



**DANA ETİ MİYOFİBRİLER PROTEİNLERİNİN  
FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI ET  
KATKI MADDELERİNİN ETKİLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Armin BJELAK**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı  
Danışman: Doç Dr. Hasan Murat VELİOĞLU**

**2020**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANA ETİ MİYOFİBRİLER PROTEİNLERİNİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE BAZI ET KATKI MADDELERİNİN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Armin BJELAK**

**TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Doç Dr. Hasan Murat VELİOĞLU**

**TEKİRDAĞ-2020**

**Her hakkı saklıdır.**



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Armin BJELAK

İMZA



Bu tez TÜBİTAK tarafından 217O088 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Doç Dr. Hasan Murat VELİOĞLU danışmanlığında, Armin BJELAK tarafından hazırlanan “Dana Eti Miyofibriler Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Bazı Et Katkı Maddelerinin Etkilerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 24.04.2020 tarihinde Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul/red edilmiştir.

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Hasan Murat VELİOĞLU

*İmza:*

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ufuk BAĞCI

*İmza:*

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kadir Gürbüz GÜNER

*İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DANA ETİ MİYOFİBRİLER PROTEİNLERİNİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI ET KATKI MADDELERİNİN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Armin BJELAK**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç Dr. Hasan Murat VELİOĞLU

Et endüstrisinde, et ve et ürünlerinin üretim aşamalarında proteinler büyük rol oynar. Proteinlerin yapısal ve fonksiyonel özellikleri ürünün son halini etkilemektedir. Bu nedenle proteinlerin özelliklerden maksimum derecede faydalanarak mükemmel ürünü elde etmek, et endüstrisinin amacıdır. Proteinlerin emülsiyon kapasitesi, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, köpürme gibi fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek üzere çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, tuz (NaCl) ve fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) ortamında, farklı pH'larda miyofibriler proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan protein, tuz ve fosfat miktarları, et endüstrisinde ürünlerin üretiminde bulunan ve kullanılan miktarlara göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Proteinlerin, izole edildikten sonra kalitatif olarak değerlendirilmesi SDS-PAGE jel elektroforezi kullanılarak yapılmıştır. Proteinlerin fonksiyonel özelliklerinden; emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi, köpük kapasitesi ve stabilitesi, su tutma kapasitesi ve yağ tutma kapasitesi incelenmiştir. Emülsifiye edici özelliklerine bakıldığında, kontrol grubunun (sadece protein) sonuçları; EAİ (emülsiyon aktivite indeksi) 4,98  $m^2/g$  ve ESİ (emülsiyon stabilite indeksi) 128,3 dakika olarak saptanmıştır. Protein, NaCl ve fosfat kombinasyonunda, EAİ için pH 10'da 8,51  $m^2/g$  protein en yüksek olarak bulunmuştur. En yüksek ESİ sonucu ise, protein ve tuz kombinasyonunda pH 8'de 230,8 dakika bulunmuştur. Su tutma kapasitesine bakıldığında, kontrol grubunun sonucu, 0,8 ml su/g protein olarak saptanmıştır. Protein ve fosfat kombinasyonu ile en yüksek sonuç, pH 6 ve pH 8'de 1,9 ml su/ g protein bulunmuştur. Yağ tutma kapasitesi için, kontrol grubunun sonucu 5,4 ml yağ/ g protein olarak saptanmıştır. En yüksek sonuç, protein ve fosfatın buldukları ortamda, pH 6'da 8,3 ml yağ/g protein olarak bulunmuştur. Köpük özelliklerine bakıldığında, kontrol grubunun sonuçları, köpük kapasitesi (FC) %40 olarak saptanmış ve köpük stabilitesi (FS) %20 olarak bulunmuştur. Protein, tuz ve fosfatın bulunduğu ortamda, en yüksek FC pH 10'da %90 olarak bulunmuştur. En yüksek FS sonucu, protein ve tuz/ protein ve fosfat ortamlarda, pH 4'te %100 olarak bulunmuştur. Tuz ve fosfat, katkı maddeleri olarak eklendiklerinde, miyofibriler proteinlerin fonksiyonel özelliklerini önemli ölçüde geliştirdikleri saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Miyofibriler protein, Fonksiyonel özellik, Emülsiyon, Köpük

2020, 50 sayfa

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### INVESTIGATING THE EFFECTS OF SOME ADDITIVES ON FUNCTIONAL PROPERTIES OF BEEF MYOFIBRILLAR PROTEINS

**Armin BJELAK**

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agriculture Biotechnology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr Hasan Murat VELİOĞLU

In the meat industry, proteins play a big role in the production stages of meat and meat products. The structural and functional properties of proteins affect the final form of the product, and therefore it is the purpose of the meat industry to make maximum use of the properties of the proteins and to obtain the perfect product. Many studies have been conducted to improve the functional properties of proteins such as emulsion capacity, water absorption / retention capacity, oil absorption / retention capacity, foaming properties. In this study, it was investigated how salt (NaCl) and phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) affect the functional properties of myofibrillar proteins at different pHs. The amount of protein, salt and phosphate used in the study were calculated according to the amounts found and used in the production of products in the meat industry. SDS-PAGE gel electrophoresis was performed to qualitatively evaluate the proteins after isolation. From protein functional features; emulsion activity and stability, foam capacity and stability, water absorption capacity and oil absorption capacity were examined. Considering emulsifying properties of proteins, the results of the control group (plain protein); EAI (emulsion activity index) was  $4,98 \text{ m}^2 / \text{g}$  and ESI (emulsion stability index) was 128,3 minutes. In the combination of protein, NaCl and Phosphate; EAI  $8.51 \text{ m}^2 / \text{g}$  protein was found to be the highest at pH 10. The highest ESI result was 230,8 minutes at pH 8 in combination of protein and salt. The presence of salt and phosphate was found to significantly improve the emulsifying properties of proteins. Considering the water absorption capacity, the result of the control group was determined as 0,8 ml of water / g protein. With the combination of protein and phosphate, the highest result was 1,9 ml water / g protein at pH 6 and pH 8. Salt and phosphate increase the water absorption capacity by providing the proteins to swell. For fat absorption capacity, the result of the control group was determined as 5,4 ml fat / g protein. The highest result was found as 8,3 ml fat / g protein at pH 6 in the environment where protein and phosphate were found. Considering the foaming properties, the results of the control group, the foam capacity (FC) was 40%, and the foam stability (FS) was 20%. In the environment where protein, salt and phosphate were found, the highest FC was found to be 90% at pH 10. The highest FS result was found to be 100% in protein and salt / protein and phosphate media, at pH 4.

**Key words:** Myofibrillar protein, Functional property, Emulsion, Foam

2020, 50 pages

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ.....</b>	<b>v</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>TEŞEKKÜR.....</b>	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>4</b>
2.1. Miyofibriler Proteinler .....	4
2.1.1. Miyozin.....	5
2.1.2. Aktin .....	5
2.1.3. Tropomiyosin.....	6
2.1.4. Troponin .....	6
2.1.5. $\alpha$ -Aktinin.....	6
2.2. Miyofibriler Proteinlerle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar.....	6
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>15</b>
3.1. Materyal.....	15
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Malzemeler.....	16
3.2. Yöntem .....	16
3.2.1. Protein İzolasyonu .....	16
3.2.2. SDS-PAGE Elektrofrezisi .....	16
3.2.3. Su ve yağ tutma kapasiteleri .....	18
3.2.4. Emülsifiye edici özellikler.....	18
3.2.5. Köpürme özellikleri.....	19
3.3. İstatistik Analizleri.....	20
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>21</b>
4.1. SDS-PAGE Elektrofrezisi .....	21
4.2. Su Tutma Kapasitesi .....	22
4.3. Yağ Tutma Kapasitesi.....	25
4.4. Emülsifiye Edici Özellikleri (EAI VE ESI).....	27
4.5. Köpük Kapasitesi ve Stabilitesi .....	32
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>35</b>



<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>37</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>43</b>



## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 4.1. SDS-PAGE jel elektroforezi. Bant 1: Miyofibril proteinler yıkamadan sonra, Bant 2: Sarkoplazmik protein ve Bant 3: Miyozin .....	21
Şekil 4.2. Farklı pH'larda 0,04g NaCl+Protein karışımının su tutma kapasitesindeki değişim (ml/g) .....	22
Şekil 4.3. Farklı pH'larda 0,004g Fosfat+Protein karışımının su tutma kapasitesindeki değişim (ml/g) .....	22
Şekil 4.4. Farklı pH'larda 0,04g NaCl+0,004g Fosfat+Protein karışımının su tutma kapasitesindeki değişim (ml/g) .....	23
Şekil 4.5. Farklı pH'larda 0,04g NaCl+Protein karışımının yağ tutma kapasitesindeki değişim (ml/g) .....	25
Şekil 4.6. Farklı pH'larda 0,004g Fosfat+Protein karışımının yağ tutma kapasitesindeki değişim (ml/g) .....	25
Şekil 4.7. Farklı pH'larda 0,04g Tuz+0,004g Fosfat+Protein karışımının yağ tutma kapasitesindeki değişim (ml/g) .....	26
Şekil 4.8. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+Protein karışımının emülsiyon aktivite ( $m^2/g$ ) indeksindeki değişim .....	27
Şekil 4.9. Farklı pH'larda 0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon aktivite ( $m^2/g$ ) indeksindeki değişim .....	28
Şekil 4.10. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon aktivite( $m^2/g$ ) indeksindeki değişim .....	28
Şekil 4.11. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+Protein karışımının emülsiyon stabilite(min) indeksindeki değişim .....	29
Şekil 4.12. Farklı pH'larda 0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon stabilite(min) indeksindeki değişim .....	29
Şekil 4.13. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon stabilite(min) indeksindeki değişim .....	30
Şekil 4.14. Farklı pH'larda 0,03g Tuz+Protein karışımının köpük kapasitesi(%) ve stabilitesi(%) değerlerindeki değişim .....	32
Şekil 4.15. Farklı pH'larda 0,01g Fosfat+Protein karışımının köpük kapasitesi(%) ve stabilitesi(%) değerlerindeki değişim .....	33
Şekil 4.16. Farklı pH'larda 0,03g Tuz+0,01g Fosfat+Protein karışımının köpük kapasitesi (%) ve stabilitesi (%) değerindeki değişim .....	33

## SİMGELER VE KISALTMALAR

$\mu\text{M}$	: Mikromolar
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
ml	: Mililitre
g	: G
kDa	: Kilodalton
$\text{PO}_4^{3-}$	: Fosfat
NaCl	: Tuz
EAI	: Emülsiyon Aktivite İndeksi
ESI	: Emülsiyon Stabilite İndeksi
FC	: Köpük Kapasitesi
FS	: Köpük Stabilitesi
WAC	: Su Tutma Kapasitesi
FAC	: Yağ Tutma Kapasitesi
m	: Metre

## TEŞEKKÜR

Tezimin her aŐamasında bŸyŸk desteğini gŸrdŸęŸm danışman hocam Sayın Doç.Dr. Hasan Murat VELIOęLU' na, tezim boyunca yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım isil CEBECİ, BŸkre ORAL, NeŐe ŖZDİN, Tuęba SŸTŸ, BŸŐra YŸRŸK ve Mert YŸRŸK'e desteklerinden dolayı teŐekkŸrlerimi sunarım. Ayrıca maddi manevi destekleriyle tŸm hayatım boyunca yanımda olan ve benden desteklerini hibir zaman esirgemeyen kıymetli aileme teŐekkŸrŸ bor bilirim.

Nisan, 2020

Armin BJELAK  
Ziraat MŸhendisi

## 1. GİRİŞ

Et proteinleri üç guba ayrılmaktadır;1.Miyofibriler (tuzda çözünen proteinler), 2.Sarkoplazmik (suda çözünen proteinler) ve 3.Bağ doku proteinleri.

Yirmiden fazla miyofibriler protein bilinmektedir ve bu proteinlerin altı tanesi miyofibriler protein grubunun %90'ını oluşturmaktadır. Ette en yüksek oranda bulunan proteinler; miyosin, aktin, titin, tropomiyosin, troponin ve nebulindir. Miyofibriler proteinlerden en fazla miktarda bulunan miyosin ve aktin, en yüksek teknolojik öneme sahiptir.

Sarkoplazmik proteinler; çözüner sarkoplazmik ve mitokondriyal enzimler, miyogloblin, hemogloblin, sitokromlar ve flavoproteinler gruplarından oluşmaktadır. Bu proteinler suda ve iyonik gücü düşük çözeltilerde çözünen proteinlerdir.

Bağ doku proteinleri, suda ve iyonik gücü yüksek tuz çözeltilerinde çözünmez olan proteinlerdir. Kolajen, elastin ve retikulin bu grubun temsilcileridir.

Et ve gıda endüstrisinde, daha iyi ürün elde etmek amacıyla, proteinlerin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek için çeşitli gıda katkı maddeleri kullanılmaktadır.

Gıda katkı maddesi, tek başına gıda olarak tüketilmeyen veya gıdanın karakteristik bileşeni olarak kullanılmayan, besleyici değeri olan veya olmayan, teknolojik bir amaç doğrultusunda üretim, muamele, işleme, hayırlama, ambalajlama, taşıma veya depolama aşamalarında gıdaya ilave edilmesi sonucu kendisi ya da yan ürünleri, doğrudan ya da dolaylı olarak o gıdanın bileşeni olması beklenen maddelerdir (Anonim, 2013).

Tatlandırıcılar, renklendiriciler, koruyucular, antioksidanlar, asitler, hacim arttırıcılar, emülgatörler, aroma arttırıcılar ve stabilizörler gıda katkı maddelerinden sadece bazılarıdır. Her ülkede bulunan gıda mevzuatında, bu maddelerin hangi miktarlarda kullanılması gerektiği bildirilmiştir.

Et ve et ürünleri insanlar için önemli protein kaynaklarıdır. Et ürünlerinin işlenmesi sırasında çiğ et proteinleri her zaman ağ yapısı oluştururlar ve çok çeşitli fonksiyonel özellikleri sergilerler. Et işleme (kıyma, tuzlama, pişirme ve ışınlama), proteinlerin fizikokimyasal durumunu ve bileşimlerini ve böylece ürünlerin dokusal, duyuşal ve beslenme özelliklerini etkileyebilir (Visessanguan, Benjakul, Riebroy ve Thepkasikul, 2004).

Et ve et ürünlerinin kalite nitelikleri, genellikle protein işlevselliği, yani ham ve bitmiş ürünlerinin fiziksel ve duyuşsal özelliklerini etkileyen proteinlerin doğal veya proses kaynaklı özellikleri açısından tanımlanır. Örneğın, kıyma haline getirilmiş etlerin üç boyutlu bir jel matrisi oluşturma, yağı emülsifiye etme ve doğal ve ilave suyu tutma kabiliyeti en önemli fonksiyonel özelliklerden bazılarıdır. Bu fizikokimyasal süreçler, ürün dokusunu, bütünlüğünü, fiziksel stabilitesini, pişirme verimini, görünümünü ve dolayısıyla lezzetliliği ve tüketici kabulünü büyük ölçüde etkiler (Xiong ve Kenney, 1999).

İşlenmiş etler, kasın kendisi başta olmak üzere polisakkaritler, lezzet maddeleri, tuz ve fosfatlar dahil olmak üzere çeşitli kas dışı bileşenlerden oluşan heterojen sistemlerdir. Proteinlerin, gıdaların fonksiyonel özelliklerinden büyük ölçüde sorumlu oldukları iyi bilinmektedir. Bu sonuç, 60'lı yılların başlarında Fukazawa, Hashimoto ve Yasui (1961) tarafından yürütölen öncü araştırmalara ve daha sonra yapılan çok sayıda çalışmaya dayanmaktadır.

Genellikle işlenmiş etlerde ve izole edilmiş sistemlerde, proteinlerin fonksiyonel davranışlarının aynı faktörler; proteinin özellikleri, sıcaklık, pH ve iyonik koşullar tarafından kontrol edildiği kabul edilir (Xiong ve Kenney, 1999).

İzole edilmiş miyofibriler proteinlerin emülsifikasyon ve jelasyon özellikleri, çiğ ve pişmiş et hamurları ile ilgili stabilite konularının çoğunu açıklayabilir (Barbut, 1995; Galluzzo ve Regenstein, 1978; Jones, 1984).

Tuzlu etin hidrasyon özellikleri, miyofibriler matristeki protein-su etkileşimini ve tuz kaynaklı yapısal değişiklikleri açıkça yansıtır (Offer ve Trinick, 1983; Parsons ve Knight, 1990).

Benzer şekilde, bağlanma mukavemeti ve hazırlanmış et ürünlerinin dokusu ve bütünlüğü, büyük ölçüde et parçacık yüzeyine ekstrakte edilen veya ürün formülasyonuna ilave edilen tuzda çözünen proteinlerin jel oluşturma özellikleri ile açıklanabilir (Fukazawa vd., 1961; Siegel ve Schmidt, 1979).

Etteki en önemli "fonksiyonel" protein miyozindir veya miyozinin aktin ile oluşturduğu aktomiyozin kompleksleridir (Xiong ve Kenney, 1999).

İyi dengelenmiş bir hidrofilitik-hidrofobikliğe ve büyük, uzun lifli bir yapıya sahip olduğu için miyozin, yüksek oranda elastik jel matrisleri ve ufalanmış veya emülsifiye etlerde yapışkan, sert bir yağ globül membranı oluşturabilir (Xiong ve Kenney, 1999).

Et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri, ister iyonik ister iyonik olmayan yapıda olsun, kas dışı bileşenlerin varlığından etkilenir. Fosfat bileşikleri, özellikle piro ve tripolifosfatlar, miyofilamentler arasındaki elektrostatik itmeyi artırır ve muhtemelen aktomiyozin kompleksini ayırma yetenekleri nedeniyle, düşük tuzlu (< %1,5 NaCl) etin hidrasyonu üzerinde dikkate değer etkilere sahiptir (Bendall, 1954).

