J. F. ve Kasapis, S. (2011). Physicochemical ve functional properties of lentil protein isolates prepared by different drying methods. *Food Chemistry*, 129(4), 1513-1522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.131>

- Kang, M. J., Shin, M. S., Park, J. N. ve Lee, S. S. (2005). The effects of polyunsaturated:saturated fatty acids ratios ve peroxidisability index values of dietary fats on serum lipid profiles ve hepatic enzyme activities in rats. *British Journal of Nutrition*, 94(4), 526-532. <https://doi.org/10.1079/bjn20051523>
- Karami, Z. ve Akbari-adergani, B. (2019). Bioactive food derived peptides: a review on correlation between structure of bioactive peptides ve their functional properties. *Journal of Food Science ve Technology*, 56(2), 535-547. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3549-4>
- Khalil, A. H. ve Mansour, E. H. (1999). Characteristics of low-fat beefburgers as influenced by various types of wheat fibres. *Journal of the Science of Food ve Agriculture J Sci Food Agric*, 79, 493-498.
- Kiiru, S. M., Kinyuru, J. N., Kiage, B. N., Martin, A., Marel, A. K. ve Osen, R. (2020). Extrusion texturization of cricket flour ve soy protein isolate: Influence of insect content, extrusion temperature, ve moisture-level variation on textural properties. *Food Science ve Nutrition*, 8(8), 4112-4120. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1700>
- Kim, H. W., Setyabrata, D., Lee, Y. J., Jones, O. G. ve Kim, Y. H. B. (2016). Pre-treated mealworm larvae ve silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 38, 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.023>
- Kim, T. K., Lee, M. H., Yong, H. I., Jung, S., Paik, H. D., Jang, H. W. ve Choi, Y. S. (2020). Effect of interaction between mealworm protein ve myofibrillar protein on the rheological properties ve thermal stability of the prepared emulsion systems. *Foods*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/foods9101443>
- Kim, T. K., Yong, H. I., Chun, H. H., Lee, M. A., Kim, Y. B. ve Choi, Y. S. (2020). Changes of amino acid composition ve protein technical functionality of edible insects by extracting steps. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23(2), 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.12.017>
- Kim, T. K., Yong, H. I., Kim, Y. B., Kim, H. W. ve Choi, Y. S. (2019). Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, ve research trends. İçinde *Food Science of Animal Resources* (C. 39, Sayı 4, ss. 521-540).

- Korean Society for Food Science of Animal Resources.  
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e53>
- King, D. A., Hunt, M. C., Barbut, S., Claus, J. R., Cornforth, D. P., Joseph, P., Brad Kim, Y. H., Lindahl, G., Mancini, R. A., Nair, M. N., Merok, K. J., Milkowski, A., Mohan, A., Pohlman, F., Ramanathan, R., Raines, C. R., Seyfert, M., Sørheim, O., Suman, S. P. ve Weber, M. (2022). American meat science association guidelines for meat Color measurement. *Meat ve Muscle Biology*, 6(4).  
<https://doi.org/10.22175/mmb.12473>
- Kingwascharapong, P., Chaijan, M. ve Karnjanapratum, S. (2021). Ultrasound-assisted extraction of protein from Bombay locusts ve its impact on functional ve antioxidative properties. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96694-w>
- Kinyuru, J., Kenji, G. ve Njoroge, M. (2009). *Process development, nutrition ve sensory qualities of wheat buns enriched with edible termites (Macrotermes subhylanus) from Lake Victoria region, Kenya.*
- Kołodziejczak, K., Onopiuk, A., Szpicer, A. ve Poltorak, A. (2022). Meat Analogues in the Perspective of Recent Scientific Research: A Review. *Foods*, 11(1).  
<https://doi.org/10.3390/foods11010105>
- Krawczyk, A., Fernández-López, J. ve Zimoch-Korzycka, A. (2024). Insect Protein as a Component of Meat Analogue Burger. *Foods*, 13(12).  
<https://doi.org/10.3390/foods13121806>
- Kreider, R. B. ve Campbell, B. (2009). Protein for exercise ve recovery. *Physician ve Sportsmedicine*, 37(2), 13-21. <https://doi.org/10.3810/psm.2009.06.1705>
- Krongdang, S., Phokasem, P., Venkatachalam, K. ve Charoenphun, N. (2023). Edible Insects in Thailand: An Overview of Status, Properties, Processing, ve Utilization in the Food Industry. *Foods*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/foods12112162>
- Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Verma, R., Punia, S., Mahapatra, A., Belwal, T., Dahuja, A., Joshi, S., Berwal, M. K., Satankar, V., Bhoite, A. G., Amarowicz, R., Kaur, C. ve Kennedy, J. F. (2021). Advances in the plant protein extraction: Mechanism ve recommendations. *Food Hydrocolloids*, 115.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106595>

