

TC
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRASES UYGULAMASININ HAMSİ İŞLEME ATIKLARINDAN
ALKALİ VE ASİDİK EKSTRAKSİYONLA ELDE EDİLEN
PROTEİN İZOLATLARIN FONKSİYONEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

RİDVAN ATMACA

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN
2020

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Rıdvan ATMACA tarafından hazırlanan “**Ultrases Uygulamasının Hamsi İşleme Atıklarından Alkali ve Asidik Ekstraksiyonla Elde Edilen Protein İzolatların Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Etkisi**” adlı tez çalışması .../.../2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Sadettin TURHAN
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Başkan Prof. Dr. Sadettin TURHAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. Zekai TARAKÇI
Ordu Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../2020

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdür

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

31/01/2020

Rıdvan ATMACA



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULTRASES UYGULAMASININ HAMSI İŞLEME ATIKLARINDAN ALKALİ VE ASİDİK EKSTRAKSİYONLA ELDE EDİLEN PROTEİN İZOLATLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Rıdvan ATMACA

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sadettin TURHAN

Bu tez çalışmasında, hamsi işleme atıklarından alkali (pH=11) ve asidik (pH=2) ekstraksiyonla elde edilen protein izolatlarından hazırlanan %3'lük çözeltiler ultrases işlemcide titanyum prob kullanılarak 4 farklı (%0, 50, 75 ve 100) amplitüt derecesinde 4 dakika süreyle ultrases uygulamasına tabi tutulmuş ve fonksiyonel özellikler yönünden incelenmiştir.

Alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatlar daha yüksek su, protein ve a^* (kırmızılık) fakat daha düşük verim değeri sergilemiştir ($p<0.05$). Alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların su bağlama kapasitesi, çözünürlük, köpük kapasitesi, köpük stabilitesi ve emülsiyon stabilitesi ultrases uygulamasından etkilenirken, alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatların yağ bağlama kapasitesi de etkilenmiştir ($p<0.05$). Alkali ekstraksiyon için en yüksek su bağlama kapasitesi %100 amplitüt ultrases uygulanan izolatlarda belirlenirken, asidik ekstraksiyon için %75 amplitüt ultrases uygulananlarda belirlenmiştir ($p<0.05$). Alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatların yağ bağlama kapasitesi 2.19 ile 2.58 g yağ/g protein arasında değişmiş ve en yüksek değer %50 ve %100 amplitüt ultares uygulanan izolatlarda belirlenmiştir ($p<0.05$). Ultrases amplitütünün artması ile protein izolatların çözünürlük, köpük kapasitesi ve stabilitesi değerleri genelde artarken, emülsiyon stabilitesi değerleri genelde azalmıştır. Hamsi atık proteinlerinin alkali yöntemle ekstraksiyonu yağ bağlama kapasitesi, çözünürlük ve emülsiyon stabilitesi yönünden daha iyi sonuçlar verirken, asidik yöntemle ekstraksiyon köpük kapasitesi, köpük stabilitesi ve emülsiyon aktivitesi yönünden daha iyi sonuçlar vermiştir ($p<0.05$).

Sonuçlar, hamsi işleme atıklarından protein izolatların ekstraksiyonunda bazı parametreler yönünden alkali ekstraksiyonun, bazı parametreler yönünden ise asidik ekstraksiyonun daha iyi sonuçlar verdiğini ve ultrases uygulamasının izolatların fonksiyonel özelliklerini genelde olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Ocak 2020, 55 sayfa

Anahtar kelimeler: Ultrases, hamsi işleme atığı, alkali ekstraksiyon, asidik ekstraksiyon, protein izolat, fonksiyonel özellik

ABSTRACT

Master's Thesis

THE EFFECT OF ULTRASOUND TREATMENT ON FUNCTIONAL PROPERTIES OF PROTEIN ISOLATES FROM ANCHOVY PROCESSING BY-PRODUCTS USING ALKALINE AND ACIDIC EXTRACTION

Rıdvan ATMACA
Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Sadettin TURHAN

In this study, 3% solutions prepared from protein isolates from anchovy processing by-products using alkaline (pH=11) and acidic (pH=2) extraction were subjected to ultrasound treatment at different amplitudes (0, 50, 75 and 100%) for 4 min in an ultrasonic processor with a titanium probe and were examined for functional properties.

The isolates obtained by alkaline extraction exhibited higher moisture, protein and a^* (redness), but lower yield value ($p<0.05$). While the water binding capacity, solubility, foam capacity, foam stability and emulsion stability of isolates obtained by alkaline and acidic extraction were affected by ultrasound treatment, while oil binding capacity of isolates obtained by alkaline extraction was also effected ($p<0.05$). For alkaline extraction, the highest water binding capacity was determined at 100% amplitude, but for acidic extraction was determined at 75% amplitude ($p<0.05$). The oil binding capacity of the isolates obtained by alkaline extraction ranged from 2.19 to 2.58 g oil/ g protein, and the highest value was determined in isolates treated with ultrasound at 50 and 100% amplitude ($p<0.05$). While the solubility, foam capacity and stability values of protein isolates generally increased as the ultrasound amplitude increased, emulsion stability values generally decreased. The alkaline extraction of anchovy by-product proteins gave better results in terms of oil binding capacity, solubility and emulsion stability, while the acidic extraction gave better results in terms of foam capacity, foam stability and emulsion activity ($p<0.05$).

Results show that alkaline method in terms of some parameters and acidic method in terms of other parameters give better results for extraction of by-product proteins, and ultrasound treatment generally positively affects the functional properties of protein isolates.

January 2020, 55 pages

Key words: Ultrasound, anchovy processing by-product, alkaline extraction, acidic extraction, protein isolate, functional properties

TEŞEKKÜR

Eğitim kariyerimde önemli bir yere sahip olan, yalnızca akademik çalışmalarında değil, bütün konularda çok değerli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve daima destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Sadettin TURHAN'a,

Bilgi ve tecrübeleri ile bana yardımcı olan Sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Furkan Türker SARICAOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi İlyas ATALAR, Arş. Gör. Latife Betül GÜL, Arş. Gör. Ayşegül BEŞİR ve Dr. Arş. Gör. Volkan Arif YILMAZ' a,

Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen tüm Yüksek Lisans Öğrencisi arkadaşlarıma,

Bu çalışmayı tamamlamam için elinden gelen herşeyi yapan, hiçbir desteğini benden esirgemeyen, beni koşulsuz seven, her zaman yanımda olan ve her kararında bana saygı duyup güvenen başta babam Çetin ATMACA ve annem Nurgül ATMACA olmak üzere tüm aileme en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Ocak 2020, Samsun

Rıdvan ATMACA

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	VIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Su Ürünleri İşleme Atıkları	4
2.2. Proteinler ve Fonksiyonel Özellikleri	5
2.2.1. Su ve yağ bağlama	7
2.2.2. Çözünürlük	8
2.2.3. Köpük oluşturma	9
2.2.4. Emülsiyon oluşturma	9
2.3. Ultrases	11
3. LİTERATÜR ÖZETİ	14
3.1. Bitkisel Kaynaklı Proteinlerle İlgili Çalışmalar	14
3.2. Hayvansal Kaynaklı Proteinlerle İlgili Çalışmalar	16
3.3. Proteinlere Ultrases Uygulamayla İlgili Çalışmalar	18
4. MATERYAL VE YÖNTEM	21
4.1. Materyal	21
4.2. Yöntemler	21
4.2.1 Hamsi işleme atıklarından proteinlerin ekstraksiyonu	21
4.2.2. Protein izolatlarına ultrases uygulaması	22
4.2.3. Analiz yöntemleri	23
4.2.4. İstatistiksel analizler	27
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
5.1. Hamsi İşleme Atıklarının Özellikleri	29
5.2. Protein İzolatların Özellikleri	30
5.2.1. Su, protein, renk ve verim	30
5.2.2. Su bağlama kapasitesi	33
5.2.3. Yağ bağlama kapasitesi	35
5.2.4. Protein çözünürlüğü	37
5.2.5. Köpük kapasitesi ve stabilitesi	40

5.2.6. Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi.....	43
6.SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49
ÖZ GEÇMİŞ	56



SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

°C	Santigrat
cm	Santimetre
CO ₂	Karbon dioksit
dak.	Dakika
g	Gram
HCl	Hidroklorik asit
kg	Kilogram
kHz	Kilohertz
mH	Megahertz
mL	Mililitre
mm	Milimetre
M	Molar
m ²	Metrekare
NaCl	Sodyum klorür
nm	Nanometre
NaOH	Sodyum hidroksit
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat

KISALTMALAR

SDS	Sodyum Dodesil Sülfat
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Ses frekans aralıkları.....	11
Şekil 2.2	Ultrasonik ünite.....	12
Şekil 4.1	Biuret yöntemiyle çözünür protein analizinde kullanılan sığır serum albümini standart eğrisi.....	26



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	Deneme planı ve protein çözeltilerine uygulanan ultrases intesit (yoğunluk)’leri	23
Çizelge 5.1	Hamsi işleme atıklarının kimyasal özellikleri.....	29
Çizelge 5.2	Alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların su, protein, renk ve verim değerleri	30
Çizelge 5.3	Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların su bağlama kapasitesi üzerine etkisi ...	33
Çizelge 5.4	Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların yağ bağlama kapasitesi üzerine etkisi .	36
Çizelge 5.5	Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların çözünürlüğü üzerine etkisi.....	38
Çizelge 5.6	Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların köpük kapasitesi üzerine etkisi	40
Çizelge 5.7	Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların köpük stabilitesi üzerine etkisi.....	41
Çizelge 5.8	Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların emülsiyon kapasitesi üzerine etkisi ...	44
Çizelge 5.9	Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların emülsiyon stabilitesi üzerine etkisi ...	45



1. GİRİŞ

Dünyada nüfus artışına paralel olarak gıda maddesi üretimi de her geçen gün artmaktadır (Kılınç, 2007). Gıda maddesi üretimindeki artışla birlikte tüketiciler beslenme ihtiyaçlarını karşılamakta ve aynı zamanda kendilerine ekonomik açıdan kolaylık sağlayacak ürünleri tercih etmektedir (Tahergorabi vd, 2015). Bununla birlikte, ekonomik açıdan gelir durumu düşük olan tüketiciler hayvansal kaynaklı proteinleri yeterli oranda tüketemiyor ve bu yüzden yeni protein kaynaklarına gereksinim her geçen gün artmaktadır (Maksan ve Ayrancı, 1989). Bazı bitkisel gıdalar (soya, bezelye ve yer fıstığı) yüksek oranda protein içerseler de, hayvansal gıdalardaki protein miktarı ve bu proteinlerin biyolojik değeri daha yüksektir (Arıkan Er, 2007).