Bununla birlikte, fosfatların ufalanmış (Kıyma) etlerde protein jeli ağ oluşumuna müdahale ettiği bulunmuştur (Robe ve Xiong, 1993; Torley ve Young, 1995).

Benzer şekilde, birçok polisakkarit, dikkate değer su bağlama potansiyeli sergilemelerine rağmen, et proteinlerinin jelleşme ve emülsiyon yapma yeteneğini azaltır, böylece su için rekabet ederek ve protein-protein ve protein-lipit etkileşimlerini bozarak yeniden birleştirilmiş et ürünlerinin dokusunu zayıflatma eğilimindedir (Xiong ve Blanchard, 1993).

Öte yandan, bazı katyonlar, özellikle Zn, Mg ve Ca, belirli spesifik işleme koşulları altında düşük konsantrasyonlarda kullanıldıklarında, işlenmiş etlerdeki proteinlerin jelleşmesini, emülsifikasyonunu ve su bağlanmasını artırabilir (Barbut ve Mittal, 1988; Xiong ve Brekke, 1991).

Bu çalışmada, tuz ve fosfatın proteinlerle aynı ortamda bulunması ve farklı ortam pH'larının, miyofibriler proteinlerin bazı fonksiyonel özelliklerini nasıl etkiledikleri araştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Miyofibriler Proteinler

Proteinler, gıda endüstrisinde sadece besin değerleri nedeniyle değil, aynı zamanda “fonksiyonel özellikler” olarak bilinen diğer tüm özellikler nedeniyle gerekli bileşenlerdir (Fligner ve Mangino, 1991).

Proteinler; doğal, toksik olmayan, ucuz ve yaygın olarak bulunmalarından dolayı ideal bileşenler haline gelmektedir (Cabra, Arreguin ve Farres, 2008).

Miyofibriler proteinler işlevlerine göre üç gruba ayrılır; kontraktıl (miyosin ve aktin), regülatör (tropomiyosin ve troponin) ve hücre iskeletini oluşturan proteinler (titin, nebulin vs.). Miyofibriler proteinler, tuzda çözünen proteinlerdir.

Son yirmi yılda çok sayıda miyofibriler protein izoformu keşfedilmiştir. Geliştirilmiş peptit haritalama teknikleri ve immünohistokimyasal analizler kullanılarak daha fazla izoform tanımlanmaktadır. Yaklaşık 20 miyofibrilik bileşen arasında miyozin, aktin, tropomiyozin, troponin ve a-aktinin, kapsamlı araştırmalara konu olan proteinlerdir (Xiong ve Blanchard, 1994).

Miyofibriler proteinler arasında miyozin yaklaşık %50-58 ve aktin %22 civarındadır. Troponin ve tropomiyosin ile birlikte, miyofibriler proteinler kas kasılması ve ölüm sonrası sertlik olaylarından sorumludur (Xiong, 1994). Miyofibriler proteinler aynı zamanda et ürünlerinin su tutma ve emülsifiye edici özelliklerinden sorumlu ana proteinlerdir (Venugopal ve Shahidi, 1996).

Su tutma kapasitesinin, ozmotik basıncın, su aktivitesinin ve duyuşal özelliklerin korunmasında önemli bir rol oynayan, gerekli bir bileşen olarak kabul edilen ve aynı zamanda koruyucu bir etkiye sahip olan NaCl, çeşitli et ve et ürünlerine eklenir (Choi vd., 2014). NaCl, suda çözüldüğünde Na<sup>+</sup> katyonu ve Cl<sup>-</sup> anyonuna ayrılır; tuz, lezzetin iyileştirilmesi, mikroorganizma büyümesinin inhibisyonu ve tuzda çözünür proteinlerin ekstraksiyonu dahil olmak üzere et ve et ürünlerinin kalitesini ve tadını etkileyen çeşitli aktivitelere sahiptir (Kim vd., 2018; Theno, Siegel ve Schmidt, 1978; Xiong, Lou, Wang, Moody ve Harmon, 2000). Ek olarak, proteinlerinin şişmelerini sağladığı için, fosfat bazen et ve et ürünlerinde et



proteininin su tutma kapasitesini ve iyonik gücünü arttırmak ve pişirme kaybını azaltmak için kullanılır (Xiong vd., 2000).

### **2.1.1. Miyozin**

Miyozin, dört hafif zincir ve iki ağır zincirden oluşan ve memeli canlılarda iskelet miyofibrillerindeki toplam proteinin yaklaşık % 43'ünü içeren bir heksamik proteindir (Khalili ve Zarkadas, 1988; Yates ve Greaser, 1983). Ağır zincirlerin her birinin molekül ağırlığı yaklaşık 200 kDa'dır ve dört hafif zincir, 15 ila 27 kDa arasında değişen molekül ağırlıklarına sahiptir. Ağır zincirler, proteolitik enzimler tarafından iki parçaya ayrılabilir; hafif meromiyozin (kuyruk veya çubuk kısmı) ve ağır meromiyozin (baş kısmı). Bu parçalanma genellikle miyozin molekülünün biyokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini karakterize etmek için gereklidir. Miyozin başı ATP, aktin ve hafif zincir bağlanma bölgeleri içerir ve miyozin çubuğu miyozinin kendiliğinden birleşmesini ve kalın filament omurgasının oluşumunu açıklar. Miyozin, görünüşte kırmızı ve beyaz kaslar arasında ve iskelet ve kalp kasları arasında türler arasında değişen, böylece çeşitli miyosin izoformları üreten genler tarafından kodlanır (Gauthier, Lowey, 1977; Pette, Staron, 1990; Robbins, Freyer, Chisholm, Gilliam, 1982; Robbins, Horan, Gulick, Kropp, 1986). Miyozin ağır ve hafif zincirlerinin çeşitli izoformlarının varlığı ve miyosinin heksamik yapısı, kas liflerinde teorik olarak çok sayıda izomiyosin oluşturulmasını mümkün kılar. Aslında, elektroforetik analiz, iskelet kaslarındaki çeşitli izomiyosinlerin bir arada varlığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, et hayvanlarının hem iskelet hem de kardiyak kaslarındaki miyozin, görünüşte farklı izozmik formlardan veya izomerlerden oluşur. Daha sofistike analitik araçların veya tekniklerin ortaya çıkmasıyla, araştırmacılar daha fazla miyozin varyantını belirleyebilirler (Xiong, 1994).

### **2.1.2. Aktin**

Aktin, miyofibriler kütlenin yaklaşık %22'sini oluşturan en bol bulunan ikinci miyofibril proteindir (Yates ve Greaser, 1983). İskelet ve kalp kaslarında aktin, moleküler ağırlığı yaklaşık 43 kDa olan polimerize globüler monomerlerden oluşan çift sarmal filamentler olarak bulunur. Miyozinin aksine, aktin kas lifi tipleri ve çeşitli kas kaynakları arasında çok az değişen bir dizi ile nispeten korunur (Billeter, Heizmann, Reist, Howald, Jenny, 1982).

### 2.1.3. Tropomiyosin

Tropomiyosin, sırasıyla 34 ve 36 kDa moleküler ağırlığa sahip  $\alpha$ - ve  $\beta$ - tropomiyosin olarak adlandırılan iki farklı alt birimden oluşan dimerik bir proteindir.  $\alpha$  - ve  $\beta$ -alt birimleri birleşerek üç olası dimer oluşturabilir,  $\alpha / \alpha$ ,  $\beta / \beta$  ve  $\alpha / \beta$ . Üç dimerin dağılımı farklı kaslarda değişir (Xiong, 1994).

### 2.1.4. Troponin

Troponin, sırasıyla 18,23 ve 37 kDa moleküler ağırlıklarına sahip troponin-C, -I ve -T olarak adlandırılan üç farklı alt birimden oluşan bir komplekstir (Greaser ve Gergely, 1971). Üç alt birimin de hızlı ve yavaş izoformlara sahip olduğu gözlenmiştir (Clarke, Lovell, Masters ve Winzor, 1976; Dhoot, Freason ve Perry, 1979; Syska, Perry ve Trayer, 1974).

### 2.1.5. $\alpha$ -Aktinin

$\alpha$ -Aktinin, aktin filamanlarını bağlayan Z-bantlarında (disklerde) bulunan ana bileşendir (Takahashi ve Hattori, 1989). Alt birimleri yaklaşık 100 kDa olan dimerik bir proteindir. Ultra Yapısal olarak, farklı fiber türleri farklı Z-bandı düzenlemeleri ve genişlikleri içerir (Dutson, Pearson ve Merkel, 1974; Rowe, 1973).

## 2.2. Miyofibriler Proteinlerle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Miyofibriler proteinlerin yapısal ve fonksiyonel özelliklerinden maksimum düzeyde yararlanmak amacıyla geçmişten günümüze çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Gelişen teknoloji ve tüketicilerinin çeşitli istekleri ile optimum kalitedeki ürünü elde etmek amacı ile, miyofibriler proteinlerin fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek için farklı gıda katkı maddelerinin eklenmesi, basınç uygulamaları, sıcaklık uygulamaları gibi çeşitli yöntemler çalışmalarda kullanılmaktadır. Kullanılan katkı maddelerinin hem ürünün son halini pozitif olarak etkilemeleri gerekmektedir hem de insanların sağlığına hiçbir şekilde zarar vermemelidir.

Cheng, Zhu ve Liu (2020) yapmış olduğu çalışmada baskın olarak dut polifenolleri ile zenginleştirilmiş sosis içinde sunulan siyanidin 3-O-glukozit, siyanidin 3-O-rutinosid, kafeik asit, kuarsetin ve rutin tarafından modifiye edilen miyofibriler proteinlerinin yapısal ve fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. Bu fenolik bileşikler, önemli karbonil ve  $\epsilon$ -NH<sub>2</sub> kayıpları ve belirgin floresan söndürme etkisiyle, miyofibriler proteinlerinin yapısını belirgin

bir şekilde etkilemiştir. Modifiye miyofibriler proteinlerin antioksidatif aktivitesi artmış, ancak termal stabiliteleri azalmıştır. Rutin ile modifiye edilmiş miyofibriler proteinlerin termal stabilitesinde bir değişiklik olmamış, ancak emülsifiye edici özellikler geliştirilmiştir. Kuarsetin, miyofibriller proteinlerinin ikincil yapısı üzerinde çok az etkisi vardır. Kafeik asit, miyofibriler proteinlerde,  $\alpha$ -heliks  $\beta$ -pilili tabakasına dönüşümünü tetiklemiş ve sonuçta ortaya çıkan protein, tüm numuneler arasında en güçlü floresan söndürme, çözünürlük ve antioksidan aktiviteyi sergilemiştir. Sonuç olarak, sonuçlar tüm fenolik bileşiklerin et ürünü kalitesindeki değişikliklerle ilişkili olduğunu, kafeik asit ve rutin en kritik olanlar olduğunu göstermiştir.

Bir diğer çalışmada, su ile yıkama döngülerinin sayısının, dişi çipura etinden proteinlerin yakın kompozisyonu, fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Protein, yağ, kül ve protein olmayan azotun içeriği, yıkama döngüsü sayısı ile birlikte önemli bir azalma göstermiştir. Düşük moleküler ağırlıklı bileşenlerin uzaklaştırılması ve yüksek moleküler ağırlıklı bileşenlerin konsantrasyonundaki artış, jel eriyiği profili ve sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) ile teyit edilmiştir. Su tutma, yağ tutma ve emülsiyon kapasitesi parametreleri, yıkama döngüsü sayısı ile pozitif bir korelasyon göstermiştir. Jel oluşturma kabiliyeti, yıkama döngüsü sayısı ile belirgin bir gelişme göstermiştir. Yıkanmamış ve yıkanmış etin dinamik viskoelastik davranışı, bir yapı oluşturma reaksiyonu göstermiş ve bir kez yıkanan ette daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Yıkanmamış ve yıkanmış etten elde edilen toplam protein çözeltisinin akışkan davranışı, psödoplastik bir davranış göstermiştir (Karthikeyan, Dileep ve Shamasundar, 2005).

Nahar, Zakaria, Hashim ve Bari 2017'de yaptığı çalışmada, pH ve tuz konsantrasyonunun kesilmiş ve kesilmemiş broyler etinin protein çözünürlüğü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Üç tür tuz ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ve  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ), beş farklı pH seviyesi (5,0, 6,0, 7,0, 8,0 ve 9,0) ve beş tuz konsantrasyonu (0,4, 0,8, 1,2, 1,6 ve 2,0 M) incelenmiştir. Her tuz türü, kesilmiş ve kesilmemiş et proteini çözünürlüğü için farklı aktiviteler göstermiştir. Çözünür protein konsantrasyonu, pH 5,0'dan 8,0'a yükseldikçe artmış ve pH 8,0'dan 9,0'a düşmüştür. Tuz konsantrasyonu arttıkça protein çözünürlüğünün arttığı da gözlenmiştir. Protein çözünürlüğü kesilmeyen ette kesilen ete göre önemli ölçüde artmıştır (1,2 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  için pH 8,0 de).

Amiri, Sharifian, Soltanzadeh 2018'de yaptığı çalışmada, yüksek yoğunluklu ultrasonun (20 kHz) süresi (10, 20 ve 30 dakika) ve gücünün (100 ve 300 W) sığır

miyofibriler proteinlerinin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmekle beraber, fonksiyonel özelliklerinin değiştirilmesi için yeni bir süreci araştırmıştır. Sonuçlar, ultrasonun süresinin ve gücünün artmasının pH'ı artırdığını göstermiştir. Ayrıca, su tutma kapasitesi ve jel mukavemeti, pH artırılarak geliştirilmiştir. pH, reaktif sülfhidril içeriği, su tutma kapasitesi ve jel mukavemetindeki en yüksek değer, 300 W'da 30 dakikalık ultrasona tabi tutulan numunede elde edilmiştir. Ultrason uygulamasından sonra ultrason dalgalarının kaviteasyon kuvveti nedeniyle proteinlerin partikül boyutu dağılımı azalmıştır. Bu durumda, emülsifiye edici özelliklerde bir gelişme elde edilebilir. Ultrasonik dalgaların miyofibriler proteinlerin reolojik özellikleri üzerinde önemli etkileri olmuştur. Muamele edilmiş numuneler kontrolden daha elastik ve daha sertti, ancak her bir güçte 30 dakikalık tedaviden sonra ters eğilim gözlemlenmiştir. Son olarak, sonikasyon süresinin ve gücünün artırılmasıyla viskozitede bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Ultrasonik uygulamanın, miyofibriler proteinlerin fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirebileceği gösterilmiştir.

Bertram, Kristensen ve Andersen 2004'te yaptığı çalışmada, miyofibriler proteinler domuz kasından ekstrakte edilmiş ve su özellikleri düşük nükleer manyetik rezonans (NMR) T2 relaksometri kullanılarak karakterize edilmiştir. Bozulmamış et ve et içeriğindeki su içeriği ile karşılaştırılabilir paterne çok benzeyen bir T2 gevşeme paterni gözlenmiştir, bu da miyofibriler yapılarının etteki suyun çoğunun tutulmasından sorumlu olduğunu göstermektedir. Ortam pH'nın 5,4, 6,2 ve 7,0'a ve iyonik kuvvetin sırasıyla 0,29, 0,46 ve 0,71 M'ye ayarlanarak numunelerdeki pH ve iyonik kuvvetin etkisi araştırılmıştır. Numunelerdeki su içeriği artan pH ve iyonik kuvvet ile önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca, ortalama T2 gevşeme süreleri, artan pH ve iyonik güç ile benzer şekilde artmıştır; bu, artan su tutma oranının miyofibrillerin şişmesine ve dolayısıyla filamentler arasındaki boşluğun artmasına neden olabileceğini göstermiştir. Bu çalışma NMR T2 relaksometrisinin pH ve iyonik güç gibi işleme faktörlerinin etin mikro yapısını nasıl etkilediğini göstermek için potansiyel bir araç olduğunu göstermiştir.

Bir diğer çalışmada, bakteriyel transglutaminazın sığır kalbi miyofibriler protein konsantrasyonunun fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirilmiştir. Hidrasyon ve agregasyon dereceleri ve emülsifiye edici özellikler üzerine çalışılmıştır. Çalışmada miyofibriler proteinlerinin polimerizasyon derecesinin, enzim konsantrasyonuna ve zamana bağlı olduğu gösterilmiştir. Fonksiyonel özellikler açısından en iyi sonuçlar, 0,3g

transglutaminaz / 100 g protein ile 35 °C'de 60 dakika sonunda elde edilmistir. Bu araştırma transglutaminazın, geliştirilmiş fonksiyonel özelliklere sahip miyofibriler protein agregatlarının üretimi için kullanılabileceğini doğrulamıştır (Ionescu, Aprodu, Daraba ve Porneala, 2008).

Kijowski ve Niewiarowicz 1978'de yaptığı çalışmada, normal, PSE ve DFD tipi broyler göğüs kaslarından izole edilmiş miyofibriler, sarkoplazmik ve her iki protein fraksiyonunun bir karışımı için emülsiyon kapasitesi (EC) ve emülsiyon stabilitesini (ES) incelenmiştir. Yukarıda belirtilen üç çeşit etlik piliçten formüle edilen sosis karışımlarındaki EC ve ES'nin yanı sıra dondurarak depolama sürecinin etteki EC ve ES üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Genel olarak, miyofibril proteinler sarkoplazmik olanlardan çok daha yüksek EC ve ES göstermiştir. Her iki proteinin karışımında EC ve ES'nin ara değerleri bulunmuştur. Normal broyler etinden (pH 6,2) kaynaklanan miyofibril ve sarkoplazmik proteinler, PSE ve DFD tipi et proteinlerinden daha iyi EC ve ES göstermiştir. Sosis karışımlarındaki EC, başlangıç pH'ından etkilenmemiş, etin başlangıç pH değerlerinden etkilenen EC ve ES'de önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Sosis karışımındaki EC, broyler göğüs kaslarının başlangıç pH'ından etkilenmemiş, ancak en iyi ES, normal broyler eti içeren karışımda bulunmuştur. PSE tipi etten hazırlanan karışım ara ES değerleri göstermiş ve DFD tipi et içeren karışım en düşük ES'yi göstermiştir. Sosis etlerinden %2 sodyum klorür kullanılarak ekstrakte edilen proteinlerden (pH 6,5), normal etten üretilen örneklerde en yüksek EC'yi ortaya çıkarmıştır. 3 ay boyunca dondurarak depolama EC'yi ve özellikle broyler göğüs kaslarındaki ES'yi azaltmıştır.