- Kumar, P., Abubakar, A. A., Verma, A. K., Umaraw, P., Adewale Ahmed, M., Mehta, N., Nizam Hayat, M., Kaka, U. ve Sazili, A. Q. (2022). New insights in improving sustainability in meat production: opportunities ve challenges. *Critical Reviews in Food Science ve Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2096562>
- Kumar, S. ve Pandey, G. (2020). Biofortification of pulses ve legumes to enhance nutrition. *Heliyon*, 6(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03682>
- Kurek, M. A., Onopiuk, A., Pogorzelska-nowicka, E., Szpicier, A., Zalewska, M. ve Póltorak, A. (2022). Novel Protein Sources for Applications in Meat-Alternative Products Insight ve Challenges. *Foods*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/foods11070957>
- Lam, A. C. Y., Can Karaca, A., Tyler, R. T. ve Nickerson, M. T. (2018). Pea protein isolates: Structure, extraction, ve functionality. *Food Reviews International*, 34(2), 126-147. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1242135>
- Laokuldilok, T. ve Kanha, N. (2015). Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying ve freeze drying. *LWT*, 64(1), 405-411. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.015>
- Lee, H., Yildiz, G., dos Santos, L. C., Jiang, S., Andrade, J. E., Engeseth, N. J. ve Feng, H. (2016). Soy protein nano-aggregates with improved functional properties prepared by sequential pH treatment ve ultrasonication. *Food Hydrocolloids*, 55, 200-209. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.022>
- Lee, J. H., Fukumoto, M., Nishida, H., Ikeda, I. ve Sugano, M. (1989). *The Interrelated Effects of n-6/n-3 ve Polyunsaturated/ Saturated Ratios of Dietary Fats on the Regulation of Lipid Metabolism in Rats*. <https://academic.oup.com/jn/article-abstract/119/12/1893/4738181>
- Leidy, H. J., Clifton, P. M., Astrup, A., Wycherley, T. P., Westerterp-Plantenga, M. S., Luscombe-Marsh, N. D., Woods, S. C. ve Mattes, R. D. (2015). The role of protein in weight loss ve maintenance. *American Journal of Clinical Nutrition*, 101(6), 1320S-1329S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.084038>

- Li, P., Yin, Y. L., Li, D., Kim, W. S. ve Wu, G. (2007). Amino acids ve immune function. İçinde *British Journal of Nutrition* (C. 98, Sayı 2, ss. 237-252). <https://doi.org/10.1017/S000711450769936X>
- Li, X., Dong, Y., Sun, Q., Tan, X., You, C., Huang, Y. ve Zhou, M. (2022). Growth ve Fatty Acid Composition of Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Are Influenced by Dietary Fat Sources ve Levels. *Animals*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/ani12040486>
- Lin, S. S., Wu, C. H., Sun, M. C., Sun, C. M. ve Ho, Y. P. (2005). Microwave-assisted enzyme-catalyzed reactions in various solvent systems. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 16(4), 581-588. <https://doi.org/10.1016/j.jasms.2005.01.012>
- Lin, X., Wang, F., Lu, Y., Wang, J., Chen, J., Yu, Y., Tao, X., Xiao, Y. ve Peng, Y. (2023). A review on edible insects in China: Nutritional supply, environmental benefits, ve potential applications. *Current Research in Food Science*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100596>
- Liu, B. ve Zhou, X. (2015). Freeze-drying of proteins. *Methods in Molecular Biology*, 1257, 459-476. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2193-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2193-5_23)
- López-Gámez, G., del Pino-García, R., López-Bascón, M. A. ve Verardo, V. (2024). From feed to functionality: Unravelling the nutritional composition ve techno-functional properties of insect-based ingredients. İçinde *Food Research International* (C. 178). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113985>
- Ma, K. K., Greis, M., Lu, J., Nolden, A. A., McClements, D. J. ve Kinchla, A. J. (2022). Functional Performance of Plant Proteins. *Foods*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/foods11040594>
- Madej, K. (2009). Microwave-assisted ve cloud-point extraction in determination of drugs ve other bioactive compounds. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 28(4), 436-446. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2009.02.002>
- Mala, T., Sadiq, M. B. ve Anal, A. K. (2021). Comparative extraction of bromelain ve bioactive peptides from pineapple byproducts by ultrasonic- ve microwave-assisted extractions. *Journal of Food Process Engineering*, 44(6). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13709>