Dünyada hayvansal proteinlerin tüketimini arttırmak için yeni ve ucuz kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır (Tural, 2016). Bunun için en uygun kaynaklardan biri hayvansal gıda atıklarının doğru ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesidir. Gıda fabrikalarında işleme esnasında meydana gelen gıda atıklarının doğru bir şekilde kullanılması, sadece çevre kirliliğinin önlenmesi açısından değil, aynı zamanda ekstra gelir sağlanması ve farklı ürünlerin ortaya çıkması açısından da önemlidir. Gelecek yıllarda hızlı bir şekilde artan nüfus ile birlikte gıda işleyen fabrikaların sayısının artmasıyla gıda atıkları büyük oranda artış gösterecek ve bu artış ile birlikte çevre kirliliği de büyük oranda artacaktır. Bu yüzden atıkların belirli bir alanda toplanması ve bu atıkların işlenmesi ile birlikte yeni ürünlerin üretilmesi gerekmektedir. Bu uygulamalar insan sağlığı, çevre kirliliği ve ülke ekonomisi açısından da önemlidir (Yağcı vd, 2006). Gıda endüstrisinde gerekli işlemler uygulandıktan sonra meydana gelen katı atıklar önemli oranda protein içeriğine sahiptir. Özellikle balıklar yüksek protein içeriğine sahip olduklarından işlenmeleri sırasında oluşan balık atıkları da önemli miktarda protein içermektedir (Kılınç, 2007).

Dünyada, su ürünlerinin işlenmesi sırasında yılda yaklaşık 20 milyon ton, kırmızı ve kanatlı etlerin işlenmesi sırasında da yaklaşık 100 milyon ton atık olduğu tahmin edilmektedir. Günümüzde birçok ülke bu atıkların büyük

miktarlarını değerlendirmeden kaybetmektedir. Bununla birlikte atıkların son yıllarda gübre ve hayvan yemi olarak kullanımı genelde etkili olmamıştır. Bununla birlikte balık, kümes hayvanları ve kırmızı et kesim atıklarında bulunan yapısal proteinler olan kollajen, elastin ve keratin, bunlardan elde edilen hidrolizatlar ve peptidler geri kazanılabilir ve biyotıp, eczacılık ve gıda gibi öncelikli alanlarda ve kozmetik gibi oldukça karlı alanlarda kullanılabilir (Zou vd, 2017).

Ülkemizde, denizlerden avlanan su ürünlerinin en önemlilerinden biri balıklar olup, bunların da büyük bir kısmı hamsiden oluşmaktadır. Ülkemiz denizlerinden avlanan hamsilerin çoğunluğu balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılmakta, geriye kalan kısmı ise değişik yöntemler (dondurma, konserve etme, marine etme ve tuzlanma) kullanılarak işlenmektedir. Hamsilerin işlenmesi sırasında önemli miktarda hamsi atıkları (baş, kılçık ve iç organlar) açığa çıkmakta ve bu atıklar genellikle çevreye atılarak kirliliğe neden olmaktadır (Tural, 2016). Üstün ve Turhan (1997), hamsi işleme atıklarının önemli oranda yağ ve protein içerdiğini ve bu nedenle hamsi işleme atıklarının balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Türkiye’de 24.000 civarında gıda işletmesi bulunmakta ve bu işletmelerin % 56’sını un ve unlu mamüller, % 18’ini süt ve süt ürünleri, % 12’sini meyve-sebze, % 4’ünü bitkisel yağ ve margarin, % 3’ünü şekerli mamüller, % 2.5’ini et mamülleri ve % 4.5’lik kısmını da alkolsüz içecekler, su ürünleri ve diğer gıda üretimi yapan işletmeler oluşturmaktadır (Şener ve Ünal, 2008). Türkiye balık yetiştirme ve işleme konusunda dünya standartlarını yakalamış olup, yurt dışına balık ürünlerini pazarlama potansiyeline sahip işletmeleri mevcuttur (Kılınç, 2007).

Deniz ürünleri, yüksek oranda protein sağlama, doygunluk ve tok tutma hissi verme, esansiyel yağ asitlerinin temelini oluşturma, farklı tat ve lezzet ihtiyaçlarını karşılama yönünden insan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır (Yılmaz vd, 2006). Balık proteinlerinin fonksiyonel özelliklerinin bilinmesi, mevcut olan ürünlerin geliştirilmesini, alışılagelmişin dışında protein kaynaklarının kullanılmasını, enerji maliyetlerinin azaltılmasını, yeni ürün üretilmesini ve atıkların değerlendirilmesini sağlamaktadır (Gençcelep, 2008).

Proteinlerin gıdalarda kullanımı etkileyen en önemli parametre fonksiyonel özellikleri olup, doğal proteinler gıda endüstrisi için arzu edilen fonksiyonel

özellikleri kısmen de olsa gösterirler. Bu nedenle fonksiyonel özelliklerini geliştirmek ve kullanımlarını artırmak için yapısal modifikasyon uygulanmaktadır. Ultrases, bu amaçla uygulanabilen teknolojilerin önemlilerinden biridir ve insan kulağı (20 kHz) tarafından tespit edilebilecek olanlardan daha yüksek bir ses seviyesine sahip ses dalgalarını ifade etmektedir. Bu dalgalar kavitasyon, sıkıştırma ve türbülans gibi etkilerle materyallerde karakteristik etkiler yaratmaktadır (Kim vd, 2017). Ultrases; ucuz, basit, hızlı ve enerji tasarrufu sağlayan bir uygulama olması nedeniyle gelişmekte olan yeni teknolojiler arasında yerini almaktadır (Akdeniz ve Akalın, 2017). Et işlemede, genellikle et dokusu, su tutma, renklendirme, kürlleme, marine etme ve pişirme veriminin arttırılması için uygulanmaktadır (Kim vd, 2017). Isıl işlem olmadan yapılan bu işlem oda sıcaklığında çalışmaya imkan sağlanmaktadır. Gıda maddelerinin lezzet, tekstür ve besleyici özelliklerini daha iyi korunmakla birlikte mikroorganizmaları da inaktive etmektedir (Sayın ve Tamer, 2014).

Ultrases uygulamasının hayvansal ve bitkisel esaslı proteinlerin fonksiyonel, kimyasal, yapısal ve reolojik özelliklerine etkisine odaklanan birkaç çalışma olmasına rağmen, hamsi atıklarından elde edilen protein izolatların fonksiyonel özelliklerine etkisi konusunda herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada ultrases uygulamasının hamsi işleme atıklarından elde edilen protein izolatların fonksiyonel özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Su Ürünleri İşleme Atıkları

Su ürünleri işletmelerindeki artış ve su ürünleri işleme teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak işlenmiş su ürünlerinin miktarı her geçen gün artmakta ve işleme sırasında önemli miktarda atık meydana gelmektedir (Çaklı ve Kılınç, 2004). Türkiye İstatistik Kurumu 2017 yılı verilerine göre, yaklaşık 130.917 ton deniz ürünü balık unu ve yağı üretiminde kullanılmakta, 2.093 ton deniz ürünü ise herhangi bir işlem uygulanmaksızın çöpe atılmaktadır (TÜİK, 2017). Su ürünleri işletmelerinde atık olarak tanımlanan baş, iç organ ve yüzgeçler işleme sırasında genellikle ayıklanıp çöpe dökülmektedir. Genel olarak işletmelerde avlanan balıklarda randıman %60-70 aralığında değişmektedir. Buna göre yaklaşık %30-40'lık geriye kalan kısım çöpe gitmektedir (Korkut ve Yıldırım, 2003). Çöpe atılan bu oran yengeçlerde %70-75, karideslerde %50-55 civarındadır. Su ürünleri atıklarının değerlendirilerek yeni ürün elde edilmesi ucuz ve az enerji gerektiren bir işlemdir (Kılınç, 2007). Su ürünleri işletmelerinde çöpe giden bu atıklardan protein izolatu elde edilerek işletmeye ekonomik açıdan değer kazandıracak yeni ürünler üretilmektedir (Korkut ve Yıldırım, 2003).

Dünya'da insanların yeterli miktarda protein alamaması sebebiyle bazı hastalıklar oluşmaktadır. Bu hastalıklarla mücadele etmek ve protein eksikliğini tamamlamak için gıda ürünlerinden alınan protein yanında, işlenmiş balık atıklarından üretilen protein izolatlarının tüketime sunulması gün geçtikçe daha da önemli hale gelmektedir (Çankırılıgil ve Berik, 2017). Su ürünleri işletmelerindeki atıkların ham protein miktarı %8-12 arasında, ham yağ miktarı %5-13 arasında, ham kül miktarı ise %3-5 arasında değişmektedir (Korkut ve Yıldırım, 2003).