Srikar ve Reddy 1991'de yaptığı bir diğer çalışmada; ilk tazeliğin, dondurulmuş depolanmış kıyma balıklarının emülsiyonlaştırma kapasitesi ve protein çözünürlüğü arasındaki ilişki üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Proteinlerin emülsifiye etme kapasitesi başlangıçtaki tazeliğinden önemli ölçüde etkilenmiştir ( $P < 0,05$ ). Protein çözünürlüğü ile çözünür proteinlerin bir emülsiyonu emülsifiye etme ve stabilize etme yeteneği arasında pozitif bir korelasyon ( $P = 0,05$ ) gözlenmiştir. Tuzda çözünen proteinler ile emülsiyonlaştırma kapasitesi arasındaki korelasyon, miyofibriler proteinlerin ( $P < 0,05$ ) emülsiyon özelliklerine karar veren ana proteinler olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Çeşitli ürünlerde et kullanımını genişletmek için, yüksek basınçlı homojenizasyon (HPH) ile indüklenen suda çözünür miyofibriler proteinlerin (WSMP) karakterizasyonu ve işlevleri soya proteini izolatu (SPI) ve peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) ile

karşılaştırılarak belirlenmiştir. WSMP, esas olarak miyosin, aktin ve tropomiyosinden oluşan yüksek protein içeriğine (%87,40) sahip bir protein kompleksidir. WSMP'nin esansiyel amino asitleri, okul öncesi çocuklar için FAO / WHO / UNO (2007) standartlarına ulaşmıştır ve WSMP'nin lizin ve kükürt içeren amino asitlerinin içeriği, SPI'ninkinden daha yüksektir ve bu da çocuk formülasyonları için arzu edilir olmasını sağlamaktadır. WSMP, suda çözünürlüğü SPI'ninkine benzer, ancak WPI'ninkinden daha düşük iken, daha yüksek yüzey hidrofobikliği göstermiştir. WSMP üstün su / yağ tutma kapasiteleri ve emülsifiye edici özellikler göstermiştir. WSMP'nin lifsel yapısı ve yüksek hidrofobik aktivite özellikleri, mikron altı damlacık boyutuna sahip yağ damlacıklarını stabilize edebilmiştir ve sonuç olarak mükemmel emülsifiye edici özelliklerinden sorumlu olmuştur (Chen, Li, Zhou, Liu ve Xu, 2017).

Aspartik proteinaz (AP) ve papainin, et proteinleri ve sığır hassasiyeti (sulu olma, yapısı) üzerindeki bağıl etkileri, kolajende hidroksiprolin salınımı ve miyofibriler proteinlerin parçalanması ölçülerek değerlendirilmiştir. Hassasiyet, Warner-Bratzler yöntemi ile objektif olarak ölçülmüştür. AP, miyofibriler proteinlerin kendi kendini sınırlayan hidrolizini göstermiştir, bu da et hassasiyetinde %25 ila %30 iyileşme sağlamıştır ve et işlemede sıklıkla karşılaşılan pH, tuz, fosfat ve askorbat konsantrasyonlarından olumsuz etkilenmemiştir. Papainin yumuşatıcı etkisi nedeniyle, öncelikle pişirme sırasında ifade edilmiştir ve donmuş veya soğutulmuş depolama sırasında hassasiyette önemli değişikliklere (s. 0,05) neden olmamıştır. Ayrıca 60 °C'nin üzerindeki pişirme sıcaklıklarında inaktive edilmiş, bu nedenle artık proteaz aktivitesi ile ilişkili olabilecek istenmeyen yan etkileri ortadan kaldırılmıştır (Ashie, Sorensen ve Nielsen, 2002).

*Scoliodon laticaudus*'un (Köpek balığı) buz depolama özellikleri, fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklere referansla değerlendirilmiştir. Toplam azot muhtevası, 4,27 g / 100 g et başlangıç değerinden 3,90g / 100g değerine düşürülmüştür. Nem içeriği çok fazla değişiklik göstermemiştir. %1,09 etteki içerik, protein olmayan ilk azot muhtevası, buz depolama sırasında %0,98'e düşürülmüştür. 12 günlük buz depolama sırasında köpek balığı etinin üre içeriği %25 azalmıştır. Proteinlerin çözünürlüğü, %87,9 değerine ulaşan bir başlangıç artışı gösterdi, bu da buz depolama ile daha da azalmıştır. Jel filtrasyon profili ve SDS-PAGE paterni, protein fraksiyonlarının birikmesini gösterdi ve ayrıca küçük moleküler ağırlık fraksiyonlarına ayrılma veya yarıma göstermiştir. Protein konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak azaltılmış viskozite eğrisinin eğimi, buz saklama süresi ile azalmıştır. 12 günlük buz depolamadan sonra köpekbalığı etinden gelen proteinlerin emülsiyon kapasitesi, 0,18 mL yağ

/ mg protein değerinden 0,14 mL yağ / mg proteine düşürülmüştür. Dinamik viskoelastik ölçüm, jel kuvveti, eksprese edilebilir su içeriği ve katlama testi ile izlenen köpekbalığı etinin jel oluşturma kabiliyeti, köpekbalığı etinin jel oluşturma konusunda mükutmal bir kabiliyete sahip olduğunu ve bu özelliğin buz saklama sırasında marjinal olarak azaldığını göstermiştir (Matthew ve Shamasundar, 2002).

Sarma, Reddy ve Srikar, 2000 yılında yaptığı çalışmada, lipitler ve işlenmiş Hint yağı sardalya proteinlerinin fonksiyonel özelliklerine dondurulmuş depolama etkisi (*Sardinella longiceps*) araştırılmıştır. -20°C'de depolama sırasında lipitlerde meydana gelen değişiklikler ve işlenmiş yağ sardalyasının proteinlerinin fonksiyonel özellikleri 12 hafta boyunca takip edilmiştir. Dondurulmuş depolanmış sardalya etinin lipitlerinde ve fonksiyonel özelliklerinde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Lipid oksidasyonu ve hidroliz derecesi, protein çözünürlüğünün azalmasıyla güçlü bir şekilde bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. Protein çözünürlüğünde (PS) azalma emülsiyonlaştırma kapasitesindeki (EC) azalma, çözünür protein ekstraktlarının bağıl viskozitesi (RV), su bağlama kapasitesi ve pişirme kaybı ile negatif korelasyon göstermiştir. PS ile çözünür proteinlerin bir emülsiyonu emülsiyon haline getirme ve stabilize etme yeteneği arasında pozitif bir korelasyon kurulmuştur. SSP & EC ve PS & EC arasındaki yüksek pozitif korelasyon, miyofibriler proteinlerin emülsiyon özelliklerine karar veren ana protein olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Bir diğer çalışma, dielektrik bariyer deşarjı (DBD) plazmasının sığır etinden ekstrakte edilen miyofibriler proteinler üzerindeki etkilerini araştırmak için tasarlanmıştır. Bu amaçla, miyofibriler proteinler Longissimus dorsi kasından ekstrakte edilmiş ve serbest sülfhidril ve karbonil, FTIR ve DSC profillerinin yanı sıra pH, renk, köpüklenme kapasitesini değerlendirmek için DBD plazma ile 0, 5, 10, 15 ve 20 dakika işlenmiştir. Miyofibriler proteinlerin stabilitesi, emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi ve su bağlama kapasitesi belirlenmiştir. Kimyasal değişikliklerin değerlendirilmesi, protein oksidasyonunun DBD plazmasına maruz kalma sırasında meydana gelen ana olay olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, maruziyetin ilk 10 dakikası boyunca hafif oksidasyonun, miyofibriler proteinlerin fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiği bulunmuştur. Oyle ki sadece köpüklenme kapasitesinde değil, aynı zamanda emülsiyon kapasitesi ve stabilitesinde de önemli artışlar gözlenmiştir. Bununla birlikte, şiddetli oksidasyonun uzun süre maruz kalmaya bağlı fonksiyonel özellikler üzerindeki zararlı etkileri göz ardı edilemez. Uzun süreli maruziyetin sadece önemli ölçüde ( $p<0,05$ ) gelişmiş su bağlama kapasitesine (WBC) yol açtığı gözlenmiştir (kontrol tedavisinde

~%25'ten 20 dakikalık tedavide ~%92'ye yükselmiş). Bu çalışmanın bulguları, gıda endüstrisi tarafından, miyofibriler proteinlerin termal olmayan plazma ile uygun muamelesine yönelik olarak yararlanılabilir olduğunu bildirmiştir (Sharifian, Soltanzadeh ve Abbaszadeh, 2019).

Shi vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek basınçlı homojenizasyon (HPH) basıncının (0, 40, 80 ve 120 MPa), midye miyofibriler proteininin (CMP) fizikokimyasal, fonksiyonel ve reolojik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, HPH'nin CMP ikincil ve üçüncül yapılarını değiştirdiğini göstermiştir. Mutlak zeta potansiyeli ve protein çözünürlüğü artmış, ancak HPH tedavisinden sonra CMP'nin partikül boyutu ve bulanıklığı azalmıştır. Hem emülsifiye edici özellikler hem de köpürme özellikleri önemli ölçüde geliştirilmiştir. Kesme gerilimi, görünür viskozite ve viskozite katsayıları azalmış, ancak akış indeksi artmıştır. HPH uygulaması CMP'nin fizikokimyasal, fonksiyonel ve reolojik özelliklerini geliştirilmiş ve 120 MPa modifikasyon için en uygun basınç seçilmiştir

Çeşitli ürünlerde kabuklu proteinlerin kullanımını genişletmek için, yüksek basınçlı homojenizasyon (YBH) tarafından etkilenen istiridye miyofibril proteininin (İMP) fizikokimyasal, reolojik ve emülsifiye edici özellikleri değerlendirilmiştir. İMP dispersiyonunu tedavi etmek için YBH (0, 40, 80 ve 120 MPa) uygulanmıştır. Sonuçlar, değişen basınçlarda (0, 40, 80 ve 120 MPa) YBH'nin İMP'nin fizikokimyasal, reolojik ve emülsifiye edici özelliklerinde değişikliklere yol açtığını göstermiştir. EAI ESI, AP ve % kremleşme kararlılığı artmış ancak emülsiyon damlacık boyutu dağılımı daha dar hale gelmiştir. YBH tedavisi, İMP reolojik ve emülsifiye edici özelliklerinin geliştirilmesine katkıda bulunmuş ve 80 MPa, modifikasyon için en uygun basınç olduğu tespit edilmiştir. İyileştirilmiş fonksiyonel özelliklerin bulguları, formüle edilmiş gıdalarda protein takviyesi olarak İMP'nin potansiyel kullanımını göstermiştir (Wu vd., 2019).

Domuz eti miyofibriler proteininin (MP) oksidatif özellikleri, fizikokimyasal ve jel özellikleri üzerine farklı formüllere sahip klorür tuzu (KCl, MgCl<sub>2</sub> ve CaCl<sub>2</sub>) karışımları kullanılarak NaCl'nin kısmi ikame edilmesinin etkileri araştırılmıştır. Hidroksil radikalının neden olduğu oksidatif bir sistemde, NaCl, KCl ve MgCl<sub>2</sub> karışımları, MP'nin karbonil içeriğini %25 ve %50 ikame derecesinde arttırılmıştır ve bütün klorür tuzları karışımları MP'nin disülde bağ seviyesini arttırmıştır. Ek olarak, klorür tuzu karışımları MP jellerinde daha düzensiz ve birikmiş yapıya bağlı olarak MP jelinin depolama modülünü, su tutma kapasitesini ve jel mukavemetini, özellikle %50 ikameli oranında önemli ölçüde düşürmüştür.



0,45M NaCl, 0,075 KCl ve 0,025M MgCl<sub>2</sub> içeren MP jeli, kompakyapısından dolayı üstün kalite sergilemiştir. Bu nedenle, NaCl kısmen daha düşük bir ikame edilmiş oranda (%25) KCl ve MgCl<sub>2</sub> ile ikame edilmiştir. Düşük sodyum MP jel ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirebileceği düşünülmüştür (Zheng, Han, Ge, Zhao ve Sun, 2019).

Zhou tarafından yaptığı bir araştırmada, farklı yüksek hızlı kesme homojenizasyon (HSH) hızlarının, az yağlı koşullar altında miyofibriler proteinlerin (MP) emülsifiye edici ve yapısal özellikleri üzerindeki etkilerini dikkate almıştır. Yüksek hızlı kesme homojenizasyonu, MP'lerin düşük hızlarda (8000 ila 14500 rpm) emülsifiye edici aktivitesini ve emülsifiye edici stabilitesini önemli ölçüde arttırmıştır. MP'nin primer yapısı HSH ile önemli ölçüde değişmezken, sekonder, üçüncül ve dördüncül yapıları değiştirilmiştir. Mutlak zeta potansiyel değerleri önemli ölçüde artmış ve hız 14500 rpm'yi aştığında numunenin dendritik fi brous yapısı tahrip edilmiştir. Yüksek hızlı kesme homojenizasyonu (14500 rpm), partikül boyutunu azaltmış ve MP'lerin emülsifiye edici özelliklerini geliştiren proteini ortaya çıkarmıştır. Düşük yağ koşullarında MP'lerin emülsifiye edici ve yapısal özelliklerini değiştirmek için 14500rpm'de optimum HSH hızına ulaşılmıştır (Zhou vd., 2019).

Tuz konsantrasyonlarının ve yıkama döngülerinin proteinlerin ekstraksiyonu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sarkoplazmik proteinler suda kolayca çözünmü (%0 NaCl) ve ilk yıkama aşamalarında uzaklaştırılmıştır. Miyofibriler proteinler nispeten çözünür hale gelmiş ve yoğun yıkama sırasında kaybedilmiştir. Su/et oranının, yıkama süresinin ve yıkama döngülerinin kontrolü miyofibriler protein kaybının azaltılmasında kritik öneme sahiptir. %0,25, %0,5 ve %1 NaCl çözeltileri ile yıkama, miyofibriler protein kaybını azaltmıştır. Bununla birlikte, bu çözeltiler, artan yıkama döngülerinde bile sarkoplazmik proteinlerin uzaklaştırılmasında çok etkili olmamıştır. Yüksek tuz (%2,0 NaCl) yıkaması, sarkoplazmik proteinlerin düşük düzeyde uzaklaştırılması ve azaltılmış miyofibriler protein kaybı ile sonuçlanmıştır (Lin ve Park, 1996).

Sıcak kıyılmış manda ve keçi etlerine sodyum klorür (%2,5) ve tetrasodyum pirofosfat (%1) eklenmesi ile ilgili bazı kalite parametreleri üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Manda eti üzerindeki eJektler soğutulmuş ve dondurulmuş koşullarda, keçi etinde olanlar sıcak ve soğutulmuş koşullarda gözlenmiştir. Bu işlemler pH, su toplama kapasitesi (WHC) ve emülsifiye etme kapasitesini (EC) önemli ölçüde arttırmıştır ve her iki et türünde de pişirme kaybını azaltmıştır. Soğutulmuş ve dondurulmuş koşullar, bufalo eti kalitesini etkilememiş, ancak sıcak kıyılmış keçi etine yapılan tuz ilaveleri, EC ve tuzda çözünür proteinlerin

ekstraksiyonu bakımından soğutulmuş kıymalara yapılan ilavelerden daha üstün olarak belirlenmiştir. Manda eti, keçi eti ve tuz ilavelerinin EC'yi iyileştirmede daha büyük bir etkiye sahip olduğundan daha zayıf WHC ve EC'ye sahip olmuştur. Keçi eti ile tedavi, daha yüksek bir pH artışı ile artan bir WHC ile sonuçlanmıştır. Kalite parametreleri arasında anlamlı korelasyonlar gözlenmiştir (Kondaiah vd., 1985).

Tuz konsantrasyonu ve pH'ın hindi göğsü, uyluk ve bağıt etinin homojenatları ile protein ekstrakte edilebilirliği ve su bağlanmasına etkisi ve ayrıca tuz etinin ve santrifüj kuvvetinin çiğ etin su ile bağlanması ve pişmiş etin su tutulması üzerine etkisi meme ve uyluk çalışılmıştır. Sodyum klorürün 0,3 M'nin üzerindeki konsantrasyonları et homojenatlarının şişmesine neden olmuştur. PH değeri 6,0'a ayarlandığında ve sodyum klorür konsantrasyonları 0,6 M'den yüksek olduğunda, göğüs eti bacak etinden daha fazla şişebilmiştir. Su bağlanması artan pH değeri ile artmıştır. Göğüs eti homojenatları, bacak eti homojenatlarından daha fazla çıkarılabilir proteine sahip olmuş ve hem tuz konsantrasyonu hem de pH arttırılarak protein ekstraksiyonu arttırılmıştır. Pişmiş göğüs eti tuzlu veya tuzsuz bacak etinden daha fazla su tutmuştur. Düşük tuz konsantrasyonlarında, pişmiş göğüs eti çiğ etlerden daha fazla su tutmuş, ancak bu daha yüksek tuz konsantrasyonlarında tersine çevrilmiştir (Richardson ve Jones, 1987).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Bu çalışmada hammadde olarak dana eti (döş bölgesi) kullanılmıştır. Kullanılan dana etinden, analizler yapılmak üzere miyofibriler proteinler izole edilmiştir.