- Mamerow, M. M., Mettler, J. A., English, K. L., Casperson, S. L., Arentson-Lantz, E., Sheffield-Moore, M., Layman, D. K. ve Paddon-Jones, D. (2014). Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *Journal of Nutrition*, 144(6), 876-880. <https://doi.org/10.3945/jn.113.185280>
- Mandalari, G., Faulks, R. M., Rich, G. T., Lo Turco, V., Picout, D. R., Lo Curto, R. B., Bisignano, G., Dugo, P., Dugo, G., Waldron, K. W., Ellis, P. R. ve Wickham, M. S. J. (2008). Release of protein, lipid, ve vitamin E from almond seeds during digestion. *Journal of Agricultural ve Food Chemistry*, 56(9), 3409-3416. <https://doi.org/10.1021/jf073393v>
- Maphosa, Y. ve Jideani, V. A. (2017). The Role of Legumes in Human Nutrition. İçinde *Functional Food - Improve Health through Adequate Food*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69127>
- Marathe, S. J., Jadhav, S. B., Bankar, S. B. ve Singhal, R. S. (2017). Enzyme-Assisted Extraction of Bioactives. İçinde *Food Bioactives: Extraction ve Biotechnology Applications* (ss. 171-201). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51639-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51639-4_8)
- Marić, M., Grassino, A. N., Zhu, Z., Barba, F. J., Brnčić, M. ve Rimac Brnčić, S. (2018). An overview of the traditional ve innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes ve by-products: Ultrasound-, microwaves-, ve enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science ve Technology*, 76, 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.022>
- Mariod, A. A. (2020). African edible insects as alternative source of food, oil, protein ve bioactive components. İçinde *African Edible Insects As Alternative Source of Food, Oil, Protein ve Bioactive Components*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32952-5>
- Masoodi, F. A. (2017). Effect of Packaging on Lipid Oxidation, Sensory ve Color Attributes of the Value Added Mutton Meat Balls during Refrigeration. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 7(3). <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.07.00240>
- McKenna, D. R., Mies, P. D., Baird, B. E., Pfeiffer, K. D., Ellebracht, J. W. ve Savell, J. W. (2005). Biochemical ve physical factors affecting discoloration characteristics of

- 19 bovine muscles. *Meat Science*, 70(4), 665-682.  
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.016>
- Mekonnen, M. M. ve Hoekstra, A. Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415.  
<https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Meshulam-Pascoviche, D., David-Birman, T., Refael, G. ve Lesmes, U. (2022). Big opportunities for tiny bugs: Processing effects on the techno-functionality ve digestibility of edible insects. *Trends in Food Science ve Technology*, 122, 265-274.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.012>
- Mishyna, M., Chen, J. ve Benjamin, O. (2020). Sensory attributes of edible insects ve insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science ve Technology*, 95, 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.016>
- Mishyna, M., Keppler, J. K. ve Chen, J. (2021). Techno-functional properties of edible insect proteins ve effects of processing. *Current Opinion in Colloid ve Interface Science*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2021.101508>
- Mishyna, M., Martinez, J. J. I., Chen, J. ve Benjamin, O. (2019). Extraction, characterization ve functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) ve honey bee (*Apis mellifera*). *Food Research International*, 116, 697-706. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.098>
- Mitsuhashi, J. (1997). Insects as traditional foods in Japan. *Ecology of Food Nutrition*, 36(2-4), 187-199. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991514>
- Mitsumoto, M., O'Grady, M. N., Kerry, J. P. ve Joe Buckley, D. (2005). Addition of tea catechins ve vitamin C on sensory evaluation, colour ve lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef ve chicken patties. *Meat Science*, 69(4), 773-779.  
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.010>
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M. ve Bednarova, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - A Review. *Polish Journal of Food ve Nutrition Sciences*, 64(3), 147-157. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>