Su ürünleri işleme atıkları işlenerek farklı ürünlerin yapısında kullanılabilir. Örneğin; yüksek proteolitik aktiviteye sahip su ürünleri atıkları balık sosu, gübre eldesi, balık iç organlarının hidrolizi ile peptonların üretiminde, deri, kemik ve yüzgeçlerden kollagenin izolasyonunda, balık atıklarından enzimlerin ve biyoaktif peptidlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır (Kılınç, 2007). Su ürünleri işlenirken

değerlendirilmeyen bazı kısımlar besin değeri açısından oldukça önemlidir. Bu kısımlar balık yağı ve balık kıyması olarak değerlendirilebilir. Bu şekilde elde edilen balık yağı ve balık kıyması insan beslenmesi için faydalı hale gelmekte ve uzun süre muhafaza edilmektedir (Çankırılıgıl ve Berik, 2017). Su ürünleri atıklarının kullanımı kokuları nedeniyle sınırlı olmaktadır.

İşletmelerde oluşan su ürünleri atıklarının değerlendirilmesiyle çevreye vermiş olduğu zarar önlenmekte, su ürünleri atıklarından elde edilen ürünler bazı hayvanların beslenmesine katkı sağlamaktadır. Buna ilave olarak bu atıklardan elde edilen ürünlerin bazı soslara katılarak hazırlanan sosun besin değeri, lezzet ve aromasında yer alarak insanların tüketimi için uygun ürünler elde edilmektedir (Kılınc, 2007).

Bechtel vd (2010) Pasifik Okyanus levreği (*Sebastes alutus*) atıkları üzerinde bir çalışma yapmışlar. Bu çalışmaya göre balık atıklarının besleyici özelliklerine bakılmış ve atıkların yüksek oran ve kalitede protein, omega 3 yağ asidi içerdiğini belirtmişlerdir. Buna ilave olarak kalsiyum ve fosfor içeriğinin balık baş ve kılçıklarında yüksek düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir.

He vd (2011) Yellowtail Kingfish (*Seriola lalandi*) ve Atlantik somon (*Salmo salar*) balıklarının işlenmesiyle ortaya çıkan atıklarla ilgili yaptıkları çalışmada balık atıklarının %10-20 arasında protein ve %20-30 arasında da yağ içerdiğini ve omega 3 yağ asidi, esansiyel aminoasit ve farklı çeşitte mineraller açısından da zengin olduğunu tespit etmişlerdir.

Gencbay ve Turhan (2016), hamsi işleme atıklarının kimyasal ve besinsel özelliklerini incelemişler ve yüksek oranda besin içerikleri nedeniyle farklı şekilde (balık protein tozu, balık protein hidrolizatı, balık yağı ve mineral takviyeleri) değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir.

2.2. Proteinler ve Fonksiyonel Özellikleri

Proteinler, tüm hayati olayların gerçek temeli olarak çok büyük fizyolojik öneme sahip olan gıda bileşenleridir. Proteinler, peptit bağlarıyla bağlanmış 20 farklı amino asitten oluşan polimerlerdir. Peptit bağı, bir aminoasidin alfa amino grubu ile bir diğerinin alfa karboksil grubu arasında su molekülünün ortadan kaldırılmasıyla kovalent bağ şeklinde oluşan bir amid bağıdır (Aydemir, 2014).

Proteinlerin dört farklı yapısı vardır. Bunlar; primer (birinci), sekonder (ikinci), tersiyer (üçüncü) ve kuartern (dördüncü) yapısıdır. Proteinlerin yapı taşı olan aminoasitlerin peptit bağları ile birbirlerine bağlanması sonucunda polipeptitlerin oluşturduğu yapıya primer yapı denir. Hidrojen bağlarının oluşması ile sekonder yapıda bükülmeler ve katlanmalar oluşmaktadır. Üçüncül yapıda, proteinler Van der Waals çekiminin etkisiyle bağların meydana gelmesiyle katlanmalar ileri düzeyde meydana gelmekte ve üç boyutlu görüntü kazanmaktadırlar (Sarıcaoğlu, 2018).

Proteinler, gıda ürünlerinde ve insan metabolizmasında önemli görevlere sahiptirler. Canlı organizmaların temelini oluşturarak hücre içi sistemlerde önemli bir görev alırlar. Proteinler, insanlar için esansiyel aminoasitleri içermelerinin yanında fonksiyonel özellikleri ile eklendikleri gıda ürünlerinin yapısını da geliştirmektedirler. Proteinler gıda üretiminde hayvansal ve bitkisel kaynaklı olmak üzere iki şekilde kullanılırlar. Gelecekte protein kaynaklarında yetersizlik olacağı endişesiyle 1950’li yılların başından başlayarak günümüze kadar değişik protein kaynakları bulmak için araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla maya, küf, bakteri gibi canlılardan, hayvansal kaynaklardan ve bu kaynakların üretimi sırasında oluşan gıda atıklarından protein geri kazandırılması yönünde araştırmalar devam etmektedir (Türkoğlu, 2017). Proteinler sahip oldukları işlevsel özellikleri sayesinde gıda uygulamalarında önemli bir role sahiptir. Tat-koku, renk ve görünüş gibi parametreleri belirlemek için proteinlerin işlevsel özelliklerinden yararlanılmaktadır (Kinsella, 1979).

Gıda maddelerinin üretimden tüketiciye ulaşmaya kadar geçen süre sırasında gıdalarda bulunan proteinlerin davranışlarını etkileyen fiziksel ve kimyasal özellikler proteinlerin fonksiyonel özellikleri olarak tanımlanmaktadır. Gıdalardaki proteinlerin fonksiyonel özellikleri çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bunlar; proteinin aminoasit kompozisyonu, protein yapısı, protein şekli, ekstraksiyon ve kurutma gibi protein elde etme yöntemler ve bu yöntemleri etkileyen parametrelerden oluşur. Çeşitli gıdalardan elde edilen protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri birbirinden farklı olup; bu izolatının nasıl üretildiği (yöntemi) ve uygulanan diğer işlemler de izolatın fonksiyonel özelliğini etkilemektedir (Yavuz ve Özçelik, 2016). Proteinlerin fonksiyonel özellikleri şu şekilde sıralanabilir: protein çözünürlüğü, proteinin su ve yağ bağlama kapasitesi, emülsiyon oluşturma özelliği, köpük oluşturma kapasitesi ve

stabilitesi, jelleşme ve viskozite gibi özelliklerdir. Bu özelliklerin ürün kalitesine önemli etkisi bulunmaktadır (Hüriyet, 2014).

2.2.1. Su ve yağ bağlama

Proteinler, saflaştırılırken ve sindirilebilirlik açısından uygun hale getirilirken fiziksel ve kimyasal metotlardan yararlanılmaktadır. Bu uygulamalar proteinin işlevselliğini ve kalitesini önemli oranda etkilemektedir. Amino asit kompozisyonu, molekül büyüklüğü, yapısı ve izoelektrik noktaları gibi özellikler gıda proteinlerinin su ve yağ bağlama kapasitelerinde değişkenlik göstermektedir. Bunlar arasında protein kompozisyonu ve amino asit dizilişi, su ve yağ bağlama kapasitesinin belirlenmesinde önemlidir. Belirli koşullarda gıda maddesi tarafından tutulan su miktarı gıdaların su bağlama kapasitesi olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak protein yapısı bağlı su ve alıkonmuş su olarak iki kategoride incelenir. Alıkonmuş su protein ortamı tarafından tutulan sudur. Bağlı su ise, protein molekülüne bağlanan ve çözücü özelliğini kaybeden sudur. Alıkonmuş su ortamın yapısından etkilenirken, bağlı su proteinin fonksiyonel özelliklerinden etkilenmektedir (Öztop, 2014).

Su tutma kapasitesinin et ürünlerinde önemli işlevi vardır. Protein içeren gıda ürünlerinin su tutma kapasitelerinin hesaplanması, hem tüketime sunulan ürünler için hem de yeni ürün geliştirmek için önemlidir. Birçok gıda ürünü %50-95 arasında su içerebildiğinden su tutma kapasitesinin yüksek olması gerekmektedir. Su tutma oranı düşük ürünlerde, pişirme ve dondurma sırasında sıvı ayrılması gözlenmektedir (Fıratlıgil Durmuş, 2008).

Proteinlerin su bağlama yeteneğini protein konsantrasyonu ve dizilişi, pH, sıcaklık, zaman, iyonik kuvvet ve ortamda bulunan diğer protein-protein ya da protein-su arasındaki kuvvet etkilemektedir (Öztop, 2014). Su tutma kapasitesi izoelektrik noktada en düşük düzeydedir. Çünkü bu noktada protein-protein etkileşimi maksimum oranda meydana gelmektedir. Proteinlerin su bağlama, şişme ve çözünürlüğünü iyonların konsantrasyonu ve çeşidi önemli derecede etkilemektedir (Tokatlı, 2004).