Miyofibriler proteinler üzerindeki etkisi araştırılmak üzere, tuz ve fosfat (en az pH 9,0, sodyum polifosfat karışımı) kullanılmıştır.

Dana eti Tekirdağ'da bulunan yerel bir işletmeden temin edilmiştir.

Tuz ve fosfat miktarları, genel olarak et ürünlerin üretiminde kullanılan miktarlarına göre hesaplanmış ve analizlerde kullanılan 0,1 g miyofibriler proteine bağlı olarak ayarlanmıştır. Bu hesaplamada 100 kg'lık et ürünü (sosis) hamuruna 2 kg tuz ve 500 g fosfat eklendiği kabul edilmiştir. Benzer şekilde üretilecek bir et ürününün %60 oranında kırmızı et içerdiği kabul edilmiştir. Kırmızı ette protein oranı %20 ve bu miktarın yarısı kadarı da miyofibriler proteinlerden oluşacağından model çözeltideki her 0,1 g miyofibriler proteine karşılık yaklaşık 0,03 g tuz ve 0,008 g fosfat kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır. Tez çalışması kapsamında bu değerler orta nokta olarak kabul edilip tuz için 0,01, 0,02, 0,03, 0,04 ve 0,05 g değerleri, fosfat için ise 0,004, 0,006, 0,008, 0,01 ve 0,012 g değerleri deneme deseninde yer almıştır.

Analizler öncesi ön denemeler yapılmıştır. Örneklerden en yüksek protein fonksiyonel özelliği sonuçlarını sergileyen protein+tuz ve protein+fosfat miktarları, pH denemeleri için hazırlanmıştır. Ayrıca, proteinlerin fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak üzere, protein+tuz+fosfat kombinasyonu da kullanılmıştır.

Analizlerde pH 2, 4, 6, 8 ve 10 olarak ayarlanmış ve örnekler arasındaki farklar incelenmiştir.

##### **3.1.1.1. Araştırmada Kullanılan Alet Ve Ekipmanlar**

Araştırmada kullanılan alet ve ekipmanlar şunlardır; Vorteks (Hinotek, QL- 866, Çin), Spektrofotometre (Mecasys Optizen POP, UV-Vis, Kore), Hassas terazi (Ohaus, PA-224-A, İsviçre), Manyetik karıştırıcı (Stuart, CB162, İngiltere), El tipi pH metre (Milwaukee, 02-19, ABD), Su banyosu (JK-WBN-150A, Çin), Elektroforez görüntüleme sistemi (Vilber Lourmat

Quantum ST-1100, Fransa), Santrifüj (Eppendorf, Centrifuge 5804 R, Almanya), Elektroforez güç kaynağı (NANOPAC-300, Cleaver Scientific Ltd, Birleşik Krallık), Vertikal elektroforez hücresi ( JY-SCZ2+, Çin).

### **3.1.2. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Malzemeler**

KCl (Merck), NaOH (Merck), NaCl (Merck), P 990 (Alfasol), Mısır Yağı

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Protein İzolasyonu**

Protein izolasyonu Malva vd. (2018) çalışmasında kullanılan metot modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Yerel bir tedarikçiden alınan dana kıyma etleri, izolasyon yapılmak üzere buzdolabında depolanmıştır. Protein izolasyonunda kullanılacak distile su ve 0,6 M KCl çözeltisi hazırlanmış ve buzdolabında soğutulmuştur. 150 ml distile su ve 10 g dana kıyma eti blendere ( Arçelik K 8240 B-Fit Power Inox 1200 W Blender, Türkiye) aktarılmıştır. 1 dakika boyunca homojenize edilmiş ve 15 ml'lik falkon tüplere aktarılmıştır. Santrifüj kullanılarak 2500 rpm de 10 dk santrifüjlenmiştir. Süpernatant uzaklaştırılmış ve peletler toplanmıştır. Peletler 150 ml soğuk 0,6 M KCl çözeltisi ile blendere aktarılmıştır. 1 dakika boyunca homojenize edildikten sonra, karışım tekrar 15 ml'lik falkon tüplere santrifüj edilmek üzere aktarılmıştır. Örnekler, 2500 rpm de 10 dakika santrifüjledikten sonra elde edilen süpernatant toplanmış ve şırınga kullanılarak filtreden (Millex filtre, 0,45 µm) geçirilmiştir. Daha sonra miyofibriler proteinleri içeren sıvı, etüvde (DHG-9055A,Çin) 30 °C'de kurutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen tozlar, daha da saflaştırılmak üzere, saf su ile karıştırılarak ve santrifüj edilerek, üç defa yıkanmıştır. Saflaştırma sonunda kalan proteinlerden, tekrar toz elde etmek için, etüvde 2 saat boyunca 30 °C'de kurutulmuştur.

### **3.2.2. SDS-PAGE Elektroforezi**

SDS-PAGE, protein karışımlarını kalitatif olarak analiz etmek için en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntem proteinlerin büyüklüğe göre ayrılmasına dayandığı için proteinlerin nispi moleküler kütlelerini belirlemek için de kullanılabilir.

Analizde kullanılan kimyasallar; Stok akrilamid çözeltisi: %30 akrilamid, %0,8 bis-akrilamid, Tamponlar: a) 1,875 M Tris-HCl, pH 8,8, b) 0,6 M Tris-HCl, pH 6,8, %10

Amonyum persülfat, %10 SDS, TEMED, Elektroforez tamponu: Tris (12 g), glisin (57,6 g) ve SDS (2,0 g), Örnek tamponu: 0,6 M Tris-HCl, pH 6,8 (5,0 mL), SDS (0,5g), Sukroz (5,0g),  $\beta$ -Merkaptoetanol (0,25 mL), Bromophenol blue, %0,5 stok (5,0 mL), Protein boyama çözeltisi: %0,1 Coomassie brilliant blue R250, %50 metanol, %10 glacial asetik asit, Destaining çözeltisi: %10 metanol, %7 glacial asetik asit.

Elektoroforez yapılacak numuneler ilk olarak 5 dakika boyunca 95-100 °C'ye ısıtılarak, örnek tamponunda denatüre edilmiştir. Cam plakaların iç yüzeyleri deterjan ile temizlenmiş ve kurulanmıştır. Ardından kaseti oluşturmak için cam plakalar birleştirilmiş ve dikey konumda kelepçelenmiştir. Aşağıdakiler 250 mL Buchner şişesinde karıştırılmıştır; 1,875 M Tris-HCl, pH 8,8 - 8 mL su - 11,4 mL, Stok akrilamid – 20 mL, %10 SDS – 0,4 mL, Amonyum persülfat (%10) – 0,2 mL, 14  $\mu$ L TEMED eklenerek hafifçe karıştırılmıştır.

Bir Pasteur pipeti kullanarak, çözeltiyi cam plakalar arasında dikkatlice bir kenardan geçirerek bu ayırıcı jel karışımı cam plakalar arasına aktarılmıştır. Yükleme kuyusunu oluşturacak şekilde tarak tabanından 1 cm uzakta bir konuma ulaşıncaya kadar bu çözelti eklemeye devam edilmiştir. Jelin pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasını sağlamak için, bir Pasteur pipeti kullanarak damıtılmış suyu bir kenardan kasete doğru dikkatlice akıtılmıştır. 100 mL Buchner şişesinde aşağıdakiler hazırlanmıştır; 0,6 M Tris-HCl, pH 6,8 – 1,0 mL, Stok akrilamid – 1,35 mL, Su – 7,5 mL, %10 SDS – 0,1 mL, Amonyum persülfat (%10) – 0,05 mL.

İstifleme jeli çözeltisine 14 uL TEMED eklenmiş ve polimerize jelin yüzeyini yıkamak için bu çözeltinin bir kısmı (~ 2 mL) kullanılmıştır. Çözelti jel plakasının kesit kenarına ulaşıncaya kadar istifleme jeli çözeltisi jel kasetine eklenmiştir. Kuyu oluşturan tarak bu çözeltiye yerleştirilmiş ve jel oluşmak üzere bırakılmıştır. Tarak istifleme jelinden dikkatlice çıkarılmış ve daha sonra elektroforez tamponu kullanarak herhangi bir polimerize olmayan akrilamid çözeltisi kuyulardan durulanmıştır. Jel kasetinin altındaki tüm ara parçalar çıkarılmış ve kaset elektroforez tankına monte edilmiştir. Üst rezervuarı elektroforez tamponu ile doldurulmuş ve üst tanktan sızıntı olup olmadığını kontrol edilmiştir. Jelin altında kalan kabarcıkları gidermek için cihaz yatırılmıştır. Bir mikropipetle numuneler yavaşça boşluklara aktarılmıştır. Bromofenol mavisi jelin tabanına ulaşıncaya kadar elektroforeze devam edilmiştir. Elektroforez bittiğinde, jel çıkarılmış ve boyama çözeltisine aktarılmıştır. Boyama en az iki saat sürmüş ve kalın bantlar hemen görülmüştür. Daha zayıf bantlar destaining çözeltisi ile muamele edildikten sonra görülmüştür (Laemmli, 1970).

### 3.2.3. Su ve yağ tutma kapasiteleri

Hem su tutma kapasitesi (WAC) hem de yağ tutma kapasitesi (FAC) analizleri, Segura- Campos vd. (2013) ve Lili vd. (2015) tarafından kullanılan metotta küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 0,1g (W) numune ve 5 ml damıtılmış su veya mısır yağı, önceden tartılmıştır. 15 ml santrifüj tüpüne aktarılmıştır. pH 2, 4, 6, 8 ve 10 olarak 0,1 HCl veya 0,1 NaOH kullanılarak ayarlanmış ve oda sıcaklığında 1 dakika boyunca bir karıştırıcı (Vortex) kullanılarak karıştırılmıştır. Karışım bir inkübatörde 30°C'de 30 dakika beklemeye bırakılmıştır. Karışımın başlangıç hacmi (V1) kaydedilmiştir. Daha sonra tüpler, 20 dakika boyunca 2500 rpm hızında santrifüjlenmiştir. Süpernatant hacmi (V2) kaydedilmiştir. Denklem 1, su ve yağ tutma kapasitelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Sonuçlar, su ve yağ tutma kapasitesi için, numune kütlesi (g) başına mL su ve numune kütlesi (g) başına mL yağ olarak verilmiştir.

Ön denemelerde en iyi performansları gösteren Protein (0,1g) + Tuz (0,04 g), Protein (0,1g) + Fosfat (0,004g) ve Protein(0,1g) + Tuz (0,04g) + Fosfat (0,004g) kombinasyonlarının pH değişimlerine bağlı olarak nasıl performans gösterdikleri saptanmıştır. Hem su tutma kapasitesi hem de yağ tutma kapasitesi için, ön denemelerde tuz (0,04g) ve fosfat (0,004g) en iyi performans göstermiştir.

$$WAC/FAC = \frac{V1 - V2}{W} \quad (1)$$

### 3.2.4. Emülsifiye edici özellikler

Kudre, Bejjanki, Kanwate ve Sakhare (2018) tarafından kullanılan metod modifiye edilerek örneklerin emülsiyon aktivite indeksi (EAI) ve emülsiyon stabilite indeksi (ESI) belirlenmiştir. Mısır yağı (4ml) ve %1 Miyofibril protein çözeltisi (10ml), 2 dakika boyunca 10000 rpm'de homojenleştirici (T25 Ultra-Turrax, IKA-Werke GmbH, Staufen, Almanya) ile homojen (emülsiyon) hale getirilmiştir. Bir ml emülsiyon, 99 ml %0,1 SDS çözeltisi ile seyreltilmiştir. Örneklerin pH 2, 4, 6, 8 ve 10 olarak ayarlanmıştır. 20 saniye boyunca vorteks ile karıştırıldıktan sonra, karışımın ilk emilimi (A0) ve 10. dakikadaki (A10) emilimi, bir

spektrofotometre (Optizen POP UVVis, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Kore) kullanılarak 500 nm'de okunmuştur. Denklem 2 ve 3, EAI ve ESI hesaplaması için kullanılmıştır:

$$EAI (m^2/g) = \frac{(2 \times 2,303 \times A \times DF)}{(l \times \Phi \times C)} \quad (2)$$

$$ESI (min) = \frac{A0}{(A0 - A10)} \times \Delta t \quad (3)$$

burada DF emülsiyonun (100) seyreltme faktörüdür, l spektrofotometre küvetinin (m) uzunluğu,  $\Phi$  yağ hacmi fraksiyonu, C sulu fazdaki protein konsantrasyonudur ( $g / m^3$ ) ve  $\Delta t$  10 dakikadır.

Ön denemelerde, en iyi emülsifiye edici özellikleri gösteren; protein (0,1g) + tuz (0,05g), protein (0,1g) + fosfat (0,008g) ve protein(0,1g) + tuz (0,05g) + fosfat (0,008g) kombinasyonlarının pH değişimlerine bağlı olarak nasıl performans gösterdikleri saptanmıştır.

### 3.2.5. Köpürme özellikleri

Köpürme kapasitesi (FC) ve köpük stabilitesi (FS), Segura-Campos vd. (2013) ve Kudre vd. (2018)'in çalışmalarında kullanılan metodlar modifiye edilerek yapılmıştır. %1 numune ve damıtılmış su ile hazırlanan 20 ml'lik bir çözelti, homojenizatör kullanılarak 10000 rpm'de 2 dakika karıştırılmıştır. Çözeltinin pH değeri 2, 4, 6, 8 ve 10'a ayarlanmış ve analiz her bir pH değeri için tekrarlanmıştır. FC, 30. saniyedeki köpük hacmi kullanılarak hesaplanmıştır. FS değerleri 30.dakika da kaydedilen köpük hacimleri kullanılarak hesaplanmıştır. Denklem 4 ve 5 hesaplama için kullanılmıştır:

$$FC (\%) = \frac{Vf}{V0} \times 100 \quad (4)$$

$$FS (\%) = \frac{Vt}{V0} \times 100 \quad (5)$$

Burada;  $V_f$ , homojenizasyondan sonraki 30. saniyedeki köpüğün son hacmi,  $V_0$ , analizin başlangıcındaki protein dağılım hacmidir (20ml) ve  $V_t$ , 30. dakikadan sonra (homojenizasyon sonrası) kaydedilen köpüğün hacmidir.

Ön denemelerde, en iyi köpürme özellikleri gösteren; Protein (0,1g) + Tuz (0,03g), Protein (0,1g) + Fosfat (0,01g) ve Protein(0,1g) + Tuz (0,03g) + Fosfat (0,01g) kombinasyonlarının pH değişimlerine bağlı olarak nasıl performans gösterdikleri saptanmıştır.

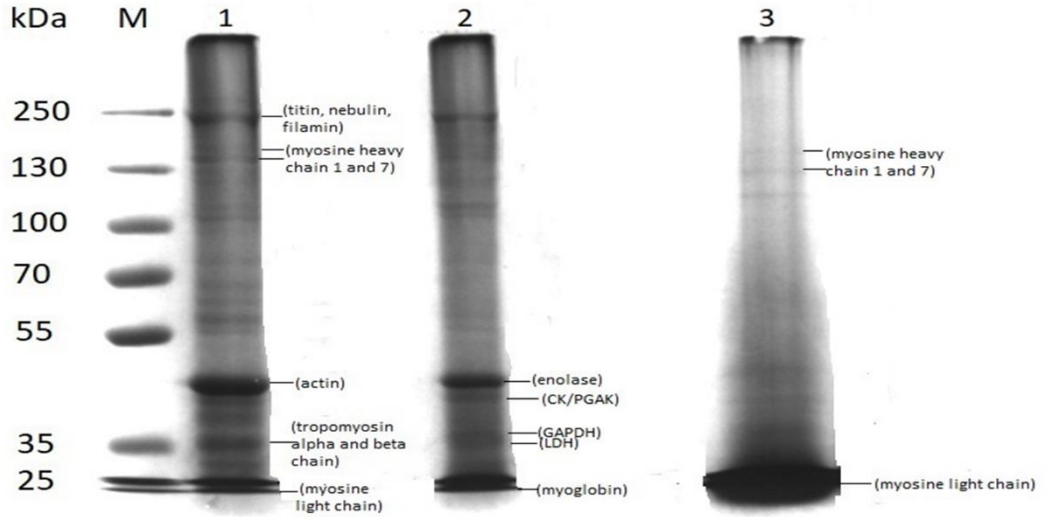
### **3.3. İstatistik Analizleri**

Analizlerin sonuçları SPSS 22.0 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tamamen şansa bağlı deneme planı oluşturularak Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Analizler 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