- Mohamed, E. (2015). Determination of Nutritive Value of the Edible migratory locust *Locusta migratoria*. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology ve Chemistry*, 4(1). [www.ijapbc.com](http://www.ijapbc.com)
- Mohammad, A. W., Ng, C. Y., Lim, Y. P. ve Ng, G. H. (2012). Ultrafiltration in Food Processing Industry: Review on Application, Membrane Fouling, ve Fouling Control. *Food ve Bioprocess Technology*, 5(4), 1143-1156. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0806-9>
- Mohammed, M. H., Williams, P. A. ve Tverezovskaya, O. (2013). Extraction of chitin from prawn shells ve conversion to low molecular mass chitosan. *Food Hydrocolloids*, 31(2), 166-171. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.10.021>
- Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P. ve Buckley, D. J. (1998). Lipid Stability in Meat ve Meat Products. *Meat Science*, 49(1), 73-86.
- Moura, M. A. F. e., Martins, B. de A., Oliveira, G. P. de ve Takahashi, J. A. (2022). Alternative protein sources of plant, algal, fungal ve insect origins for dietary diversification in search of nutrition ve health. *Critical Reviews in Food Science ve Nutrition*, 63(31), 10691-10708. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2085657>
- Müller, H., Lindman, A. S., Brantsaeter, A. L. ve Pedersen, J. I. (2003). *The Serum LDL/HDL Cholesterol Ratio Is Influenced More Favorably by Exchanging Saturated with Unsaturated Fat Than by Reducing Saturated Fat in the Diet of Women*.
- Müller, O. ve Krawinkel, M. (2005). Malnutrition ve health in developing countries. *CMAJ. Canadian Medical Association Journal*, 173(3), 279-286. <https://doi.org/10.1503/cmaj.050342>
- Nakitto, A. M., Muyonga, J. H. ve Nakimbugwe, D. (2015). Effects of combined traditional processing methods on the nutritional quality of beans. *Food Science ve Nutrition*, 3(3), 233-241. <https://doi.org/10.1002/fsn3.209>
- Ndiritu, A. K., Kinyuru, J. N., Kenji, G. M. ve Gichuhi, P. N. (2017). Extraction technique influences the physico-chemical characteristics ve functional properties of edible crickets (*Acheta domesticus*) protein concentrate. *Journal of Food Measurement ve Characterization*, 11(4), 2013-2021. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9584-4>

- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D. ve Charrondiere, U. R. (2016). Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*, 193, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114>
- OECD-FAO *Agricultural Outlook 2021-2030*. (2021). OECD. <https://doi.org/10.1787/19428846-en>
- Oliver, C. N., Ahn, B. W., Moerman, E. J., Goldstein, S. ve Stadtman, E. R. (1987). Age-related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488-5491. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)45598-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)45598-6)
- Omotoso, O. T. (2006). Nutritional quality, functional properties ve anti-nutrient compositions of the larva of *Cirina forda* (Westwood) (Lepidoptera: Saturniidae). *Journal of Zhejiang University. Science. B.*, 7(1), 51-55. <https://doi.org/10.1631/jzus.2006.B0051>
- Omotoso, O. T. (2015). An Evaluation of the Nutrients ve Some Anti-nutrients in Silkworm, *Bombyxmori L.* (Bombycidae: Lepidoptera). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 8(1).
- Omotoso, O. T. ve Adedire, C. O. (2007). Nutrient composition, mineral content ve the solubility of the proteins of palm weevil, *Rhynchophorus phoenicis f.* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Zhejiang University. Science. B.*, 8(5), 318-322. <https://doi.org/10.1631/jzus.2007.B0318>
- Oonincx, D. G. A. B. ve Van Der Poel, A. F. B. (2011). Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, 30(1), 9-16. <https://doi.org/10.1002/zoo.20308>
- Oonincx, D. G. A. B., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J. J. A. ve van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas ve ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*, 5(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- Öztürk, B. ve Serdarolu, M. (2018). Effects of Jerusalem artichoke powder ve sodium carbonate as phosphate replacers on the quality characteristics of emulsified chicken meatballs. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(1), 26-42. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.38.1.026>

- Özdemir, E. E., Görgüç, A., Gençdağ, E. ve Yılmaz, F. M. (2022). Physicochemical, functional ve emulsifying properties of plant protein powder from industrial sesame processing waste as affected by spray ve freeze drying. *LWT*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112646>
- Pandurangan, M. ve Kim, D. H. (2015). A novel approach for in vitro meat production. *Applied Microbiology ve Biotechnology*, 99(13), 5391-5395. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6671-5>
- Park, Y. S., Choi, Y. S., Hwang, K. E., Kim, T. K., Lee, C. W., Shin, D. M. ve Han, S. G. (2017). Physicochemical properties of meat batter added with edible silkworm pupae (*Bombyx mori*) ve transglutaminase. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 351-359. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.351>
- Paul, A., Frederich, M., Megido, R. C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F., Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G. ve Danthine, S. (2017). Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans ve *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 337-340. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001>
- Payne, C. L. R., Scarborough, P., Rayner, M. ve Nonaka, K. (2016). A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, ve comparison with reference values. *Trends in Food Science ve Technology*, 47, 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.012>
- Pereira, N., Ferrarese-Filho, O., Matsushita, M. ve de Souza, N. (2003). Proximate composition ve fatty acid profile of *Bombyx mori* L. chrysalis toast. *Journal of Food Composition ve Analysis*, 16(4), 451-457. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00016-4](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00016-4)
- Pereira, P. M. de C. C. ve Vicente, A. F. dos R. B. (2013). Meat nutritional composition ve nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93(3), 586-592. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018>
- Pérez-Palacios, T., Ruiz, J., Martín, D., Grau, R. ve Antequera, T. (2010). Influence of pre-cure freezing on the profile of volatile compounds during the processing of Iberian hams. *Journal of the Science of Food ve Agriculture*, 90(5), 882-890. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3899>