Yağ bağlama mekanizması, proteinin mikro yapısı hakkındaki bilgiler ile açıklanabilir (Fıratlıgil Durmuş, 2008). Yağ bağlama kapasitesi için protein oranı yüksek gıdalarda, protein ortamının gözenek boyutu önemlidir. Protein ortamının

gözenek boyutu, yağ çeşidi ve yağ dağılımından etkilenmektedir. Jel yapısını, proteinler ve yağlar arasındaki reaksiyonlar etkilemektedir. Gıda ürünlerinde yağ, sulu protein fazda çözünür ve pıhtılaşma gibi ürün yapısını bozan yapılar istenmez (Öztop, 2014). Gıda ürünlerinden elde edilen protein tozlarında yağ tutma özelliği, toz partiküllerin büyüklüğünden etkilenmektedir. Düşük yoğunluğa ve küçük partikül boyutuna sahip protein tozları, yüksek yoğunluklu protein tozlarına göre daha fazla yağ bağlarlar (Fıratlıgil Durmuş, 2008).

Protein molekülünün polar olmayan kısımları, yağ-protein interaksiyonunun gerçekleştiği temel kısımdır. Yağ-protein interaksiyonları hidrofobik, elektrostatik, hidrojen ve kovalent olmayan bağlar içermektedir. Yağ tutma kapasitesi yüksek olan proteinler hidrofobik proteinlerdir (Hüriyet, 2014).

2.2.2. Çözünürlük

Proteinlerin en önemli özelliklerinden bir diğeri çözünebilir olmalarıdır. Bu özellik proteinlerin fonksiyonel özellik taşımasının en büyük etkenidir. Çeşitli gıdalarda, köpüklerde, oluşturulan emülsiyonlarda proteinin fonksiyonel özelliğini göstermesi için proteinin çözünür olması gerekmektedir. Buda diğer özelliklerin fonksiyonel özellik göstermesi için çözünürlüğün ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Yavuz ve Özçelik, 2016).

Proteinlerin işleme sırasındaki çözünürlük durumları yapılardan kaynaklanmaktadır. Bu yapılar sırasıyla hidrofobik ve iyonik yapılardır. İşlemede kullanılan parametreler de bu durumu etkilemektedir. Hidrofobik interaksiyonlar, protein-protein interaksiyonunun oluşmasına yol açarak çözünürlüğün azalmasına neden olmaktadır. Buna karşın iyonik interaksiyonlar protein-su interaksiyonuna yol açarak çözünürlüğü artırmaktadır. Proteinin çözünürlüğü veya çözünmeme olayı doğal özelliğinden kaynaklandığı gibi, herhangi bir faktöre bağlı olarak da meydana gelmektedir. Bu faktörler; ortamın pH'sı, iyonik kuvveti, ortam sıcaklığı ve protein konsantrasyonu ile ortamdaki organik çözücüler (Öztop, 2014). İzoelektrik noktada proteinlerin çözünürlüğü en düşük düzeydedir. Her proteinin kendine özgü izoelektrik noktası vardır ve bu proteinin yapısına göre değişiklik gösterip pH 4-9 arasında değişmektedir (Yavuz ve Özçelik, 2016).

Proteinin çözünürlük derecesi sıvı fazdaki protein miktarının sıvı ve katı fazda dengede bulunan toplam protein miktarıyla ilişkisi olarak ifade edilmektedir. Teknik olarak da protein çözünürlüğü matematiksel bir parametredir. Belirli bir zaman ve santrifüj gücünde çözeltinin santrifüjü sonrasında proteinin süzöntüde alıkonması olarak da tanımlanabilmektedir (Öztop, 2014).

2.2.3. Köpük oluşturma

Gıda proteinlerinin bir diğer önemli fonksiyonel özelliği köpük oluşturma özelliğidir. Köpük iki fazlı bir sistem olarak tanımlanmakta ve sıvı veya katıdan oluşan sürekli bir fazın gaz fazını çevrelemesi sonucu oluşmaktadır (Tokatlı, 2004). Proteinler köpük oluşurken havanın sıvı bir faz yüzeyine yayılırlar. Bu sistem uzun süreli değildir ve hava/su faz yüzeyinde stabil olması için yüzey aktif moleküller gerekmektedir. Köpük oluşumundaki en önemli ihtiyaç, yeni ara yüzün enerjisini azaltmak için bir yüzey aktif maddenin olmasıdır. Bu şekildeki yüzey aktif madde farklı gıda ürünlerinde özel tekstür oluşmasına katkı sağlamaktadır. Bu yüzden genel olarak gaz olarak hava kullanılmasına karşın bazı durumlarda CO₂ kullanılmaktadır. Çok kompleks yapıya sahip olan dondurma buna iyi bir örnektir. Köpüğün kabarması, köpük kapasitesi ve köpüğün stabilitesi gibi parametreler yardımıyla proteinlerin köpük oluşturma özellikleri incelenmektedir (Yavuz ve Özçelik, 2016).

Proteinler köpükler de yüzey gerilimini azaltarak, köpük oluşmasında oluşan sıvı fazın viskoz ve elastik özelliklerini artırarak ve kuvvetli filmler oluşturarak temel fonksiyon görevi görürler. Proteinlerin köpük oluşturma kabiliyetleri hava-sıvı yüzeyindeki yüzey gerilimini azaltma kapasiteleri ile orantılıdır. Proteinlerin köpük oluşturma özelliklerini; elde edilen protein kaynağı, protein elde edilme yöntemi, sıcaklık, pH, karıştırma süresi, protein konsantrasyonu, köpük oluşturmak için kullanılan yöntem ve ısı parametreleri etkilemektedirler. Proteinler izoelektrik pH'da daha iyi köpük oluşturmaktadırlar. Daha yoğun ve stabil köpükler elde edilebilmek için protein konsantrasyonunun yüksek tutulması gerekmektedir (Hüriyet, 2014).

2.2.4. Emülsiyon oluşturma

Emülsiyon, birbiri içinde karışmayan iki sıvıdan birinin diğeri içinde küçük damlacıklar şeklinde dağılması olarak tanımlanmaktadır. Emülsiyon oluşturma

işlemi gıda ürünlerinde önemli bir kalite parametresidir. Proteinler emülsiyon oluştururken yağ damlacıkları etrafında bir film oluşturarak topaklaşma, sedimentasyon gibi faz ayrımı olaylarına engel olurlar (Yavuz ve Özçelik, 2016).

Emülgatörler arasında en önemlisi et proteinleridir. Bu proteinler, yağ-su ara yüzeyine absorblanarak yüzey gerilimini düşürmektedir. Et proteinlerinin emülsiyon oluşumunu kolaylaştırmak için pH'sını izoelektrik noktadan pozitif şekilde uzaklaştırmak gerekmektedir. Bu şekilde eşit itme gücüne sahip olan yağ globülleri etkileşime girerek birbirlerini iter ve emülsiyon oluşumu kolaylaşır (Gençcelep, 2008). Emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi, proteinlerin emülsiyon etme özelliklerini incelerken kullanılmaktadır. Emülsiyon aktivitesi, birim proteinde emülsiyon olan yağ miktarını hesaplamaya yararken, emülsiyon stabilitesi ise belirlenen bir süre boyunca emülsiyonunun yapısını bozacak değişikliklere karşı gösterilen dayanıklılığı ifade etmektedir (Yavuz ve Özçelik, 2016).

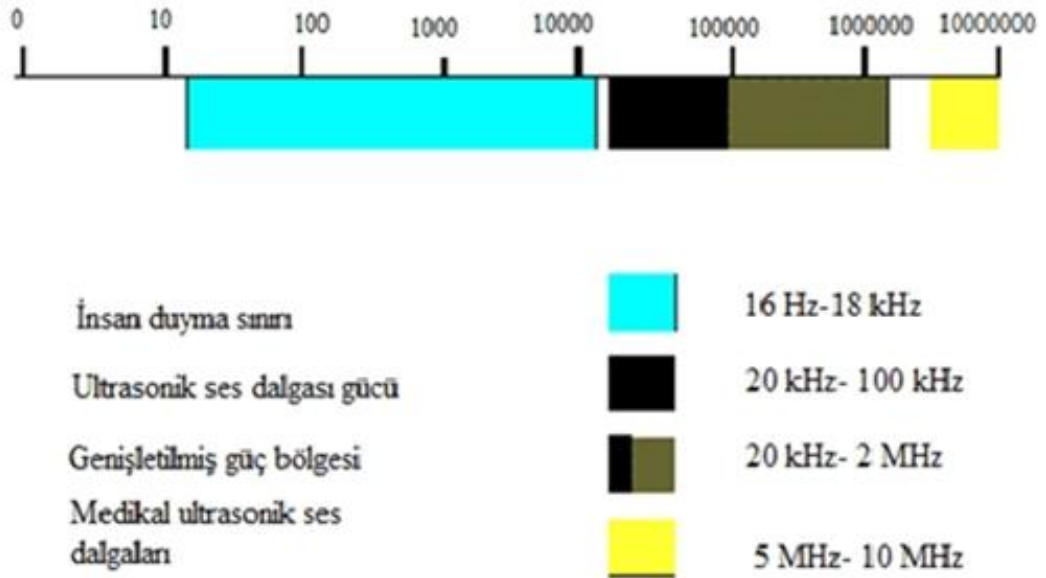
Tuzlu suda çözünebilen proteinler olarak bilinen miyofibriller proteinlerin emülsiyon teknolojisinde önemli bir rolü vardır. Proteinlerin oluşturduğu emülsiyonlarda çözünürlük çok önemlidir. Çözünürlüğü az olan proteinlerin oluşturduğu emülsiyonlarda o oranda emülsiyon özelliği gösterir ve bu oran çok düşüktür. Proteinin çözünür olması oluşturulan emülsiyonun daha stabil olmasını sağlar. Bu sayede yüzeylere hızlı adsorblama yeteneği kazanır, kuvvetli film oluşturma özelliği kazanırlar. Bu proteinlere en iyi örnek süt proteini olarak bilinen kazein ve peynir altı suyu proteinleridir (Fıratlıgil Durmuş, 2008).