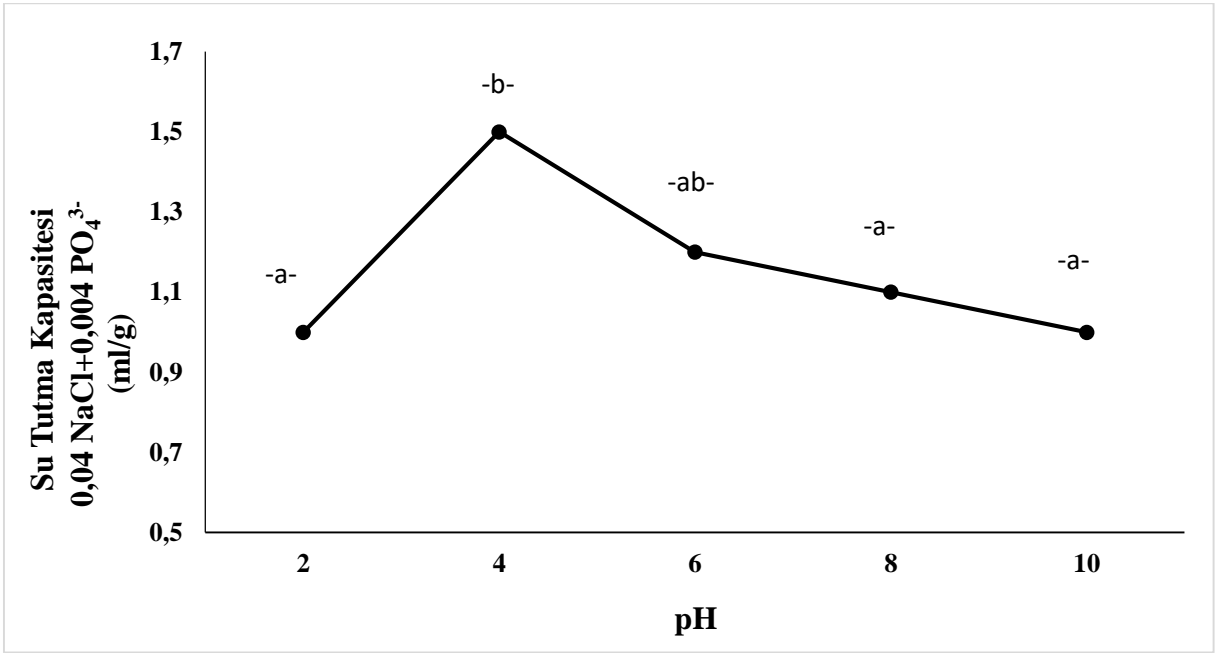
### 4.1. SDS-PAGE Elektroforezi



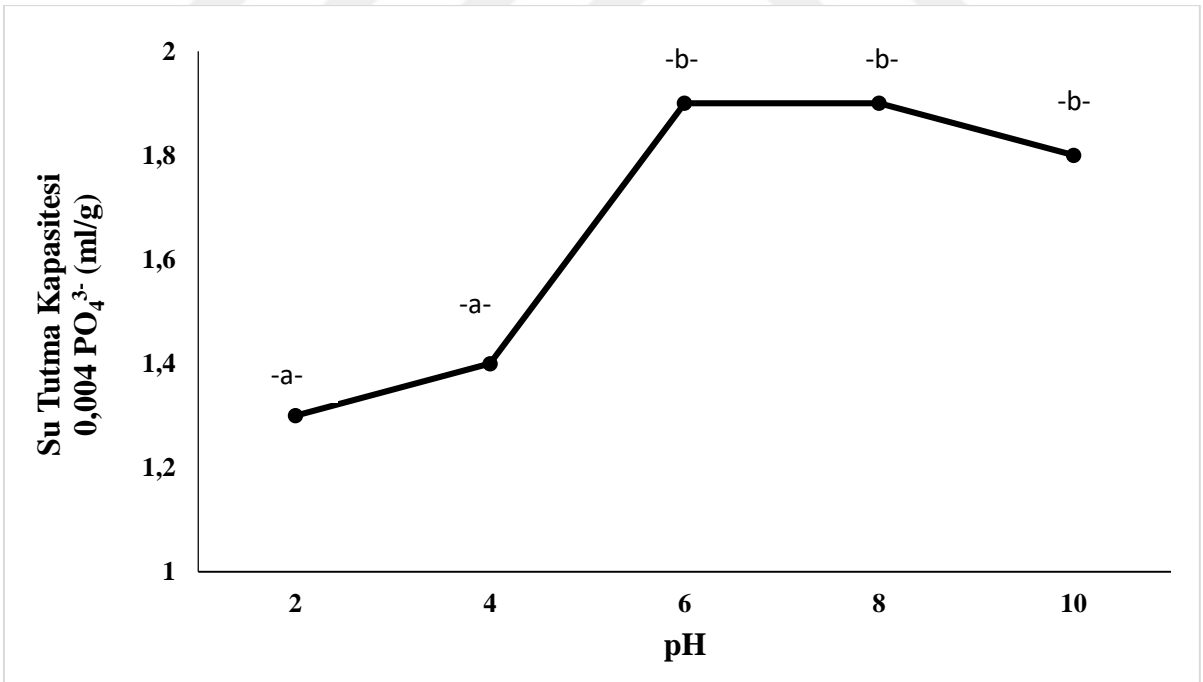
Şekil 4.1. SDS-PAGE jel elektroforezi. Bant 1: Miyofibril proteinler yıkamadan sonra, Bant 2: Sarkoplazmik proteinler ve Bant 3: Miyozin

SDS-PAGE jel elektroforezi proteinleri kalitatif olarak analiz etmek için en yaygın kullanılan yöntemdir. Bantlardan; 1 (Miyofibril proteinler yıkamadan sonra), 2 (Başka protein grubu) ve 3 (İzolasyon sırasında, Miyozin proteinin izoelektrik noktası olarak pH 5,4 de ayarlanarak, sadece miyozinin izolasyonu sağlanmıştır) görüldüğü gibi, miyofibril proteinleri bantında çeşitli protein alt grupları görülmüştür. Miyozin proteininin 25 kDa'da hafif zincir, 35 kDa'da tropomiyosinin alfa ve beta zinciri, 35-55 kDa arasında aktin, 130 kDa'da miyozinin 1 ve 7 ağır zincirleri ve 250 kDa'da titin, nebulin ve filamin bulunmuştur. Üçüncü (3) bantında, sadece miyozin proteinin bulunduğu bantında, 25 kDa'da hafif zincir ve 130 kDa'da 1 ve 7 ağır zincirleri, tıpkı birinci (1) bantta olduğu gibi görülmüştür.

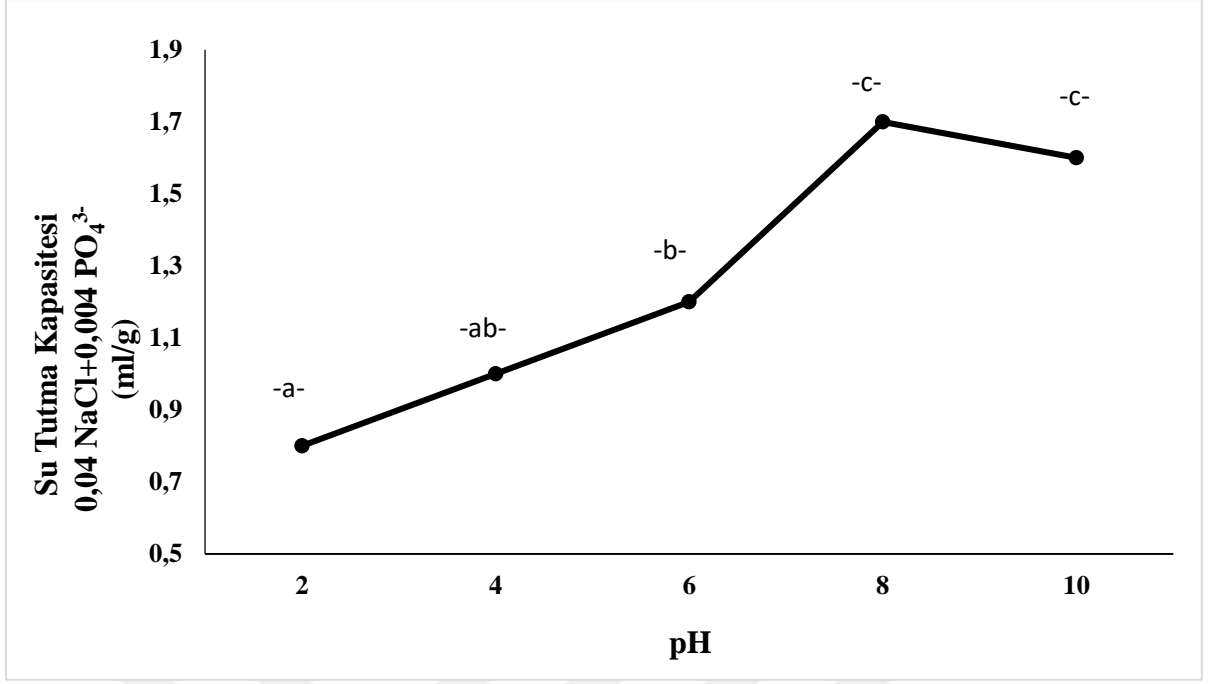
#### 4.2. Su Tutma Kapasitesi



Şekil 4.2. Farklı pH’larda 0,04g NaCl+Protein karışımının su tutma kapasitesindeki değişim (ml/g). Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.3. Farklı pH’larda 0,004g Fosfat+Protein karışımının su tutma kapasitesindeki değişim (ml/g). Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.4. Farklı pH'lerde 0,04g NaCl+0,004g Fosfat+Protein karışımının su tutma kapasitesindeki değişim (ml/g). Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistik olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Proteinlerin su tutma kapasitesi için, yapılan ön denemelerde en yüksek sonuçlar 0,04 g NaCl ve 0,004 g  $PO_4^{3-}$  eklendiğinde görülmüştür. Tez kapsamında NaCl ve  $PO_4^{3-}$  'ın protein (0,1 g) ile kombinasyonlarının farklı pH'lardaki etkileri incelenmiştir. Kontrol grubunun (sadece protein) sonucu, 0,8 ml su/g protein olarak tespit edilmiştir.

Protein (0,1 g) ve NaCl (0,04 g) kombinasyonu ile en yüksek sonuç pH 4'te 1,5 ml su/g protein bulunmuştur. En düşük sonuç pH 2'de 1 ml su/g protein olarak saptanmıştır "(Şekil 4.2)".

Protein (0,1 g) ve fosfat (0,004 g) kombinasyonu ile en yüksek sonuç pH 6 ve pH 8'de 1,9 ml su/ g protein bulunmuştur. En düşük sonuç pH 2'de 1,3 ml su/g protein olarak belirlenmiştir "(Şekil 4.3)".

Protein (0,1 g), NaCl (0,04 g) ve fosfat (0,004 g) kombinasyonu yapıldığında ise, en yüksek sonuç olarak pH 8'de 1,7 ml su/ g protein, en düşük sonuç ise tekrar pH 2'de 0,8 ml su/g protein olarak tespit edilmiştir "(Şekil 4.4)".

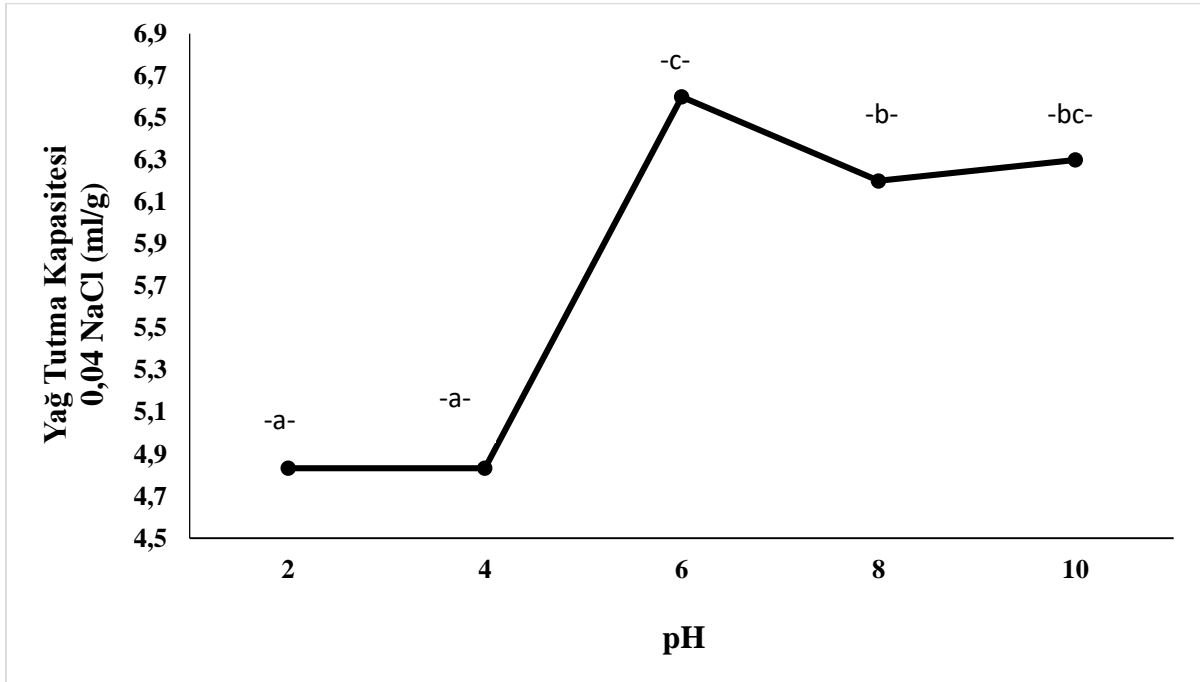
Elizalde, Kanterewicz, Pulosof ve Bartholomai, (1988) tarafından yapılan çalışmada farklı proteinlerin su tutma kapasitesi araştırılmıştır. Miyofibril proteinlerin su tutma

kapasitesi 1,48 ml su/g protein olarak belirtilmiştir. Karşılaştırmak için, diğer proteinlerin su tutma kapasiteleri; WPC (Whey protein konsantresi) 0,2 ml su/g protein, AB (Bovine Albumin) 0,65 ml su/g protein, BPI (Fasulye protein izolatu) 5,16 ml su/g protein, SC (Sodyum Kazeinat) 2,80 ml su/g protein, SPI (Soya protein izolatu) 5,45 ml su/g protein olarak bulunmuştur.

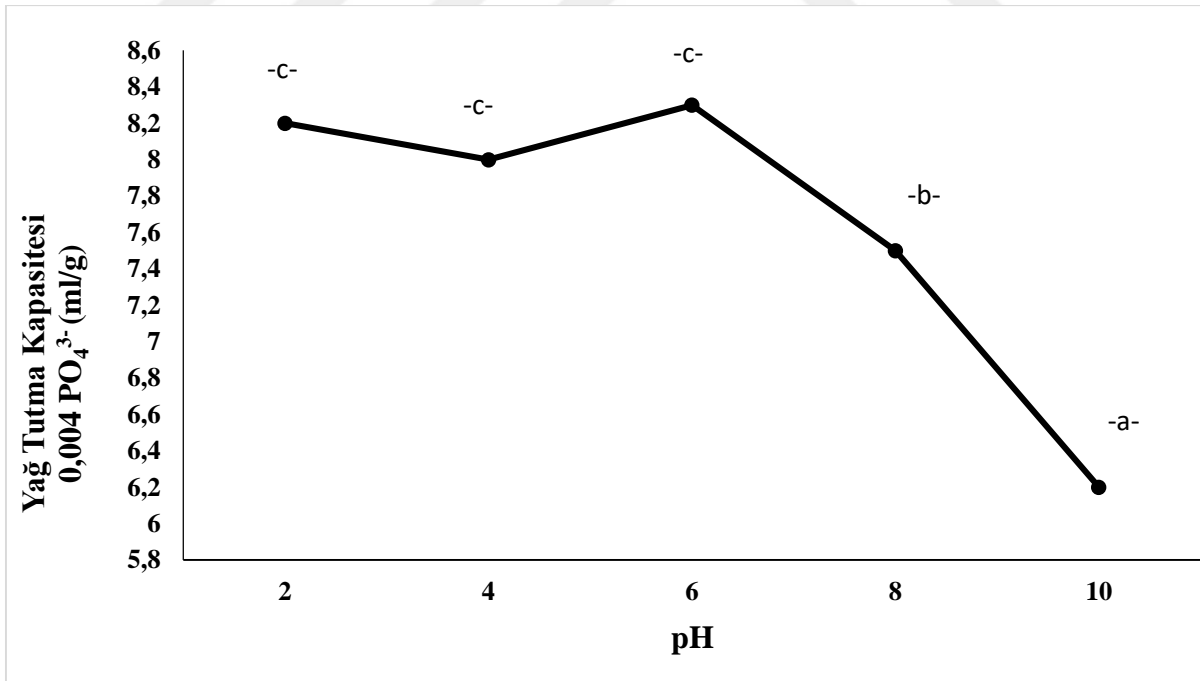
Proteinlerin su tutma kapasiteleri çeşitli faktörlerden etkilenmektedir ve dolayısıyla farklılıklar görülebilir. Miyofibriler proteinlerinin su tutma kapasitesi özellikleri ortamdaki protein konsantrasyonundan, pH'dan, proteinlerin hangi kas bölgelerinden izole edildiklerinden, o hayvanın genetik yapısından vs. gibi çeşitli nedenlerden dolayı farklı sonuçlar gösterebilir.