- Phongthai, S., Lim, S. T. ve Rawdkuen, S. (2016). Optimization of microwave-assisted extraction of rice bran protein ve its hydrolysates properties. *Journal of Cereal Science*, 70, 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.06.001>
- Pickova, J. (2018). *The house cricket Acheta domesticus, a potential source of protein for human consumption*. <https://stud.epsilon.slu.se>
- Poore, J. ve Nemecek, T. (2018). *Reducing food's environmental impacts through producers ve consumers*. <http://science.sciencemag.org/>
- Popkin, B. M., Adair, L. S. ve Ng, S. W. (2012). Global nutrition transition ve the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition Reviews*, 70(1), 3-21. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x>
- Preece, K. E., Hooshyar, N., Krijgsman, A., Fryer, P. J. ve Zuidam, N. J. (2017). Intensified soy protein extraction by ultrasound. *Chemical Engineering ve Processing - Process Intensification*, 113, 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2016.09.003>
- Puri, M., Sharma, D. ve Barrow, C. J. (2012). Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in Biotechnology*, 30(1), 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2011.06.014>
- Purschke, B., Meinschmidt, P., Horn, C., Rieder, O. ve Jäger, H. (2018a). Improvement of techno-functional properties of edible insect protein from migratory locust by enzymatic hydrolysis. *European Food Research ve Technology*, 244(6), 999-1013. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3017-9>
- Purschke, B., Tanzmeister, H., Meinschmidt, P., Baumgartner, S., Lauter, K. ve Jäger, H. (2018b). Recovery of soluble proteins from migratory locust (*Locusta migratoria*) ve characterisation of their compositional ve techno-functional properties. *Food Research International*, 106, 271-279. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.067>
- Ramos-Elorduy, J. (1997). Insects: A sustainable source of food? *Ecology of Food Nutrition*, 36(2-4), 247-276. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991519>
- Rocchetti, G., Leni, G., Rebecchi, A., Dordoni, R., Giuberti, G. ve Lucini, L. (2024). The distinctive effect of different insect powders as meat extenders in beef burgers

- subjected to cooking ve in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 442. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138422>
- Rodríguez Furlán, L. T., Padilla, A. P. ve Campderrós, M. E. (2010). Inulin like lyoprotectant of bovine plasma proteins concentrated by ultrafiltration. *Food Research International*, 43(3), 788-796. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.11.015>
- Rodríguez Furlán, L. T., Padilla, A. P. ve Campderrós, M. E. (2014). Development of reduced fat minced meats using inulin ve bovine plasma proteins as fat replacers. *Meat Science*, 96(2), 762-768. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.015>
- Rodríguez-Rodríguez, M., Barroso, F. G., Fabrikov, D. ve Sánchez-Muros, M. J. (2022). In Vitro Crude Protein Digestibility of Insects: A Review. *Insects*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/insects13080682>
- Rosegrant, M. W., Leach, N. ve Gerpacio, R. V. (1999). “Meat or wheat for the next millennium?” Plenary lecture. Alternative futures for world cereal ve meat consumption. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), 219-234. <https://doi.org/10.1017/s0029665199000312>
- Rozi, P., Mamattohti, W., Yang, X., Kelimu, A., Askar, G., Ma, S. ve Yadikar, N. (2021). Optimization of Ultrafiltration Membrane Separation Technology ve Characterization of Peptides from Bovine Bone Marrow. *International Journal of Peptide Research ve Therapeutics*, 27(1), 703-717. <https://doi.org/10.1007/s10989-020-10119-2>
- Ruedt, C., Gibis, M. ve Weiss, J. (2023). Meat color ve iridescence: Origin, analysis, ve approaches to modulation. *Comprehensive Reviews in Food Science ve Food Safety*, 22(4), 3366-3394. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13191>
- Rumpold, B. A. ve Schlüter, O. K. (2013). Potential ve challenges of insects as an innovative source for food ve feed production. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 17, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
- Saito, M. ve Kubo, K. (2003). Relationship between tissue lipid peroxidation ve peroxidizability index after  $\alpha$ -linolenic, eicosapentaenoic, or docosahexaenoic acid intake in rats. *British Journal of Nutrition*, 89(1), 19-28. <https://doi.org/10.1079/bjn2002731>