Proteinin kaynağı, protein konsantrasyonu, pH, iyonik kuvvet, çözünürlük, sıcaklık, viskozite ve emülsiyon oluşurken yararlanılan alet ve ekipman gibi birçok faktör ve koşul, proteinlerin emülsiyon özelliklerini etkilemektedir. Bu faktörlerden pH oldukça önemlidir ve oluşan emülsiyon özelliklerini çözünürlük, yüzey hidrofobitesi ve lipid globüllerini çevreleyen tabakanın elektriksel yükünü değiştirerek etkilemektedir. Bu iyonlardaki değişiklik yapısal özellikleri ve proteinlerin çözünürlüğünü değiştirmektedir. Örneğin, 40-60°C arasında uygulanan ısı ile işlemle, protein yapısında çözünürlüğe etki etmez. Fakat azda olsa protein denatürasyonuna neden olmaktadır ve bu da damlacıkları çevreleyen protein tabakasının jelleşmesine ve sürekli fazın viskozitesinin azalmasına yol açmaktadır. Bu yüzden emülsiyon oluşturma özellikleri geliştirilebilmesi için orta derecede ısı

işlem önerilmektedir (Fıratlıgil Durmuş, 2008). Araştırmalar, sarkoplazmik (suda çözünen) proteinlerin pH 5.2’de en düşük emülsiyon kapasitesinin oluştuğunu ve alkali veya asidik ortamlarda yüksek miktarda düşüşlerin olduğunu, emülsiyon kapasitesinin pH 6-6.5’de maksimum olduğunu ve bir miktar pH’nın artmasıyla (pH=8 gibi) emülsiyon kapasitesinin etkilenmediğini göstermiştir (Gençcelep, 2008).

2.3. Ultrases

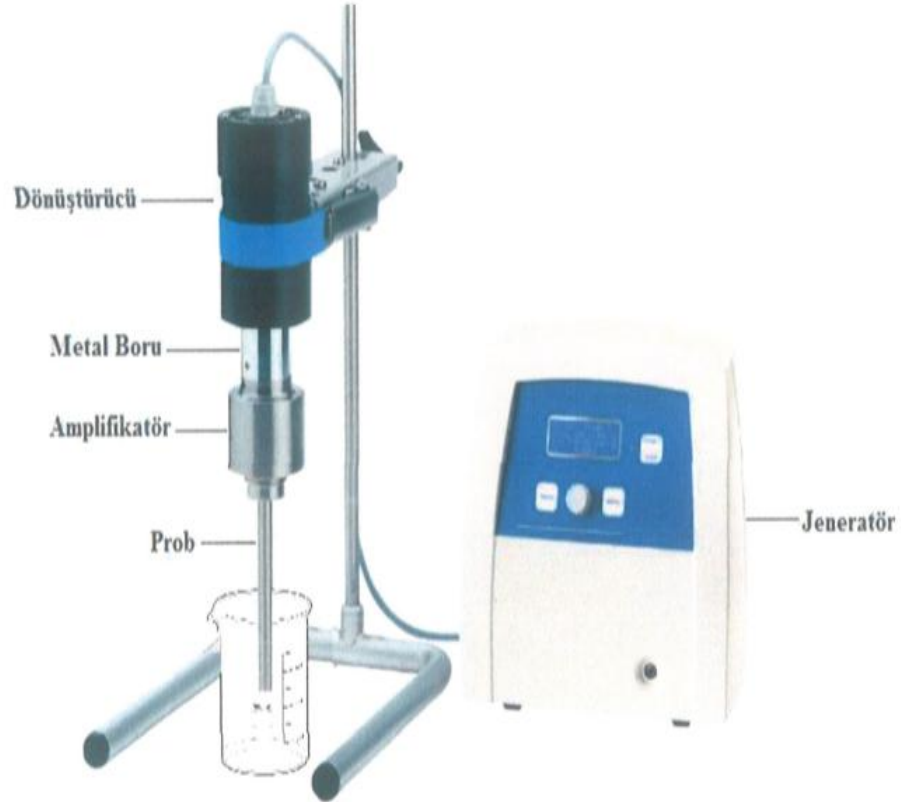
Ultrases, insanın işitebileceği sesten daha büyük bir frekansta, katılar, sıvılar veya gazlar yoluyla yayılan ses dalgaları ve mekanik titreşimler olarak tanımlanmaktadır. İnsan kulağının duyamayacağı kadar yüksek (20 kHz-10 MHz) dalgalar halinde ortaya çıkan enerji türüdür. Gıda muhafazasında ultrasonik ses dalgaları yöntemine yönelik çalışmalar eskiden de yapılmaktaydı. Fakat son 10-15 yılda bu uygulamayı kullanmaya yönelik bir artış meydana gelmiştir (Kırpık, 2018). Ultrason kullanım açısından 2 gruba ayrılmaktadır. Birincisi 1 W/cm²’nin altındaki enerjilerle, 100 kHz’in üzerindeki frekanslarla karakterize olmuş düşük enerjili uygulama, ikincisi ise yüksek enerjili uygulama (10-1000 W/cm²; 20-100 kHz)’dır (Özen, 2017).



Şekil 2.1. Ses frekans aralıkları

Düşük enerjili ultrasonik uygulamada açığa çıkan enerjinin çok düşük olmasından dolayı, dalganın geçtiği materyalde hiçbir fiziksel ve kimyasal değişim meydana gelmez. Düşük enerjili ultrasonik uygulama gıda sistemlerinde gıdaların

fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde sıkça kullanılmaktadır. Yüksek enerjili ultrasonik uygulama ise gıda ürünlerinde muhafaza süresini uzatmak için mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon amaçlı kullanılmaktadır. Bu yüzden yüksek enerjili ultrasonik uygulama, gıdayı fiziksel, kimyasal ve mekanik yönden etkilerken, düşük enerjili ultrasonik uygulamada böyle bir etki meydana gelmemektedir (Ercan ve Soysal, 2011).



Şekil 2.2. Ultrasonik ünite (Özen, 2017).

Ultrasonik ses dalgalarını Şekil 2.2’de yer alan ultrasonik ünite yardımıyla açıklamak mümkündür. Ünitedeki jeneratör yardımıyla belirlenen frekans aralığında elektriksel dalgalar üretilmektedir. Üretilen bu dalgalar dönüştürücü vasıtasıyla mekanik titreşimlere dönüştürülmektedir. Bu mekanik titreşimler metal boru vasıtasıyla güçlendirilip amplifikatör yardımıyla numune içine daldırılmış prob vasıtasıyla akustik dalgalar halinde ses enerjisi yayılmaktadır (Özen, 2017).

Ultrasonik ses dalgaları ile oluşan basınç ve sıcaklıkta; çok hızlı bir değişim, sıvı gıdalarda kabarcıkların oluşumu olarak tanımlanan kavitasyon, hücre zarında incelme, mikroorganizmaların inaktif olması için gerekli olan lokal ısınma ve serbest

radikal oluşumu sağlanmaktadır. Ultrasonik ses dalgaları, içerisinde geçtiği ortamdaki moleküllerde bir takım sıkıştırma meydana getirir ve sıkıştırma ile basınçta azalmalar sonucu dalgalar ortaya çıkar. Ultrasonik ses dalgaları; hızlı, etkili ve güvenilir bir alternatif metot olduğundan gıdanın kalitesini geliştirir ve yeni ürün geliştirmede potansiyel bir güç kaynağı olarak kullanılabilir (Mason vd, 2005).

Gıda üretimi ve işlenmesinde ultrasonik ses dalgalarının gıdalar üzerinde önemli etkileri vardır ve bu etkilerle birlikte gıda ürünü kaliteli bir şekilde tüketiciye kadar ulaştırılmaktadır. Bu etkiler şu şekildedir: tekstür, viskozite ve pek çok katı veya sıvı gıda konsantrasyonlarının belirlenmesinde, meyve-sebze, et, yumurta, süt ve diğer bazı gıda ürünlerinin içeriğindeki bileşenlerin belirlenmesinde, akış düzeyi ve sıcaklık ölçümünde, ambalajlanmış gıdalara ve yumurta kabuklarına zarar vermeden kontrol edilmesinde, yüzeylerin temizlenmesinde, kurutmada, filtrasyonda, mikroorganizma ve enzimlerin inaktive edilmesinde, hücre tahribatında, sıvılardan gazların ayrıştırılmasında, ısı transferinde, ekstraksiyon proseslerinin hızlandırılması ve difüzyona bağlı herhangi bir prosesin geliştirilmesi gibi geniş alanlarda kullanılmaktadır. Ultrases ısısal olmayan bir işlem olup ısıl işlemde üründe meydana gelen duysal ve kimyasal değişimlerden daha az kayıp oluşturmaktadır (Ünal, 2012).

Gıda işletmelerinde; yüksek enerjili ultrases sıvı gıdalarda gaz alma işlemlerinde, oksidasyon/redüksiyon reaksiyonlarının oluşmasında, enzimlerin inaktivasyonunda, enzimler ve proteinlerin ekstraksiyonunda, kristalizasyonun indüklenmesinde kullanılmaktadır. Düşük enerjili ultrases uygulaması ise canlı hücrelerin aktivitesini yükseltmek amacıyla, gıdaların yüzey temizliğini sağlamak için, ultrasonik olarak destekli ekstraksiyon, kristalizasyonun indüklenmesi, emülsifikasyon, filtrasyon, kurutma ve dondurma gibi muhafaza işlemlerinde kullanılmaktadır (Ercan ve Soysal, 2011).