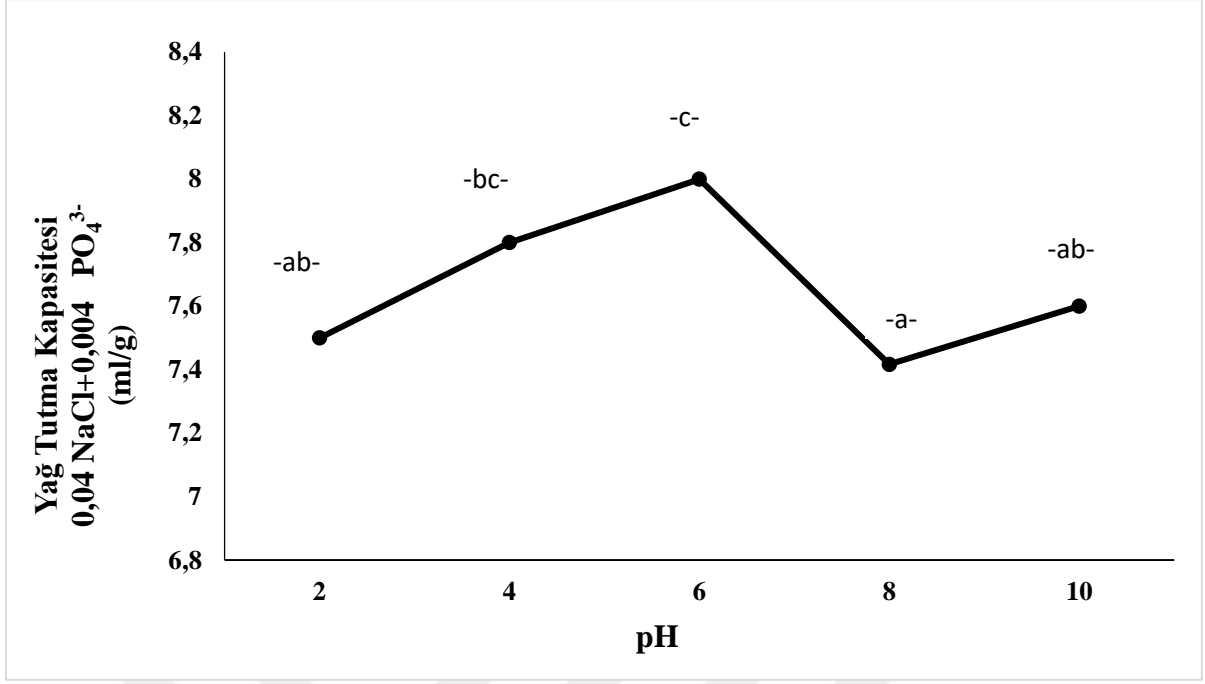
### 4.3. Yağ Tutma Kapasitesi



Şekil 4.5. Farklı pH'larda 0,04g NaCl+Protein karışımının yağ tutma kapasitesindeki değişim (ml/g). Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.6. Farklı pH'larda 0,004g Fosfat+Protein karışımının yağ tutma kapasitesindeki değişim (ml/g). Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.7. Farklı pH’larda 0,04g Tuz+0,004g Fosfat+Protein karışımının yağ tutma kapasitesindeki değişim (ml/g). Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Proteinlerin su tutma kapasitesi için, yapılan ön denemelerde en yüksek sonuçlar 0,04 g NaCl ve 0,004 g  $PO_4^{3-}$  eklendiğinde görülmüştür. Proteinlerin (0,1 g) bu kombinasyonlarının, farklı pH’larda nasıl performans gösterdikleri saptanmıştır. Kontrol gubun sonucu 5,4 ml yağ/ g protein olarak belirlenmiştir.

Protein (0,1 g) ve NaCl (0,04 g) kombinasyonu ile en yüksek sonuç pH 6’da 6,6 ml yağ/g protein, en düşük sonuç pH 2’de 4,8 ml yağ/g protein olarak saptanmıştır “(Şekil 4.5)”.

Protein (0,1 g) ve Fosfat (0,004 g) kombinasyonu ile en yüksek sonuç pH 6’da 8,3 ml yağ/g protein, en düşük sonuç pH 10’da 6,2 ml yağ/g protein olarak bulunmuştur “(Şekil 4.6)”.

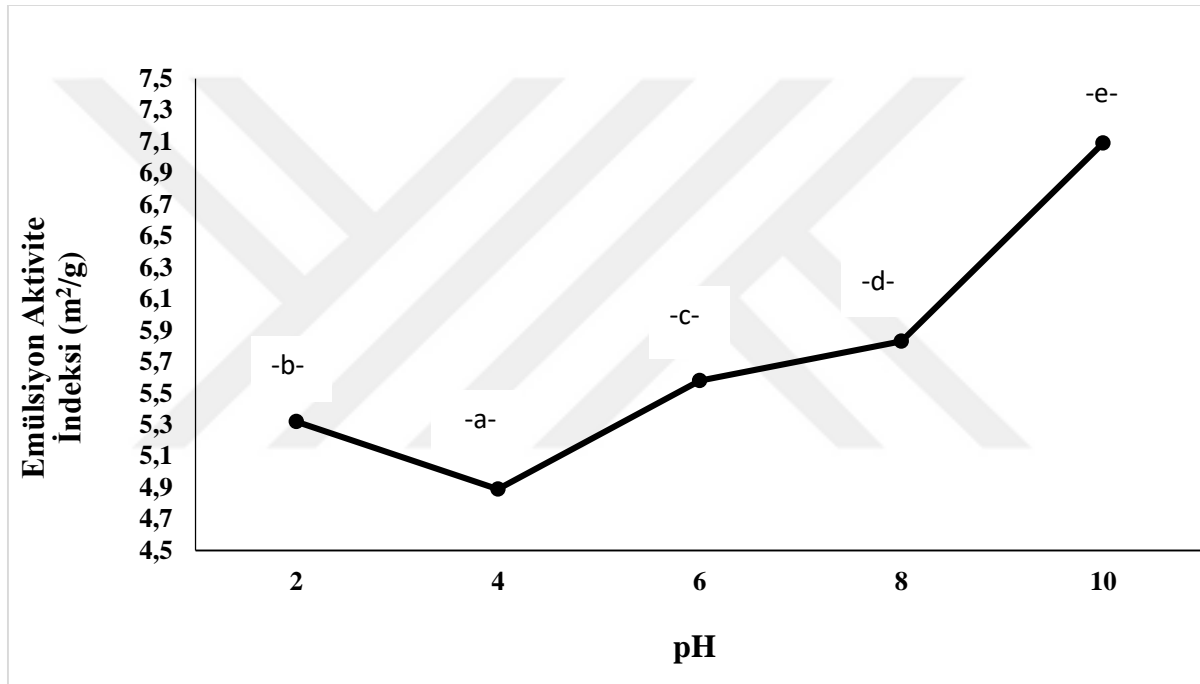
Protein (0,1 g), NaCl (0,04 g) ve Fosfat (0,004 g) kombinasyonu yapıldığında ise, en yüksek sonuç olarak pH 6’da 8,0 ml yağ/g protein ve en düşük sonuç pH 8’de 7,4 ml yağ/g protein olarak belirlenmiştir “(Şekil 4.7)”.

Elizalde vd. (1988) yapılan çalışmada farklı proteinlerin yağ tutma kapasitesi araştırılmıştır. Miyofibriler proteinlerin yağ tutma kapasitesi 5,25 ml yağ/g protein olarak belirtilmiştir. Karşılaştırmak için, diğer proteinlerin yağ tutma kapasiteleri; WPC (Whey

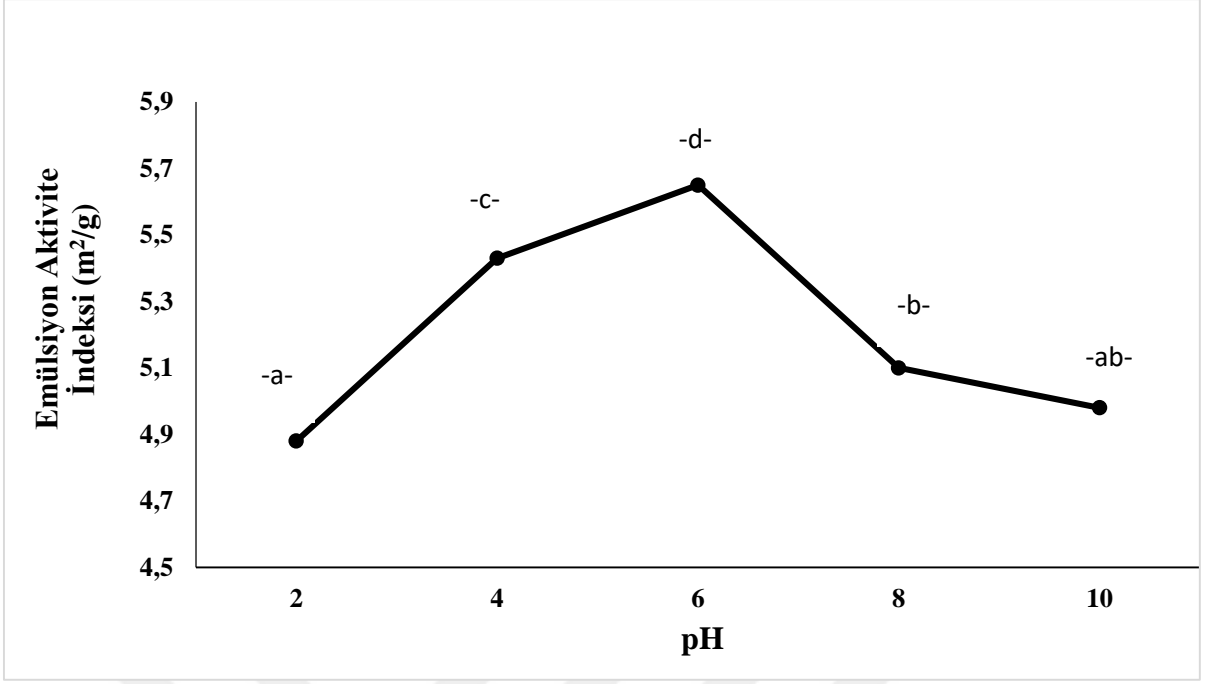
protein konsantresi) 0,97 ml yağ/g protein, AB (Bovine Albumin) 1,90 ml yağ/g protein, BPI (Fasulye protein izolatu) 4,07 ml yağ/g protein, SC (Sodyum Kazeinat) 1,55 ml yağ/g protein, SPI (Soya protein izolatu) 1,72 ml yağ/g protein olarak bulunmuştur.

Miyofibriler proteinlerde NaCl ve fosfatların kullanımı, protein yapılarının şişmesini sağlamaktadır ve dolayısıyla proteinler daha çok yağ/su tutma potansiyelini gösterebilir. Fakat ortam sıcaklığı, pH, proteinlerin hangi kas bölgesinden kaynaklandıkları vs. gibi etkenleri de oldukça etkilidir ve buna göre sonuçlarda farklılıklar görülebilir.

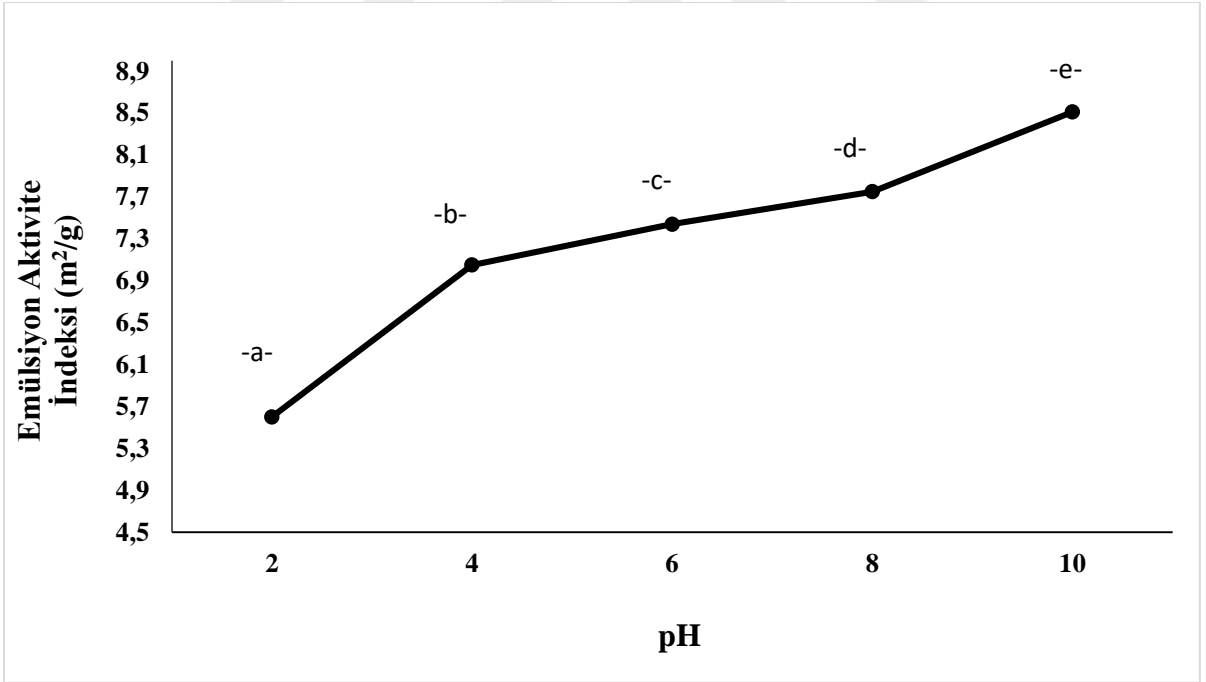
#### 4.4. Emülsifiye Edici Özellikleri (EAI VE ESI)



Şekil 4.8. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+Protein karışımının emülsiyon aktivite (m<sup>2</sup>/g) indeksindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

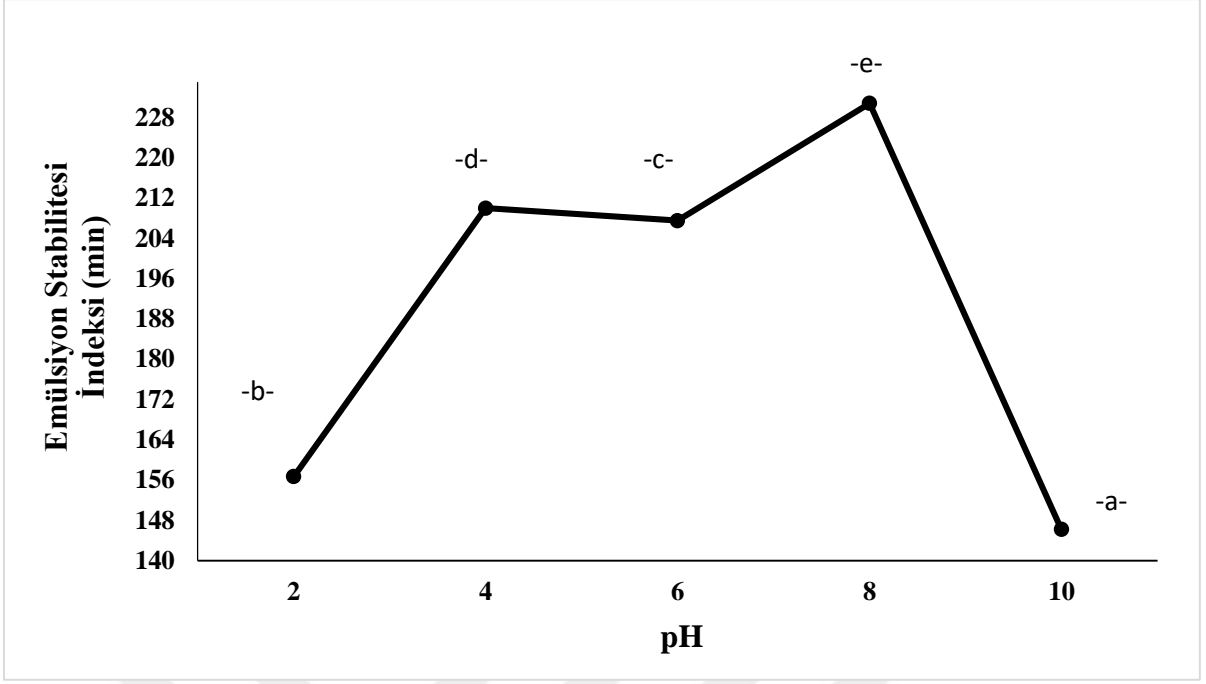


Şekil 4.9. Farklı pH'larda 0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon aktivite (m<sup>2</sup>/g) indeksindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

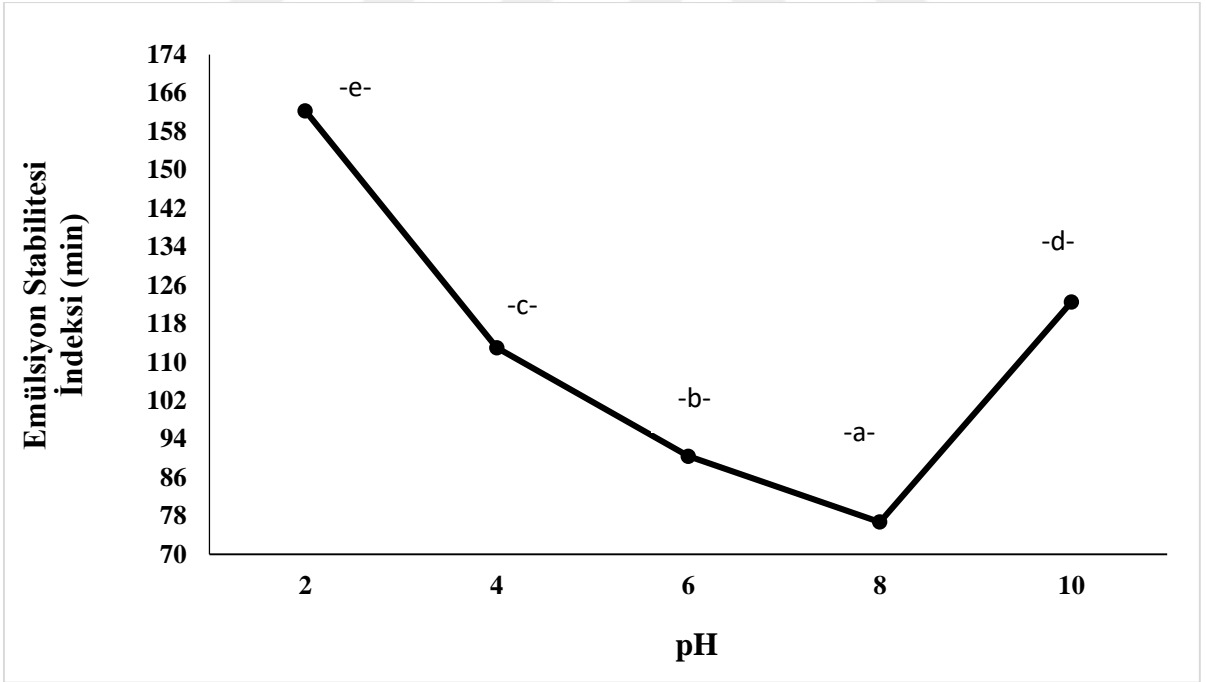


Şekil 4.10. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon aktivite(m<sup>2</sup>/g) indeksindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