- Sathivel, S., Yin, H., Bechtel, P. J. ve King, J. M. (2009). Physical ve nutritional properties of catfish roe spray dried protein powder ve its application in an emulsion system. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.011>
- Saunders, J. (2010). Malnutrition: causes ve consequences. *Clinical Medicine*, 10(6), 624-631.
- Scanlan, J. C., Grant, W. E., Hunter, D. M. ve Milner, R. J. (2001). Habitat ve environmental factors influencing the control of migratory locusts (*Locusta migratoria*) with an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*). *Ecological Modelling*, 136, 223-236. [www.elsevier.com/locate/ecolmodel](http://www.elsevier.com/locate/ecolmodel)
- Scholliers, J., Steen, L. ve Fraeye, I. (2020). Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: Effect of heating temperature ve insect:Meat ratio on structure ve physical stability. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102535>
- Schösler, H., Boer, J. de ve Boersema, J. J. (2012). Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. *Appetite*, 58(1), 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.09.009>
- Schratter, P. (2004). Purification ve Concentration by Ultrafiltration. İçinde *Methods in Molecular Biology* (C. 244, ss. 101-116). Humana Press.
- Séré, A., Bougma, A., Bazié, B. S. R., Traoré, E., Parkouda, C., Gnankiné, O. ve Bassolé, I. H. N. (2021). Chemical composition, energy ve nutritional values, digestibility ve functional properties of defatted flour, protein concentrates ve isolates from *Carbula marginella* (Hemiptera: Pentatomidae) ve *Cirina butyrospermi* (Lepidoptera: Saturniidae). *BMC Chemistry*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13065-021-00772-z>
- Shamim, G., Ranjan, S. K., Pandey, D. M. ve Ramani, R. (2014). Biochemistry ve biosynthesis of insect pigments. *European Journal of Entomology*, 111(2), 149-164. <https://doi.org/10.14411/eje.2014.021>
- Simatos, D., Roudaut, G. ve Champion, D. (2011). *Analysis ve Measurement of Water Activity Definition ve Significance of Water Activity*.



- Skaf, R., Popov, G. B. ve Roffey, J. (1990). The desert locust: an international challenge. *Philosophical Transactions - Royal Society of London, B*, 328(1251), 525-538. <https://doi.org/10.1098/rstb.1990.0125>
- Soglia, F., Petracci, M. ve Ertbjerg, P. (2016). Novel DNPH-based method for determination of protein carbonylation in muscle ve meat. *Food Chemistry*, 197, 670-675. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.038>
- Soyer, A., Özalp, B., Dalmiş, Ü. ve Bilgin, V. (2010). Effects of freezing temperature ve duration of frozen storage on lipid ve protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry*, 120(4), 1025-1030. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.042>
- Srigiripura, C. V., Kotebagilu, N. P. ve Urooj, A. (2019). In vitro starch ve protein digestibility of disease specific nutrition formulations. *Current Research in Nutrition ve Food Science*, 7(1), 66-74. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.7.1.07>
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J. ve Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 89, 129-151. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.001>
- Sürek Ece ve Uzun Pınar. (2020). Geleceğin Alternatif Protein Kaynağı: Yapay Et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758840>
- Switkowski, K. M., Jacques, P. F., Must, A., Fleisch, A. ve Oken, E. (2019). Associations of protein intake in early childhood with body composition, height, ve insulin-like growth factor i in mid-childhood ve early adolescence. *American Journal of Clinical Nutrition*, 109(4), 1154-1163. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy354>
- Tacias-Pascacio, V. G., Morellon-Sterling, R., Siar, E. H., Tavano, O., Berenguer-Murcia, Á. ve Fernandez-Lafuente, R. (2020). Use of Alcalase in the production of bioactive peptides: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 2143-2196. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.060>
- Talens, C., Llorente, R., Simó-Boyle, L., Odriozola-Serrano, I., Tueros, I. ve Ibargüen, M. (2022). Hybrid Sausages: Modelling the Effect of Partial Meat Replacement with Broccoli, Upcycled Brewer's Spent Grain ve Insect Flours. *Foods*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/foods11213396>