Ultrasesin filtrasyon üzerine de etki ettiği belirtilmiştir. Buna göre %50 kuru madde içeren bir karışımın nem miktarının kısa bir zaman içerisinde %25'e düştüğü ve normal filtrasyonla kuru madde miktarının %60 seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bunlara ilave olarak yüksek enerjili ultrases uygulamanın kristalizasyon işleminde kristal oluşumunu pozitif yönde etkilediği ve oluşumu hızlandığı bildirilmiştir (Ercan ve Soysal, 2011).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinlerin fonksiyonel özellikleri ile ultrases uygulamasının proteinler üzerine etkisi konusunda yapılan çalışmalardan bazılarının özetleri tarih sırasına göre verilmiştir.

3.1. Bitkisel Kaynaklı Proteinlerle İlgili Çalışmalar

Fıratlıgil Durmuş (2008), kırmızıbiberin konserveye işlenmesi, dondurulması ve kurutulması sırasında açığa çıkan ve atık olarak adlandırılan kırmızı biber tohumlarından protein ekstraksiyonu ve fonksiyonel özelliklerinin soya proteini ile karşılaştırılması konusunda yaptığı çalışmada, protein ekstraksiyonu için damıtık su, %5'lik NaCl, %0.5'lik Na₂SO₄, 0.1 N NaOH ve %70'lik etanol çözgenlerini denemiş ve en uygun çözgenin damıtık su olduğunu tespit etmiştir. Kırmızıbiber tohumlarından ekstaksiyon yöntemiyle elde ettiği protein konsantresinin %8.10 nem, %3.35 yağ, %70 protein, %4.54 kül, soya proteinin ise %6.63 nem, %1.52 yağ, %67 protein ve %4.59 kül içerdiğini tespit etmiştir. Kırmızıbiber tohum proteininde en düşük çözünürlük değerini pH 4'de belirlemiş ve bu değer altındaki ve üstündeki pH değerlerinde çözünürlüğün arttığını bildirmiştir. Kırmızıbiber proteininin alkali koşullardaki çözünürlüğü daha yüksek iken, soya proteinin asidik koşullardaki çözünürlüğü daha yüksek olarak belirlenmiştir. En yüksek çözünürlük değeri soya protein konsantresi için %85.12 ile pH 2'de, kırmızıbiber tohum proteini için %99.9 ile pH 10'da ölçülmüştür. Kırmızıbiber tohum proteininin su bağlama kapasitesi 2.68 g/g, yağ bağlama kapasitesi 3.20 g/g iken, soya proteini için bu değerler sırasıyla 4.82 g/g ve 2.81 g/g olarak tespit edilmiştir. Kırmızıbiber tohum proteini için emülsiyon aktivitesi değerleri %48.81-70.24 arasında olup, en düşük değerler pH 4'de bildirilmiştir. Kırmızı biber tohum proteinlerinin köpük oluşturma özellikleri pH'ya bağlı olarak değişmiş ve en düşük değer %52.2 ile pH 4'de kaydedilmiştir. En düşük köpük stabilitesi ise %182.6 ile pH 8'de ölçülmüştür. Asidik pH koşullarında (pH<6) soya protein konsantresinin kırmızıbiber tohum unu ve proteinine göre daha yüksek hacimli köpük oluşturduğu bildirilmiş ve bu durumun soya protein konsantresinin asidik koşullarda çözelti içinde daha esnek bir protein yapısına sahip

olmasından ve hava-su ara yüzeyinde daha kuvvetli etkileşim göstererek daha stabil köpükler oluşturmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Eltayeb vd (2010) yaptıkları çalışmada, yerfıstığından elde ettikleri un ve protein izolatların fonksiyonel özelliklerini incelemişlerdir. En yüksek köpüklenme kapasitesini %210 ile pH 9.0'da, en yüksek köpüklenme stabilitesini, 120 dakika sonra pH 6.0'da, en yüksek emülsiyon kararlılığını %70 ile pH 3.0 ve 6.0'da ve 48 saat sonra belirlemişlerdir.

Yayın balığı derisinden elde edilen protein hidrolizatlarının reolojik ve fonksiyonel özellikleri ile protein hidrolizatlarından yapılan emülsiyonların özelliklerinin değerlendirildiği çalışmada, yayın balığı derisi protein hidrolizatının verimi %21.5, emülsiyon stabilitesi %99 ve yağ bağlama kapasitesi 9.7 mg/g olarak rapor edilmiştir. Çalışmada, yayın balığı derisi protein hidrolizatlarının fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin uygun olduğu ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak potansiyel kullanımının olabileceği ifade edilmiştir (Yin vd, 2010).

Güzel (2011), mahlep çekirdeğinden elde ettiği protein konsantresinin bileşiminde %92.73 kuru madde, %6.29 kül, %6.02 karbonhidrat, %1.42 yağ ve %73.11 protein bulunduğunu rapor etmiştir. Protein konsantresinin su bağlama kapasitesini %281, yağ bağlama kapasitesini %166, köpük kapasitesini %43.75, köpük stabilitesini %71.33, emülsiyon aktivite indeksini 27.21 m²/g ve emülsiyon stabilite indeksini 81.05 dakika olarak bildirmiştir. Çözünürlük değerini pH 1-12 aralığında %16.71 ile %95.97 arasında belirlemiştir. Üretilen protein konsantresinin fonksiyonel ve kimyasal özellikler açısından bazı gıdaların formülasyonlarında kullanılabileceğini bildirmiştir.

Vişne çekirdeği protein konsantresinin, alkalaz enzimi ile farklı düzeylerde hidrolize edilmesiyle elde edilen protein hidrolizatların kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini araştıran Cingöz (2012), hidrolizatların su bağlama kapasitelerini 2.03-2.84 g su/g örnek, yağ bağlama kapasitelerini 1.64-1.76 g yağ/g, köpük kapasitelerini %17.5-25.0, köpük stabilite indeksini (30 dakika sonraki) %14.1-85.4, emülsiyon aktivite indekslerini 21.45-29.62 m²/g ve emülsiyon stabilite indekslerini 55.00-177.22 dakika olarak kaydetmiştir.

Fındık protein konsantresinin fonksiyonel özellikleri isimli çalışmada, fındık küspesinden alkali ekstraksiyon ve izoelektrik çöktürme yöntemleri ile protein

konsantresi elde etmiştir. Elde edilen fındık proteini konsantresinde; çözünürlük, su bağlama kapasitesi, yağ bağlama özellikleri, emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi, viskozite ve jel oluşturma gibi fonksiyonel özellikler incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, protein konsantresinin çözünürlüğü izolelektrik noktaya yakın olan pH 5'de en düşük olurken, pH 10'da maksimum değere ulaşmış ve %87 olarak belirlenmiştir. Fındık proteini konsantresi yaklaşık %195 su bağlama ve %210 yağ bağlama kapasitesi sergilemiştir. Fındık protein konsantresinin emülsiyon aktivite indeksi 44 m²/g ve emülsiyon stabilite indeksi 46 dakika olarak bulunmuştur (Öztop, 2014).

Havuç ve patatesin kabuklarından izole edilen protein izolatlarının dondurarak kurutulmasıyla elde edilen protein tozlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelendiği çalışmada, havuç kabuklarından elde edilen protein tozlarının protein miktarı %9.59, patates kabuklarından elde edilen protein tozlarının protein miktarı ise %16.89 olarak tespit edilmiştir. Protein tozlarının nem içeriklerinin %2.14 ile 2.75 arasında olduğu, su aktivitesi değerlerinin ise güvenilir gıda kriterine ($a_w < 0.6$) uygun olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen protein tozları lokma hamuru formülasyonuna eklenerek ürünün yapısal özellikleri üzerine etkisi araştırılmış ve sonuç olarak, protein tozu katılan lokmaların diğer lokmalara oranla daha az yağ tuttuğu ve panelistler tarafından tüketilebilir olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Türkoğlu, 2017).

3.2. Hayvansal Kaynaklı Proteinlerle İlgili Çalışmalar

Brasileiro vd (2012) yaptıkları çalışmada, karides atıklarından elde ettikleri protein konsantresi ile liyofilize unun kimyasal bileşimini ve fonksiyonel özelliklerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, protein konsantresini etanol ekstraksiyon ile elde etmişler ve ardından 70 °C'deki fırında kurutmuşlardır. Karides ununu ise karides atıklarının liyofilizasyonu ile elde etmişlerdir. Protein konsantresinin pH 2-7 aralığındaki çözünürlüğünü %8-12 arasında ve su tutma kapasitesini 35.05 g/100 g olarak belirlemişlerdir. Protein konsantresi ve liyofilize unun, karides atıklarına göre yüksek miktarda protein içerdiği ve böylece protein konsantratu elde etme işleminin verimli olduğunu bildirmişlerdir.

Azadian vd (2012) tarafından yapılan çalışmada, gümüş sazan (*Hypophthalmichthys molitrix*) balığından pH yöntemi ile elde edilen protein

izolatının fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda üretim verimliliği, protein geri kazanımı, su tutma kapasitesi, emülsiyon kapasitesi, köpük kapasitesi ve su bağlama gibi fonksiyonel özellikler açısından pH kayma yönteminin, geleneksel yöntemle göre daha iyi olduğunu belirtilmiştir.