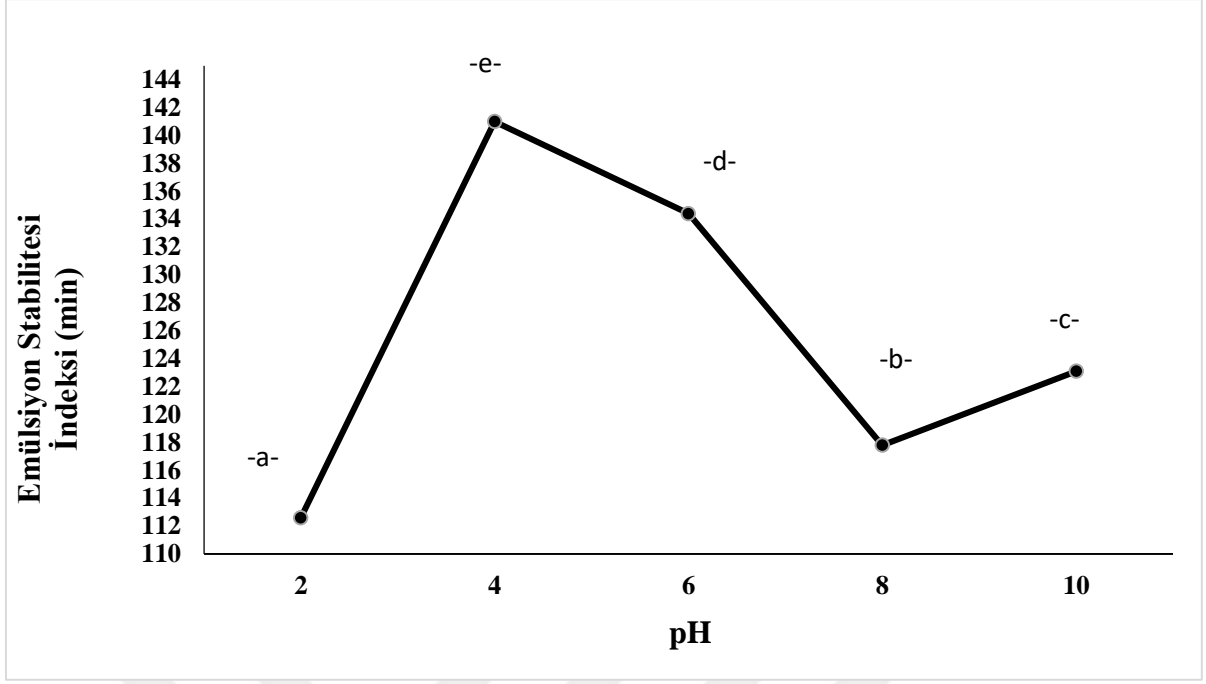




Şekil 4.11. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+Protein karışımının emülsiyon stabilite(min) indeksindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0,05$ ).



Şekil 4.12. Farklı pH'larda 0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon stabilite(min) indeksindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0,05$ ).



Şekil 4.13. Farklı pH'larda 0,05g Tuz+0,008g Fosfat+Protein karışımının emülsiyon stabilite(min) indeksindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Proteinlerin emülsifiye edici özellikleri için, yapılan ön denemelerde en yüksek sonuçlar 0,05 g NaCl ve 0,008 g  $PO_4^{3-}$  eklendiğinde görülmüştür. Proteinle (0,1 g) beraber bu kombinasyonlarının, farklı pH'larda nasıl performans gösterdikleri saptanmıştır. Kontrol grubun sonuçları olarak; EAİ indeksi 4,98  $m^2/g$  ve ESİ 128,3 dakika olarak bulunmuştur.

Protein (0,1 g) ve NaCl (0,05 g) kombinasyonu ile EAİ için pH 10'da 7,09  $m^2/g$  protein en yüksek sonuç olarak belirlenmiş “(Şekil 4.8)” ama en yüksek ESİ sonucu pH 8'de 230,8 dakika bulunmuştur “(Şekil 4.11)”. En düşük EAİ pH 4'te 4,89  $m^2/g$  protein “(Şekil 4.8)” ve en düşük ESİ pH 10'da 146,2 dakika olarak saptanmıştır “(Şekil 4.11)”.

Protein (0,1 g) ve Fosfat (0,008 g) kombinasyonu ile EAİ için pH 6'da 5,65  $m^2/g$  protein en yüksek sonuç olarak belirlenmiş “(Şekil 4.9)” ama en yüksek ESİ sonucu pH 2'de 162,3 dakika saptanmıştır “(Şekil 4.12)”. En düşük EAİ pH 2'de 4,88  $m^2/g$  protein “(Şekil 4.9)” ve en düşük ESİ pH 8'de 76,7 dakika olarak saptanmıştır “(Şekil 4.12)”.

Protein (0,1 g), NaCl (0,05 g) ve fosfat (0,008 g) kombinasyonu yapıldığında ise, EAİ için pH 10'da 8,51  $m^2/g$  protein en yüksek olarak belirlenmiş “(Şekil 4.10)” ama en yüksek ESİ sonucu pH 4'te 141 dakika olarak bulunmuştur “(Şekil 4.13)”. En düşük EAİ sonucu pH

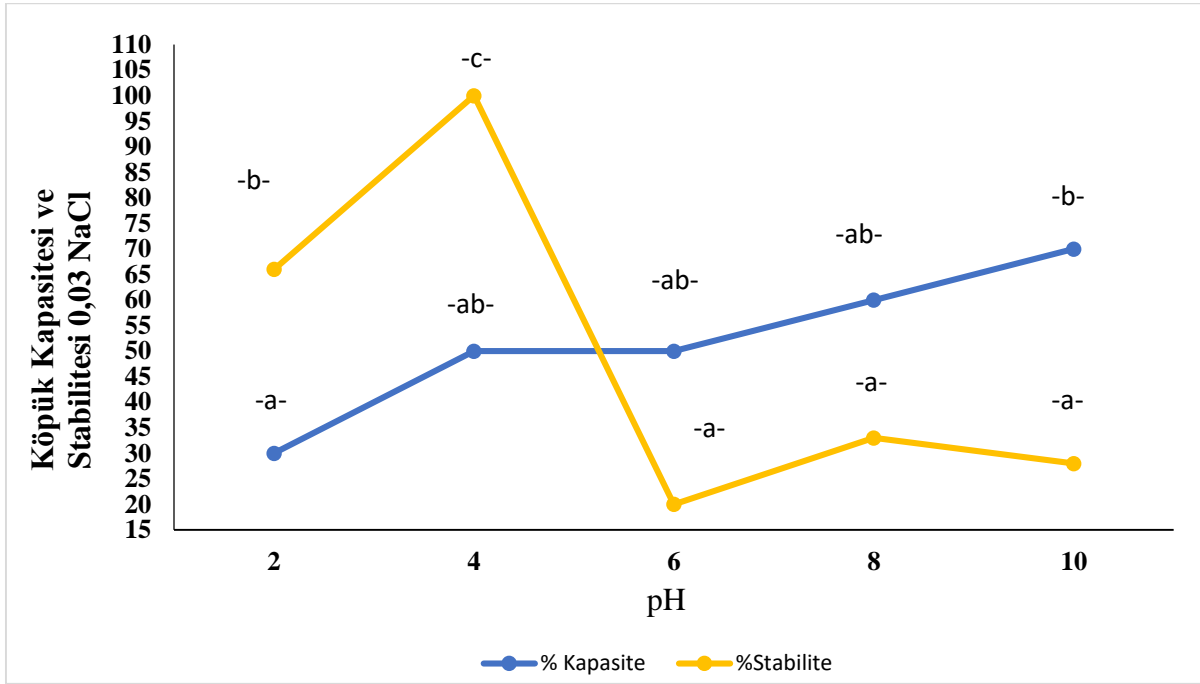
2'de 5,6 m<sup>2</sup>/g protein olarak belirlenmiş “(Şekil 4.10)”. ve en düşük ESİ sonucu yine pH 2'de 112,6 dakika olarak saptanmıştır “(Şekil 4.13)”.

Ramadhadrán, Mohan, Sankar ve Anandan (2009), yapılan çalışmada çeşitli balıklardan izole edilen proteinlerin emülsifiye edici özelliklerine bakılmıştır. EAİ indeksi 2,193 – 7,247 m<sup>2</sup>/g protein arasında sonuçlara ulaşılmıştır ve ESİ için 53,33-128,33 dakika arasında sonuçlar elde edilmiştir.

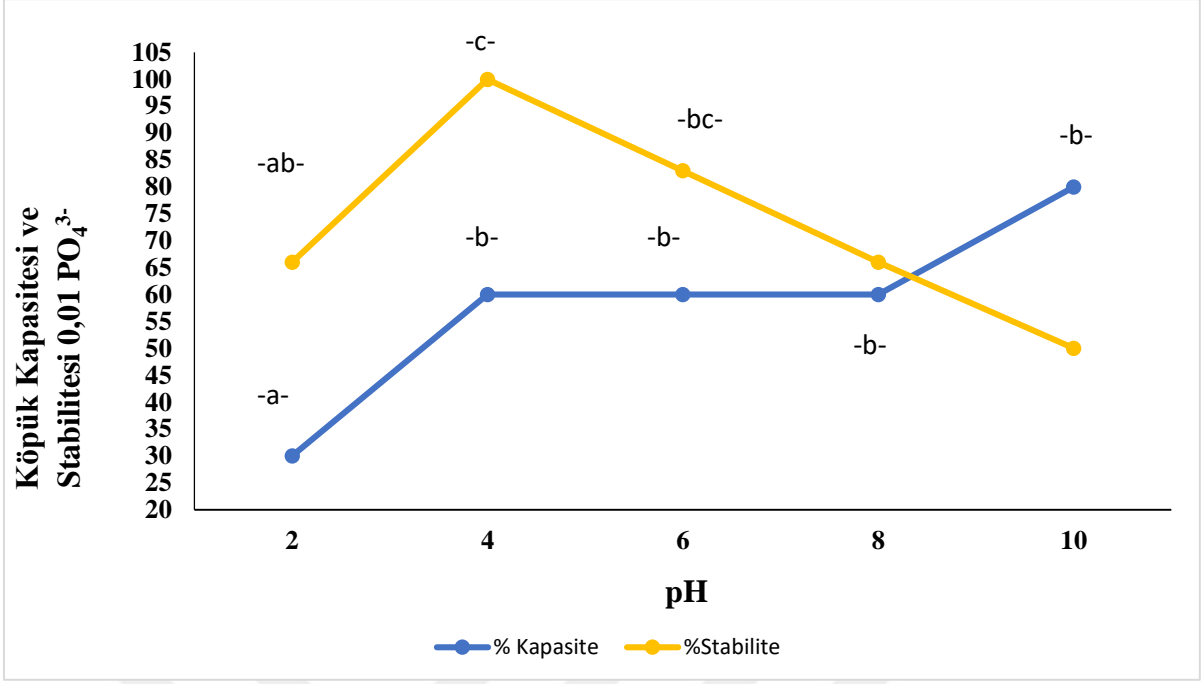
Mohan, Ramachandran ve Sankar (2006) yapılan çalışmada rohu balığından izole edilen miyofibriler proteinlerin özelliklerine bakılmıştır. Miyofibriler proteinlerin EAİ sonuçları farklı protein konsantrasyonunda elde edilmiştir, 5 mg/ml protein konsantrasyonunda EAİ sonucu 6,25 m<sup>2</sup>/g ve 2,5mg/ml protein konsantrasyonunda EAİ sonucu 11,09 m<sup>2</sup>/g olarak belirlenmiştir. ESİ sonuçları ise, 5mg/ml protein konsantrasyonunda 364 dakika, 2,5mg/ml konsantrasyonunda 87 dakika olarak belirlenmiştir.

Önceki sonuçlarda olduğu gibi, NaCl ve fosfat kullanımı önemli derecede proteinlerin emülsifiye edici özellikleri üzerine etki göstermiştir. Protein yapılarındaki şişirme etkisi tekrardan ortaya çıkmaktadır ve bu olay proteinlerin emülsifiye edici özelliklerini pozitif yönde etkilenmektedir.

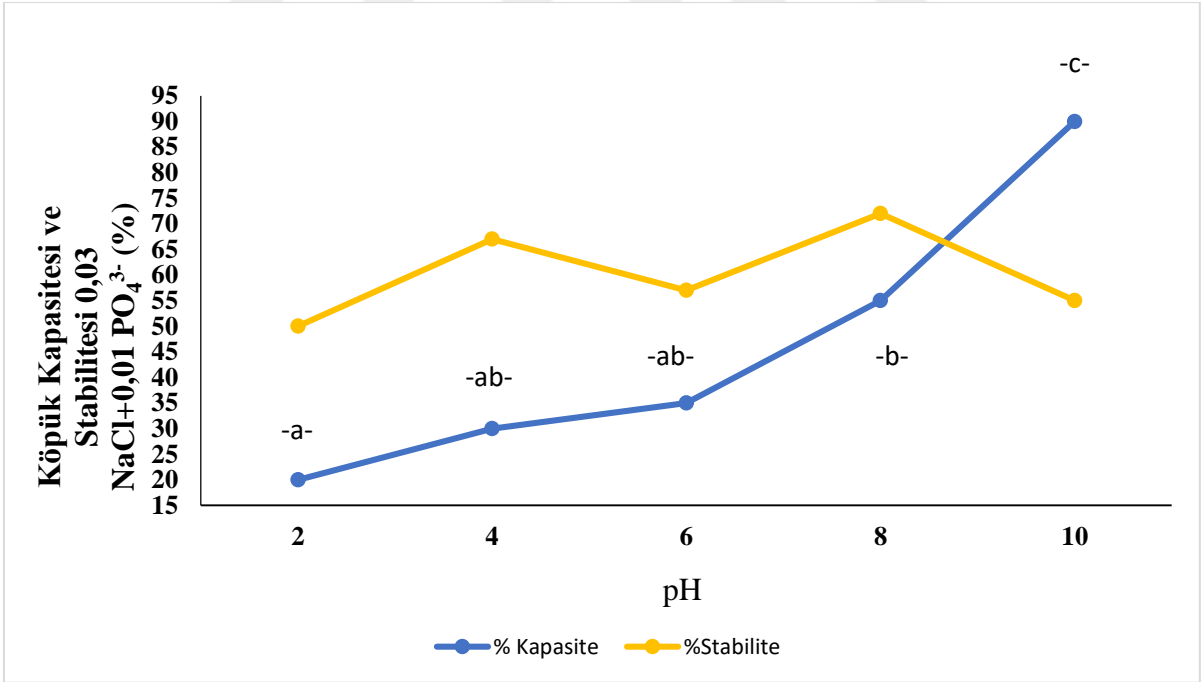
#### 4.5. Köpük Kapasitesi ve Stabilitesi



Şekil 4.14. Farklı pH'larda 0,03g Tuz+Protein karışımının köpük kapasitesi(%) ve stabilitesi(%) değerlerindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.15. Farklı pH'larda 0,01g Fosfat+Protein karışımının köpük kapasitesi(%) ve stabilitesi(%) değerlerindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.16. Farklı pH'larda 0,03g Tuz+0,01g Fosfat+Protein karışımının köpük kapasitesi (%) ve stabilitesi (%) değerindeki değişim. Grafik üzerinde farklı harf ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Proteinlerin köpürme özellikleri için, yapılan ön denemelerde en yüksek sonuçlar 0,03 g NaCl ve 0,01 g  $PO_4^{3-}$  eklendiğinde görülmüştür. Proteinle (0,1 g) beraber bu

kombinasyonlarının, farklı pH'larda nasıl performans gösterdikleri saptanmıştır. Kontrol grubun sonuçları olarak köpük kapasitesi (FC) %40 olarak saptanmış ve köpük stabilitesi (FS) %20 olarak bulunmuştur.

Protein (0,1 g) ve NaCl (0,03 g) kombinasyonu ile en yüksek FC pH 10'da %70 olarak saptanmış, en yüksek FS pH 4'te %100 olarak belirlenmiştir. En düşük FC sonucu pH 2'de %30 olarak belirlenmiş, en düşük FS pH 10'da %28 olarak bulunmuştur "(Şekil 4.14.)".

Protein (0,1 g) ve Fosfat (0,01 g) kombinasyonu ile en yüksek FC pH 10'da %80 olarak saptanmış, en yüksek FS pH 4'te %100 olarak belirlenmiştir. En düşük FC sonucu pH 2'de %30 bulunmuş, en düşük FS sonucu ise pH 10'da %50 olarak belirlenmiştir "(Şekil 4.15)".

Protein (0,1 g), NaCl (0,03 g) ve fosfat (0,01 g) kombinasyonu yapıldığında ise, en yüksek FC sonucu pH 10'da %90 olarak bulunmuş, en yüksek FS pH 8'de %72 olarak saptanmıştır. En düşük FC sonucu pH 2'de %20 olarak belirlenmiş, en düşük FS sonucu tekrar pH 2'de %50 olarak saptanmıştır "(Şekil 4.16)".

Rocha-Estrada, Córdova-Murueta ve García-Carreno (2010) yapılan çalışmada kalamar etinden izole edilen proteinler üzerinde çalışılmıştır. Farklı tuz konsantrasyonlarında ve farklı pH larda köpürme özelliklerine bakılmıştır. FC % 95-210 aralığında bulunmuştur, FS sonuçları ise % 71,31-100 aralığında saptanmıştır.

Ramadhan, vd. (2009) yapılan çalışmada farklı balık çeşitlerinden izole edilen proteinlerin köpürme özellikleri; FC % 50-170 aralığında saptanmıştır, FS ise %45-85 aralığında bulunmuştur.

Proteinlere eklenen NaCl ve Fosfat önemli ölçüde proteinlerin köpürme özelliklerini iyileştirmiştir. Kontrol grubu sonuçlarına göre, hem kapasitesini hemde stabilitesini artmıştır. Miyofibriler proteinlerinin kaynağına göre, köpük özellikleri sonuçları farklılıklar gösterebilir.