- Tas, A. A. ve Shah, A. U. (2021). The replacement of cereals by legumes in extruded snack foods: Science, technology ve challenges. *Trends in Food Science ve Technology*, 116, 701-711. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.016>
- Tilman, D. ve Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability ve human health. *Nature*, 515(7528), 518-522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>
- Tuomisto, H. L. ve Teixeira De Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science ve Technology*, 45(14), 6117-6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>
- Türker, İ., Koç, B. ve İşleroğlu, H. (2018). Püskürtmeli-Dondurarak Kurutma İşleminin Maltodekstrinin Fiziksel Özelliklerine Etkisi. 43(2), 197-210. <https://doi.org/10.153237/gida.GD17101>
- Urbina, P., Marin, C., Sanz, T., Rodrigo, D. ve Martinez, A. (2021). Effect of hhp, enzymes ve gelatin on physicochemical factors of gels made by using protein isolated from common cricket (*Acheta domesticus*). *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040858>
- Villaseñor, V. M., Enriquez-Vara, J. N., Urías-Silva, J. E. ve Mojica, L. (2022). Edible Insects: Techno-functional Properties Food ve Feed Applications ve Biological Potential. *Food Reviews International*, 38(S1), 866-892. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1890116>
- Virginia, M., Maritza, G., Horacio, S., Héctor, D. J. ve Concepción, C. (2011). Quality proteins from edible indigenous insect food of latin America ve Asia. *Emirates Journal of Food ve Agriculture*, 23(3), 283-289. <http://ejfa.info/>
- Walkowiak, K., Kowalczewski, P. L., Kubiak, P. ve Baranowska, H. M. (2019). Effect Of Cricket Powder Addition On 1h Nmr Mobility ve Texture Of Pork Pate. *Journal of Microbiology, Biotechnology ve Food Sciences*, 9(2), 191-194. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.2.191-194>
- Wang, L. ve Weller, C. L. (2017). Effect of Silkworm Pupae Peptide on the Fermentation ve Quality of Yogurt. *Journal of Food Processing ve Preservation*, 41(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.12893>
- Wang, Q., Wang, Y., Huang, M., Hayat, K., Kurtz, N. C., Wu, X., Ahmad, M. ve Zheng, F. (2021). Ultrasound-assisted alkaline proteinase extraction enhances the yield of

- pecan protein ve modifies its functional properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105789>
- Wang, W., Wang, N., Liu, C. ve Jin, J. (2017). Effect of Silkworm Pupae Peptide on the Fermentation ve Quality of Yogurt. *Journal of Food Processing ve Preservation*, 41(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.12893>
- Wang, Z., Yu, H., Xia, J., Zhang, F., Li, F., Xia, Y. ve Li, Y. (2012). Novel GO-blended PVDF ultrafiltration membranes. *Desalination*, 299, 50-54. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.05.015>
- Wani, A. A., Kaur, D., Ahmed, I. ve Sogi, D. S. (2008). Extraction optimization of watermelon seed protein using response surface methodology. *LWT*, 41(8), 1514-1520. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.10.001>
- Wen, L., Álvarez, C., Zhang, Z., Poojary, M. M., Lund, M. N., Sun, D.-W. ve Tiwari, B. K. (2021). Optimisation ve characterisation of protein extraction from coffee silverskin assisted by ultrasound or microwave techniques. *Biomass Conversion ve Biorefinery*, 11, 1575-1585. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00712-2/Published>
- Wen, Z.-G., Xie, M., Fouad, A. M., Tang, J., Maqbool, U., Huang, W. ve Hou, S. S. (2015). The effect of feed consumption levels on growth performance ve apparent digestibility of nutrients in White Pekin ducks. *Journal of Applied Animal Research*, 43(1), 112-117. <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.928624>
- Witte, V. C., Kraijseand, G. F. ve Bailey, M. E. (1970). *A New Extraction Method for Determining Z-Thiobarbituric Acid Values of Pork ve Beef During Storage*.
- World Health Organization., Food ve Agriculture Organization of the United Nations. ve United Nations University. (2007). *Protein ve amino acid requirements in human nutrition*. World Health Organization.
- Wu, G. (2016). Dietary protein intake ve human health. *Food ve Function*, 7(3), 1251-1265. <https://doi.org/10.1039/c5fo01530h>
- Wu, G., Fanzo, J., Miller, D. D., Pingali, P., Post, M., Steiner, J. L. ve Thalacker-Mercer, A. E. (2014). Production ve supply of high-quality food protein for human consumption: Sustainability, challenges, ve innovations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1321(1), 1-19. <https://doi.org/10.1111/nyas.12500>