## 5. SONUÇ

Et endüstrisinde proteinlerin önemi bilinmektedir. Gıda ürünlerden maksimum performansı elde etmek, hem zaman hem de ekonomik açıdan önemlidir. Dünya üzerinde çeşitli kültürler ve beslenme tipleri nedeniyle, farklı bölgelerde farklı ürünler üzerinde araştırmalar yapılmaktadır ve her ürünün iyileştirilmesi üzerine çalışılmaktadır. Sağlık, lezzet, ve tekstürel açıdan, ürünlerin üretim aşamaları için potansiyel en iyi reçete aranmaktadır. Bu çalışmada kullanılan tuz ve fosfat birçok üründe katkı olarak kullanılmaktadır. Araştırmada kullanılan tuz ve fosfat, proteinlerin fonksiyonel özelliklerini pozitif olarak etkilemiş ve kontrol grubunun sonuçlarına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Emülsifiye edici özelliklerine bakıldığında, kontrol grubunun (sadece protein) sonuçları; EAI (emülsiyon aktivite indeksi) 4,98 m<sup>2</sup>/g ve ESI (emülsiyon stabilite indeksi) 128,3 dakika olarak saptanmıştır. Protein, NaCl ve fosfat kombinasyonunda, EAI için pH 10'da 8,51 m<sup>2</sup>/g protein en yüksek olarak bulunmuştur. En yüksek ESI sonucu ise, protein ve tuz kombinasyonunda pH 8'de 230,8 dakika bulunmuştur. Tuz ve fosfatın ortamda bulunmasının, proteinlerin emülsifiye edici özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Su tutma kapasitesine bakıldığında, kontrol grubunun sonucu, 0,8 ml su/g protein olarak saptanmıştır. Protein ve fosfat kombinasyonu ile en yüksek sonuç, pH 6 ve pH 8'de 1,9 ml su/ g protein bulunmuştur. Tuz ve fosfat, proteinlerin şişmesini sağlayarak, su tutma kapasitesini de arttırmıştır. Yağ tutma kapasitesi için, kontrol grubunun sonucu 5,4 ml yağ/ g protein olarak saptanmıştır. En yüksek sonuç, protein ve fosfatın buldukları ortamda, pH 6'da 8,3 ml yağ/g protein olarak bulunmuştur. Köpük özelliklerine bakıldığında, kontrol grubunun sonuçları, köpük kapasitesi (FC) %40 olarak saptanmış ve köpük stabilitesi (FS) %20 olarak bulunmuştur. Protein, tuz ve fosfatın bulunduğu ortamda, en yüksek FC pH 10'da %90 olarak bulunmuştur. En yüksek FS sonucu, protein ve tuz, protein ve fosfat ortamlarda, pH 4'te %100 olarak bulunmuştur.

Tuz ve fosfat ilavesinin et ürünleri üretiminden tamamen çıkarılması gerek lezzet gerekse yapısal özellikler dikkate alındığında mümkün görünmemektedir. Ancak, son yıllarda bazı gıda katkı maddelerinin ürünlerde azaltılması veya onların yerlerine başka katkı maddelerinin kullanılması üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. Literatüre baktığımızda, tuz miktarlarının azaltılması veya tuzların yerine başka maddeleri kullanılması üzerine çalışılmaktadır. Gıdalarda fazladan tuz kullanılması, insanlarda çeşitli sağlık problemlerini ortaya çıkarmaktadır ve bu nedenle alternatifler aranmaktadır. Et ürünlerinde tuz, belirli

miktarlarda kullanıldığında çok faydalı olup, proteinlerin de özelliklerini yüksek derecede iyileştirmektedir. Çok yüksek dozlarda kullanılırsa eğer, olumsuz gösterip, ortamdaki ve normalde proteinler tarafından kullanılacak suyu kendisine çekebilmektedir. Bu şekilde hem ürünün son halini olumsuz etkilemekte hem de ürünün lezzetini bozmaktadır. Fosfatlar, tavsiye edilen miktarlarda kullanılırsa, bu çalışmada da tespit edildiği gibi proteinlerinin şişmelerini sağlamakta ve bu şekilde proteinlerinin özelliklerini önemli derecede iyileştirmektedir. Literatürde miyofibriler proteinler üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar genellikle beyaz et proteinleri, en çok balık ve diğer deniz hayvanlarının proteinleri üzerinedir. Kırmızı etin proteinleri üzerine daha çok çalışma yapılması ihtiyacı vardır. Özellikle farklı gıda katkı maddelerinin kırmızı et proteinleri üzerine etkileri incelenmelidir.





## KAYNAKLAR

- Amiri, A., Sharifian, P. ve Soltanizadeh, N. (2018). Application of ultrasound treatment for improving the physicochemical, functional and rheological properties of myofibrillar proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 139–147.
- Anonim, (2013). *Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği*. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Resmi Gazete, Sayı: 28693.
- Ashie, I.N.A., Sorensen, T.L. ve Nielsen, P.M. (2002). Effects of papain and a microbial enzyme on meat proteins and beef tenderness. *Journal Of Food Science*, 67, 6.
- Barbut, S. (1995). Importance of fat emulsification and protein matrix characteristics in meat batter stability. *Journal of Muscle Foods*, 6:161.
- Barbut, S. ve Mittal, G.S. (1988). Rheological and gelation properties of meat batters prepared with three chloride salts. *Journal of Food Science*, 53:1296.
- Bendall, J.R. (1954). The swelling effect of polyphosphates on lean meat. *J. Sci. Food Agric.* 5:468.
- Bertram, H. C., Kristensen, M. ve Andersen, H.J. (2004). Functionality of myofibrillar proteins as affected by pH, ionic strength and heat treatment – a low-field NMR study. *Meat Science* 68, 249–256.
- Billeter, R., Heizmann, C. W., Reist, U., Howald, H. ve Jenny, E. (1982). Two-dimensional peptide analyses of myosin heavy chains and actin from single-typed human skeletal muscle fibers. *FEBS Lett*, 139, 45.
- Cabra, V., Arreguin, R. ve Farres, A. (2008). Emulsifying properties of proteins. *Bol. Soc. Quím. Méx.*, 2(2), 80-89.
- Chen, X., Li, Y., Zhou, R., Liu, D. ve Xu, X. (2017). Water-soluble myofibrillar proteins prepared by high-pressure homogenisation: a comparison study on the composition and functionality. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Cheng, J., Zhu, M. ve Liu, X. (2020). Insight into the conformational and functional properties of myofibrillar protein modified by mulberry polyphenols. *Food Chemistry* 308, 125592.
- Choi, Y.M., Jung, K.C., Jo, H.M., Nam, K.W., Choe, J.H., Rhee, M.S. ve Kim, B.C. (2014). Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride

- substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. *Meat Sci*, 96:21-25.
- Clarke, F. M., Lovell, S. J., Masters, C. J. ve Winzor, D. J. (1976). Beef muscle troponin: Evidence for multiple forms of troponin-T, *Biochim. Biophys. Acta*, 427, 617.
- Dhoot, G. K., Freason, N. ve Perry, S. V. (1979). Polymorphic forms of troponin T and troponin C and their localization in striated muscle cell types. *Exp. Cell. Res.*, 122, 339.
- Dutson, T. R., Pearson, A. M. ve Merkel, R. A. (1974). Ultrastructural postmortem changes in normal and low-quality porcine muscle fibers. *J. Food Sci.*, 39, 32.
- Elizalde, B.E., Kanterewicz, R.J., Pilosof, A.M.R. ve Bartholomai G.B. (1988). Physicochemical properties of food proteins related to their ability to stabilize oil-in-water emulsions. *Journal Of Food Science*. 53(3):845.
- Fligner, L. ve Mangino, E. (1991). Relationship of Composition to Protein Functionality. *ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC. Journal Article Number* 43-90.
- Fukazawa, T., Hashimoto, Y. ve Yasui, T. (1961). Effect of some proteins on the binding quality of an experimental sausage. *Journal of Food Science*, 26:541.
- Galluzzo, S.J. ve Regenstein, J.M. (1978). Role of chicken breast muscle proteins in meat emulsion formation: myosin, actin and synthetic actomyosin. *Journal of Food Science* 43:1761.
- Gauthier, G. F. ve Lowey, S. (1977). Polymorphism of myosin among skeletal muscle fiber types. *J. Cell Biol.*, 74, 760, 1977.
- Greaser, M. L. ve Gergely, J. (1971). Reconstitution of troponin activity from three protein components. *J. Biol. Chem.*, 246, 4226.
- Ionescu, A., Aprodu, I., Daraba, A. ve Porneala, L. (2008). The effects of transglutaminase on the functional properties of the myofibrillar protein concentrate obtained from beef heart. *Meat Science*, 79, 278–284.
- Jones, K.W. (1984). Protein-lipid interaction in processed meats. *Proceedings of 37th Annual Reciprocal Meat Conference, Lubbock, TX*, p. 52.

- Karthikeyan, M., Dileep, A.O. ve Shamasundar, B.A. (2005). Effect of water washing on the functional and rheological properties of proteins from threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 1002–1010.
- Khalili, A. D. ve Zarkadas, C. G. (1988). Determination of myofibrillar and connective tissue protein contents of young and adult avian (*Gallus domesticus*) skeletal muscles and the NT-methylhistidine content of avian actin. *Poult. Sci.*, 67, 1593.
- Kijowski, J. ve Niewiarowicz, A. (1978). Emulsifying properties of proteins and meat from broiler breast muscles as affected by their initial pH values. *J. Fd Technol.* 13,451-459.
- Kim, T.K., Ku, S.K., Sung, J.M., Kim, Y.B., Kim, H.W. ve Choi, Y.S. (2018). Effects of marination and superheated steam process on quality characteristics of samgyetang. *Korean J Food Cook Sci*, 34:155-162.
- Kondaiah, N. vd. (1985). Effect of salt and phosphate on the quality of buffalo and goat meats. *Meat Science* 15, 183-192.
- Kudre, T.G., Bejjanki, S.K., Kanwate, B.W. ve Sakhare, P.Z. (2018). Comparative study on physicochemical and functional properties of egg powders from Japanese quail and white Leghorn chicken. *Int J Food Prop*, 21: 956-971. doi: 10.1080/10942912.2018.1466320.
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680-685.
- Lili, L., Huan, W., Guangyue, R., Xu, D., Dan, L. ve Guangjun, Y. (2015). Effects of freeze-drying and spray drying processes on functional properties of phosphorylation of egg white protein. *Int J Agric Biol Eng.* 8: 116-123.
- Lin, T.M. ve Park, J.W. (1996). Extraction of proteins from pacific whiting mince at various washing conditions. *Journal of food science*, 432, volume 61 , no 2.
- Malva, A., Albenzio, M., Santillo, A., Russo, D., Figliola, L., Caroprese, M. ve Marino, R. (2018). Methods for extraction of muscle proteins from meat and fish using denaturing and nondenaturing solutions. *Journal of Food Quality*. Article ID 8478471.
- Matthew, S. ve Shamasundar, B. A. (2002). Effect of ice storage on the functional properties of proteins from shark (*Scoliodon laticaudus*) meat. *Nahrung/Food* 46, 4, pp. 220–226.
- Mohan, M., Ramachandran, D. ve Sankar, T.V. (2006). Functional properties of Rohu (*Labeo rohita*) proteins during iced storage. *Food Research International*, 39:847-854. India.

- Nahar, Zakaria, Hashim, Bari, (2017). Effect of pH and salt concentration on protein solubility of slaughtered and non-slaughtered broiler chicken meat. *Sains Malaysiana* 46(5): 719–724.
- Offer, G. ve Trinick, J. (1983). On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Science*, 8:245.
- Parsons, N. ve Knight, P. (1990). Origin of variable extraction of myosin from myofibrils treated with salt and pyrophosphate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51:71.
- Pette, D. ve Staron, R. S. (1990). Cellular and molecular diversities of mammalian skeletal muscle fibers. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.*, 116, 2.
- Ramachandran, D., Mohan, M., Sankar, T.V. ve Anandan R. (2009). Physico-chemical and functional properties of myofibrillar proteins of fishes from different habitats. *Fishery Technology*, 46(2) pp : 151 – 158.
- Richardson, R.I. ve Jones, J.M. (2007). The effects of salt concentration and pH upon water-binding, water-holding and protein extractability of turkey meat. *International Journal of Food Science and Technology* 22, 683-692.
- Robbins, J., Freyer, G. A., Chisholm, D. ve Gilliam, T. C. (1982). Isolation of multiple genomic sequences for chicken myosin heavy chain protein. *J. Biol. Chem.*, 257, 549.
- Robbins, J., Horan, T., Gulick, J. ve Kropp, K. (1986). The chicken myosin heavy chain family. *J. Biol. Chem.*, 261, 6606.
- Robe, G.H. ve Xiong, Y.L. (1993). Dynamic rheological studies on salt-soluble proteins from different porcine muscles. *Food Hydrocolloids*, 7:137.
- Rocha-Estrada, J.G., Córdova-Murueta J.H. ve García-Carreno F.L. (2010). Functional properties of protein from frozen mantle and fin of jumbo squid *Dosidicus gigas* in function of pH and ionic strength. *Food Science and Technology International*, 16: 451.
- Rowe, R. W. D. (1973). The ultrastructure of the Z discs from white, intermediate, and red fibers of mammalian striated muscles. *J. Cell Biol.*, 57, 261.
- Sarma, J., G. Reddy, V.S. ve Srikar, L.N. (2000). Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*). *Food Research International* 33 (2000), 815-820.

- Segura-Campos, M., Perez-Hernandez, R., ChelGurerero, L., Castellanos-Ruelas, A., GallegosThintore, S. ve Betancur-Ancona, D. (2013). Physicochemical and functional properties of dehydrated Japanese quail (*Coturnix japonica*) egg white. *Food Nutr Sci* 4: 289-298, doi: 10.4236/fns.2013.43039.
- Sharifian, A., Soltanizadeh, N. ve Abbaszadeh, R. (2019). Effects of dielectric barrier discharge plasma on the physicochemical and functional properties of myofibrillar proteins. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.03.006>.
- Shi, X., Zou, H. ve Sun, S. (2019). Application of high-pressure homogenization for improving the physicochemical, functional and rheological properties of myofibrillar protein. *International Journal of Biological Macromolecules*, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.110>.
- Siegel, D.G. ve Schmidt, G.R. (1979). Ionic, pH and temperature effects on the binding ability of myosin. *Journal of Food Science*, 44:1686.
- Srikar, L. N. ve Reddy, G.V.S. (1991). Protein solubility and emulsifying capacity in frozen stored fish mince. *J Sci Food Agric*, 55, 447-453.
- Syska, H., Perry, S. V. ve Trayer, I. P. (1974). A new method of preparation of troponin I (inhibitory protein) using affinity chromatography. Evidence for three different forms of troponin I in striated muscle. *FEBS Lett.*, 40, 253.
- Takahashi, K. ve Hattori, A. (1989).  $\alpha$ -Actinin is a component of the Z-filament, a structural backbone of skeletal muscle Z-disks. *J. Biochem. (Tokyo)*, 105, 529.
- Theno, D.M., Siegel, D.G. ve Schmidt, G.R. (1978). Meat massaging: Effects of salt and phosphate on the ultrastructure of cured porcine muscle. *J Food Sci*, 43:488-492.
- Torley, P.J. ve Young, O.A. (1995). Rheological changes during isothermal holding of salted beef homogenates. *Meat Science*, 39:23-34.
- Venugopal, V. ve Shahidi F. (1996). Structure and composition of fish muscle. *Food Reviews International*, 12:2, 175-197, DOI: 10.1080/87559129609541074.
- Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. ve Thepkasikul P. (2004). Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to nham characteristics. *Meat Science*, 66, 579-588.

- Wu, F., Shi, X., Zou, H., Zhang, T., Dong, X., Zhu, R. ve Yu, C. (2019). Effects of high-pressure homogenization on physicochemical, rheological and emulsifying properties of myofibrillar protein. *Journal of Food Engineering*, 263, 272–279.
- Xiong, L. ve Blanchard, P. (1994). Myofibrillar protein gelation: Viscoelastic changes related to heating procedures. *Kentucky Agricultural Experiment Station Journal*, 93-6-192.
- Xiong, Y. L. (1994): Myofibrillar protein from different muscle fiber types: Implications of biochemical and functional properties in meat processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34:3, 293-320.
- Xiong, Y.L. ve Blanchard, S.P. (1993). Viscoelastic properties of myofibrillar protein and polysaccharide composite gels. *Journal of Food Science*, 58:164.
- Xiong, Y.L. ve Brekke, C.J. (1991). Gelation properties of chicken myofibrils treated with calcium and magnesium chlorides. *Journal of Muscle Foods*, 2:21.
- Xiong, Y.L. ve Kenney P.B. (1999). Functionality of proteins in meat products. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*, 52.
- Xiong, Y.L., Lou, X., Wang, C., Moody, W.G. ve Harmon, R.J. (2000). Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solutions. *J Food Sci*, 65:96-100.
- Yates, L. D. ve Greaser, M. L. (1983). Quantitative determination of myosin and actin in rabbit skeletal muscle. *J. Mol. Biol.*, 168, 123.
- Zheng, J. et al., (2019). Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties. *Food Hydrocolloids* 96 (, 36–42.
- Zhou, L. et al., (2019). Effects of high-speed shear homogenization on the emulsifying and structural properties of myofibrillar protein under low-fat conditions. *JSci Food Agric*, 99: 6500–650.

## ÖZGEÇMİŞ

Armin BJELAK, 6 Temmuz 1993 yılında Prijepolje, Sırbistan’da doğdu. İlk okulu ve lise eğitimini Konjic, Bosna Hersek’te tamamladı. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümünden, 2013 yılında mezun oldu. 2017 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji ( Enzim ve Mikrobiyoloji) Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