- Wu Xiao, C. (2008). Health Effects of Soy Protein ve Isoflavones in Humans. *J. Nutr*, 138, 1244-1249.
- Wyness, L. (2016). The role of red meat in the diet: Nutrition ve health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 227-232. <https://doi.org/10.1017/S0029665115004267>
- Xie, Y., Cai, L., Zhao, D., Liu, H., Xu, X., Zhou, G. ve Li, C. (2022). Real meat ve plant-based meat analogues have different in vitro protein digestibility properties. *Food Chemistry*, 387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132917>
- Xie, Y., Ma, Y., Cai, L., Jiang, S. ve Li, C. (2022). Reconsidering Meat Intake ve Human Health: A Review of Current Research. *Molecular Nutrition ve Food Research*, 66(9). <https://doi.org/10.1002/mnfr.202101066>
- Xu, Z., Wu, T., Shi, J., Teng, K., Wang, W., Ma, M., Li, J., Qian, X., Li, C. ve Fan, J. (2016). Photocatalytic antifouling PVDF ultrafiltration membranes based on synergy of graphene oxide ve TiO<sub>2</sub> for water treatment. *Journal of Membrane Science*, 520, 281-293. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.07.060>
- Yang, J., Zhou, S., Kuang, H., Tang, C. ve Song, J. (2023). Edible insects as ingredients in food products: nutrition, functional properties, allergenicity of insect proteins, ve processing modifications. *Critical Reviews in Food Science ve Nutrition*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2223644>
- Yhoun-Aree, J., Puwastein, P. ve Attig, G. A. (1997). Edible insects in Thailand: An unconventional protein source? *Ecology of Food Nutrition*, 36(2-4), 133-149. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991511>
- Yılmaz, F. M., Görgüç, A. ve Gençdağ, E. (2021). *Recovery ve Purification of Antioxidant Compounds from Plant Origin Agro-Industrial By-products* (ss. 1-24). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45299-5\\_24-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45299-5_24-1)
- Yılmaz, F. M. ve Zungur Bastioğlu, A. (2020). Production of phenolic enriched mushroom powder as affected by impregnation method ve air drying temperature. *LWT*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109036>
- Yu, X., He, Q. ve Wang, D. (2021). Dynamic Analysis of Major Components in the Different Developmental Stages of *Tenebrio molitor*. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.689746>

- Zayas, J. F. (1997). Oil ve Fat Binding Properties of Proteins. İçinde *Functionality of Proteins in Food* (ss. 228-259).
- Zhang, Y., Holman, B. W. B., Ponnampalam, E. N., Kerr, M. G., Bailes, K. L., Kilgannon, A. K., Collins, D. ve Hopkins, D. L. (2019). Understanding beef flavour ve overall liking traits using two different methods for determination of thiobarbituric acid reactive substance (TBARS). *Meat Science*, *149*, 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.018>
- Zhu, Z., Luo, X., Yin, F., Li, S. ve He, J. (2018). Clarification of Jerusalem Artichoke Extract Using Ultra-filtration: Effect of Membrane Pore Size ve Operation Conditions. *Food ve Bioprocess Technology*, *11*(4), 864-873. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2054-0>
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K. ve Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, *77*, 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>
- Zielińska, E., Karaś, M. ve Baraniak, B. (2018). Comparison of functional properties of edible insects ve protein preparations thereof. *LWT*, *91*, 168-174. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.058>
- Zulkifli, N. F. N. M., Seok-Kian, A. Y., Seng, L. L., Mustafa, S., Kim, Y. S. ve Shapawi, R. (2022). Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods. *PLoS ONE*, *17*(2 February). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263924>

## BİLİMSEL ETİK BEYANI

“Emülsifiye tavuk köftesinde et ikamesi olarak çekirge (*Locusta migratoria*) protein tozu kullanım olanaklarının araştırılması” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Can DİNÇER

12.08.2024

## ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı : Dinçer, Can  
Yabancı Dil : İngilizce

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi (Yıl)
Yüksek Lisans	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	.....
Lisans	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2022

### BURS ve ÖDÜLLER

**TÜBİTAK 2209:** Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı, “Aydın’da Yetişen *Hypericum Perforatum* Uçucu Yağının ve Biyoaktif Germakren D Bileşenin Yara İyileşmesi Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması” Projesi Kapsamında Yürütücülük, 2020-2021.

**TÜBİTAK 3501:** Kariyer Geliştirme Programı “Alternatif Protein Kaynağı Olarak Çekirge (*Locusta migratoria*): Yüksek Safılıkta Protein Tozu Üretimi, Karakterizasyonu ve Gıda Formülasyonlarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması” Proje Kapsamında Bursiyer, 2022-2024

### LİSANS OKUL DERECEİ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2021-2022 Dönem Bölüm Birincisi.

## İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Unvan
2022	Megalab Mühendislik Ltd. Şti., Aydın	Stajyer Gıda Mühendisi
2021	Pro Natural Gıda Ltd.Şti., Muğla	Stajyer Gıda Mühendisi

## BİLDİRİLER

### A) Uluslararası Kongrelerde Yapılan Bildiriler

**Dinçer, C., Çakır, B., Girgin, Z. ve Zungur Bastıoğlu, A.** Çekirge (*Locusta migratoria*) Kullanılarak Emülsifiye Tavuk Köftesi Üretiminde Et İkamesi Olarak Kullanılma Olanaklarının Araştırılması, ISPEC 14. Uluslararası Tarım, Hayvan Bilimleri ve Kırsal Kalkınma Konferansı, (22-24 Mart 2024, İzmir, Türkiye).