Gökkuşığı alabalığı filetolarından elde edilen proteinlerin fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini inceleyen Lone vd (2014), balık protein izolatlarının su bağlama kapasitesini 2.2 mL/g, yağ bağlama kapasitesini 1.43 mL/g ve emülsiyon aktivite indeksini 281 m²/g olarak tespit etmişlerdir. Alabalık protein izolatlarının, iyi su ve yağ bağlama kapasitene sahip, kahverenginde ve köpürme kapasitesinin zayıf olmasına karşın emülsiye edici özelliklerinin iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Pangasius hypophthalmus balığı atıklarından hidroliz ile elde edilen protein izolatının köpük oluşturma ve emülsifiye etme kabiliyetleri üzerine yapılan çalışmada, balık protein izolatının köpüklenme kabiliyeti sırasıyla %94.61 ve emülsifiye etme yeteneklerinin pH 7'de en yüksek değere ulaştığı bildirilmiştir (Thuy vd, 2014).

Arjantin hamsisi (*Engraulis anchoita*) ve beyaz ağızlı işkin (*Micropogonias furnieri*) balıklarının atıklarından elde edilen proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, alkali ve asidik çöktürme ile protein ekstraksiyonu yapılmıştır. Asit pH'da elde edilen protein miktarı, alkali pH'da elde edilenden fazla olmuştur. Çalışmada, izoelektrik çöktürme yoluyla balık endüstrisi atıklarından protein elde etmenin mümkün olduğu, beyaz ağızlı işkin atıklarının Arjantin hamsisine göre daha iyi yağ bağlama özelliği gösterdiği, bu proteinlerin gıdaların protein içeriğini yükseltebileceği, yenilebilir filmlerin hazırlanmasında ve fonksiyonel ürünlerin üretiminde kullanılabileceği bildirilmiştir (Freitas vd, 2016).

Balık protein hidrolizatlarının üretimi konusunda yapılan araştırmaların, balık atıklarının değerlendirilmesi üzerine yoğunlaştığını belirten Halim vd (2016), araştırmalarında balık protein hidrolizatlarının fonksiyonel ve biyoaktif özellikleri üzerine güncel araştırmaları gözden geçirmişler ve balık ve diğer hidrolizatlar arasındaki karşılaştırmalara ve protein hidrolizatlarının verimli kullanımı için mevcut ve gelecekteki eğilimlere odaklanmışlardır.

3.3. Proteinlere Ultrases Uygulamayla İlgili Çalışmalar

Peynir altı suyu proteinlerinin fonksiyonel özellikleri üzerine ultrasesin etkisinin incelendiği çalışmada (Jambrak vd, 2008), köpük kapasitesi ve köpük stabilitesinin ultrases etkisiyle geliştiği bildirilmiştir. Araştırmacılar bu durumu ultrasesin, protein ve yağ parçacıklarını eşit şekilde dağıtması ile açıklamışlar.

Jambrak vd (2009) tarafından yapılan çalışmada, soya protein izolat ve konsantreleri 20 kHz'lik prob ve ultrasonik banyo (40 ve 500 kHz) ile ultrasese tabi tutulmuştur. Ultrases uygulaması soya protein konsantreleri ile hazırlanan model sistemlerin tekstüründe önemli değişikliklere neden olmuştur. 20 kHz'lik prob ile ultrasese tabi tutulan protein konsantrelerinin çözünürlüğünde ve emülsiyon aktivite indekslerinde artış meydana gelmiştir. 500 kHz'lik ultrasonik banyo ile ultrases işleminden sonra soya proteini model sistemlerinin köpürme ve emülsifiye edici özelliklerinde önemli bir gelişme olmamıştır.

Ultrasesin, soya protein izolatının verimi ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi konusunda yapılan bir çalışmada (Karki vd, 2009), %16 soya gevreği içeren karışım düşük (%21 amplitüt) ve yüksek (%84 amplitüt) derecelerde 30, 60 ve 120 saniye süre ile ultrasese tabi tutulmuştur. Protein izolat verimi, düşük ve yüksek amplitüt derecesinde 120 saniye süreyle sonikasyondan sonra sırasıyla %13 ve 34 oranında artmıştır. Soya gevreklerinin 120 saniye süreyle yüksek amplitüt seviyesinde sonikasyonu, protein çözünürlüğünü pH 7.0'da %34 artırırken, emülsifikasyon ve köpük kapasitesini kontrol izolatlarına göre sırasıyla %12 ve 26 azaltmıştır.

Isıl olmayan muhafaza tekniklerinden biri olan ultrases ve klasik homojenizator kullanılarak homojenize edilen sütlerden elde edilen yoğurtların su tutma kapasiteleri Şengül vd (2009) tarafından yapılan çalışmada incelenmiştir. Ultrasonik homojenizasyonda, %20, 50 ve %70 olmak üzere amplitüt seviyesi ile 3 ve 6 dakika olmak üzere 2 farklı işlem zamanı kullanılmıştır. Klasik homojenizasyonla karşılaştırıldığında, ultrasonik homojenizasyonun yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine daha etkili olduğu belirlenmiştir. İşlem zamanı ve güç seviyesi arttıkça su tutma kapasitesi de artmıştır. En yüksek su tutma kapasitesi (%66.18), 6 dakikalık işlem zamanı ve %70 güç seviyesinde elde edilmiştir. Uygulanan güç seviyesinin artmasıyla birlikte homojenizasyon etkinliği de artmıştır.

Geleneksel homojenizasyonla karşılaştırıldığında ultrases işleminin yoğurdun su tutma kapasitesini artırdığı belirlenmiştir.

Zhang vd (2011) tarafından buğday glutenin köpürme ve emülsifiye edici özellikleri üzerine ultrasesin etkisinin araştırıldığı çalışmada, ultrases uygulanan buğday gluteninin köpük kapasitesinde önemli bir artış belirlenmiştir. Ultrases gücü arttıkça köpük stabilitesinde artış meydana gelmiş ve en yüksek köpük stabilitesi 100 kHz'de %83 ile rapor edilmiştir.

Akdeniz ve Akalın (2017) ultrases uygulamasının süt ürünlerinde homojenizasyon, jel yapısı, viskozite ve su tutma kapasitesi üzerine etkisi konulu derleme çalışmalarında ultrasesin temel prensipleri ile süt ürünlerinde jel yapısı, viskozite ve su tutma kapasitesi üzerine ultrasesin etkilerini incelemişlerdir. Geleneksel ısıtma işlemi ve homojenizasyon ile elde edilen süt ürünleriyle karşılaştırıldığında ultrases uygulanmış sütte elde edilen ürünlerin su tutma kapasitesi, viskozitesi, jel kuvveti ve sıklığı belirgin olarak artış göstermiştir. Çalışmalarında yer verdikleri araştırmalara göre, ultrases uygulamasının yoğurt ve ayran gibi fermente süt ürünlerinde viskoziteyi ve su tutma kapasitesini arttırdığını ve depolama sırasında serum ayrılmasını azalttığını bildirmişlerdir.

İzoelektrik çöktürme, proteinlerin geri kazanımı açısından faydalı bir yöntem olmakla birlikte bu yöntemin protein verimi enzimatik yöntemlerden daha düşüktür. Bu yöntemle dayanan yeni bir sıralı ekstraksiyon yönteminin uygulandığı çalışmada, geleneksel yöntemde %49 olan protein verimi, bu yöntemin uygulanmasıyla %98'e çıkmıştır. Çalışmada, ultrases işleminin verim üzerine etkisi de araştırılmış ve 0.1 M NaOH çözeltisinde 10 dakika boyunca %60 amplitüt ultrases uygulama ile toplam proteinin %94'ünün geri kazanabildiği belirlenmiştir. Düşük amplitüt (%20) veya ultrasonik su banyosunun, geleneksel yöntem ile karşılaştırıldığında ekstraksiyon verimini artırdığı gösterilmiştir. Beslenme açısından bakıldığında, sıralı ve ultrases destekli yöntemlerle geri kazanılan proteinlerin yüksek miktarda esansiyel ve esansiyel olmayan amino asit içermeleri nedeniyle gıda amaçlı uygulamalar için uygun olduğu rapor edilmiştir (Alvarez vd, 2018).

Yüceer (2018), 150 ve 375 W değerlerinde 3 ve 6 dakika sürede ultrases uygulamasının sıvı yumurtanın fiziko-fonksiyonel kalite kriterlerine etkisini belirlemiştir. Sıvı yumurtanın pH, L^* , a^* , b^* , köpük kapasitesi, köpük stabilitesi,

ambalaj içi O₂ ve CO₂ gaz konsantrasyonu depolama süresince (4°C’de 5-6 hafta) ölçülmüştür. Ultrases uygulaması (375 W’da 6 dakika) ile pH değerinde (7.37’den 7.46’ya) artış ve depolamada CO₂ konsantrasyonunda (35.50’den 17.43’e) azalma kaydedilmiştir. Ultrases uygulaması, köpük kapasitesini önemli düzeyde etkilemiş ve kontrol grubunda 410 olan değer, ultrases uygulanmışlarda 565 (150 W-3 dakika), 610 (150 W-6 dakika) 607.5 (375 W-3 dakika) ve 612.5 (375 W-6 dakika) olarak belirlenmiştir. Uygulanan ultrases gücü ve uygulama süresinin artması ile yumurtaların köpük kapasitelerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ultrasesin sıvı yumurtanın fiziko-fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi incelendiğinde sonikasyon tekniğinin raf ömrünün artırılması ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilme potansiyeli belirlenmiştir.

Nazari vd (2018) darı proteinlerinin fonksiyonel özelliklerine ultrasonun etkisini inceledikleri araştırmada, 3 farklı genlik (amplitüt) (%20, 60 ve 100) ve 3 farklı süre (5, 12.5 ve 20 dakika) kullanmışlar ve ultrases uygulaması ile proteinlerin çözünürlüğünde artış rapor etmişlerdir. En yüksek çözünürlük 100 amplitüt ve 20 dakikalık ultrases işleminde tespit edilmiştir. Aynı çalışmada emülsiyon aktivitesi ve stabilitesinin de ultrases uygulaması ile arttığı rapor edilmiştir.

4. MATERİYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu tez çalışmasında materyal olarak hamsi (*Engraulis encrasicolus*) işleme atıkları kullanılmıştır. Baş, iç organ ve omurga kemiklerinden oluşan atıklar Samsun'daki SASTAŞ Soğutma Tesisleri A.Ş.'den temin edilmiş ve soğuk zincir içerisinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilmiştir. Önce, kıyma makinasından (Mado Primus MEW 613, Eilenburg, Germany) geçirilerek homojen hale getirilmişler ve polietilen poşetlere alınarak protein ekstraksiyonuna kadar -18 °C'deki dondurucuda (Bosh GSV24VW31N, Turkey) depolanmışlardır.

4.2. Yöntemler

4.2.1. Hamsi işleme atıklarından proteinlerin ekstraksiyonu

Alkali ekstraksiyon

Bu amaçla, -18 °C'deki dondurucudan alınan hamsi işleme atıkları çözünmeleri için +4 °C'deki buzdolabında bir gece bekletilmiş ve ekstraksiyona hazır hale getirilmiştir. Alkali ekstraksiyon için, homojen hale getirilmiş hamsi atıklarından yaklaşık 200 g tartılmış ve üzerine 200 mL dietileter ilave edilip karıştırılarak yağının uzaklaştırılması sağlanmıştır. Yağı uzaklaştırılmış hamsi işleme atıklarından proteinlerin ekstrakte edilmesinde bazı değişikliklerle birlikte Hrynets vd (2011) tarafından açıklanan yöntemden yararlanılmıştır. Bu amaçla, yaklaşık 200 g hamsi işleme atığına 4 katı (800 mL) damıtık su ilave edilmiş ve 7500 devir/dakikada 3-5 dakika süre ile karıştırılarak (IKA, TA25 Digital Ultra Turrax, Germany) homojenize edilmiştir. Homojen karışımdaki proteinlerin ekstraksiyonu için çözelti pH'sı 2 M NaOH ile 11.0 'a ayarlanmış ve MTOPS (HS15-03P model, Korea) marka manyetik karıştırıcıda 1 saat süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra, karışım 8000 devir/dakika hızda ve +4 °C'de 30 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve santrifüj sonunda tüpte lipidler, çözünür proteinler ve çözünmez proteinlerden oluşan üç faz oluşmuştur.

Üstte kalan çözünür proteinlerin bulunduğu faz bir kaba alınarak pH'sı 5 M NaOH ile 4.90'a ayarlanmış ve manyetik karıştırıcıda 3-5 dakika süreyle karıştırılarak çökelti oluşumu sağlanmıştır. Çökelti ve sıvıdan oluşan karışım 9000 devir/dakika hızda ve +4 °C'de 10 dakika boyunca santrifüj edildikten sonra üstteki sıvı kısım atılmış ve altta kalan proteinlerden oluşan katı kısmın pH 'sı 7.0'a ayarlanmıştır. Ayarlı karışım petri kaplarına dökülüp liyofilizasyon işlemi için -80 °C'de 4 saat süreyle dondurulmuş ve 3 gün boyunca 0.060 mba basınç altında ve -57 °C'deki liyofilizatörde (Christ, Alpha 1-4 LD-Plus) kurutulmuştur. Liyofilize edilip kurutulan proteinler kahve öğütücüsünde (Sinbo, SCM-2934 model, Türkiye) parçalanarak protein izolatları haline getirilmiş ve ultrases işlemi uygulanıncaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Asidik ekstraksiyon

Proteinleri asidik ekstraksiyonunu Bölüm 4.2.1.1. (Alkali ekstraksiyon)'de verilen işlem basamaklarına göre yapılmıştır. Ancak, alkali ekstraksiyon yönteminden farklı olarak çözeltideki proteinlerin ekstraksiyonu için çözelti pH'sı 2 M HCl ile 2.0 'a ayarlanmış ve ekstraksiyon asidik pH değerinde (pH= 2.0) yapılmıştır.

4.2.2. Protein izolatlarına ultrases uygulaması

Ultrases uygulaması için, alkali (pH=11.0) ve asidik (pH=2.0) ekstraksiyonla elde edilen protein izolatlarından %3 (w/v)'lük protein çözeltileri hazırlanmıştır. Bu amaçla her iki yöntemle ekstrakte edilen protein izolatlarından 10.15 g tartılarak, 250 mL damıtık su ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 1 saat süreyle MTOPS (HS15-03P model, Korea) marka manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Elde edilen protein çözeltileri bir ultrases işlemci (VCX 750, Sonics & Materials, Inc., USA) ile 13 mm çaplı titanyum prob kullanılarak 3 farklı genlik (amplitüt) (%50, 75 ve 100) derecesinde 4 dakika süreyle ultrases uygulamasına tabi tutulmuştur. Ultrases uygulamasından sonra elde edilen protein çözeltileri liyofilizatörde kurutularak su ve yağ bağlama kapasitesi, protein çözünürlüğü, köpük kapasitesi ve stabilitesi ve emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi yönlerinden analiz edilmiştir. Deneme planında ultrases uygulanmayan bir kontrol örneği de kullanılmıştır. Araştırmada uygulanan deneme planı ve protein çözeltilerine uygulanan ultrases intensite (yoğunluk)'leri Çizelge 4.1'de verilmiş ve değerler, toplam enerjinin ultrases uygulama zamanı +

prob alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Toplam enerji, işlemci ekranından joule birim cinsinden okunmuştur. Ultrases uygulaması sırasında prob, çözelti yüzeyinden 2 cm derinliğe daldırılmış ve buharlaşmadan kaynaklanan kayıpları önlemek için örnekler streç film ile kapatılmıştır.

Çizelge 4.1. Deneme planı ve protein çözeltilerine uygulanan ultrases intensiteleri

Amplitüt (%)	Süre (dak.)	Alkali ekstraksiyon		Asidik ekstraksiyon	
		Sıcaklık (°C)	İntensite (W/cm ²)	Sıcaklık (°C)	İntensite (W/cm ²)
0	-	-	-	-	-
50	4	17	35.70	19	35.63
75	4	23	56.82	23	57.48
100	4	25	83.82	28	82.40

4.2.3 Analiz Yöntemleri

Hamsi işleme atıklarında ve atık proteinlerinde yapılan analizler

Su miktarı

Yaklaşık 3 g örneğin 105 °C’de sabit tartıma gelene kadar kurutulması sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Protein miktarı

Bu amaçla, Kjeltac azot tayin düzeneğinde önce örneklerin % azot miktarları belirlenmiş ve bu değerin 6.25 faktörüyle çarpılması sonucu % protein miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Yağ miktarı

Örneklerin yağ miktarının belirlenmesinde Soxhlet ekstraksiyon yönteminden yararlanılmıştır. Bu amaçla ekstraktöre yerleştirilen yaklaşık 3 g örnek, yağı tamamen alınıncaya kadar dietil eter ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstrak kurutulup tartılarak % yağ miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Kül miktarı

Bu amaçla, porselen kül krozesine yaklaşık 3 g örnek tartılmış ve sıcaklık kademeli olarak yükseltilerek 550 °C’de esmer lekeler kalmayıncaya kadar yakılmıştır. Örnekteki kül miktarı, meydana gelen ağırlık % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Renk analizi

Örneklerin renk değerleri [L^* (100 = açıklık, 0 = koyuluk), a^* (+ = kırmızılık, - = yeşillik) ve b^* (+ = sarılık, - = mavilik)] olarak Minolta marka (CR-400, Minolta, Japan) renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

pH değeri

Örneklerin pH değeri 25 °C’de pH 4.00 ve 7.00 tampon çözeltileri ile ayarlanmış dijital pH-metre (Cyberscan PC 510, Singapore) ile ölçülerek belirlenmiştir.

Protein izolatlarında yapılan analizler

Su miktarı

Protein izolatlarının su miktarları, 105 °C’de kurutma sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Protein miktarı

Protein izolatlarının protein miktarı, “Hamsi atıklarında ve atık proteinlerinde yapılan analizler” kısmında açıklandığı gibi, Kjeltec azot tayin düzeneği kullanılarak belirlenmiş ve protein dönüşüm faktörü olarak 6.25 kullanılmıştır (AOAC, 2000).

Verim

Protein izolat veriminin hesaplanmasında hamsi işleme atık miktarı baz olarak alınmış ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% Verim = \frac{Protein izolat ağırlığı, g}{Atık ağırlığı, g} \times 100$$

Su bağlama kapasitesi

Farklı amplitüt derecelerinde ultrases uygulanmış protein izolatlarının su bağlama kapasitesi bazı değişikliklerle birlikte Ogunwolu vd (2009) tarafından açıklanan yöntemle göre yapılmıştır. Bu amaçla, darası bilinen santrifüj tüpüne 0.1 g protein izolatı tartılmış ve üzerine 1 mL damıtık su eklenerek karıştırılmıştır. Karıştırılan tüpler daha sonra belli koşullarda (23 °C’de, 1800 devir/dakika hızda ve 25 dakika süre ile) santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası tüplerin üst kısmında kalan sıvı uzaklaştırılıp, tüpler 20 dakika boyunca 45° eğik açıyla bekletilmiş ve süre sonunda oluşan sıvı kısım atılmıştır. Daha sonra tartım yapılarak tüp + içerik ağırlığı belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla protein izolatlarının su bağlama kapasitesi g su/g protein cinsinden hesaplanmıştır.

$$Su bağlama kapasitesi = \frac{Bağlanan su miktarı, g}{İzolat miktarı, g}$$

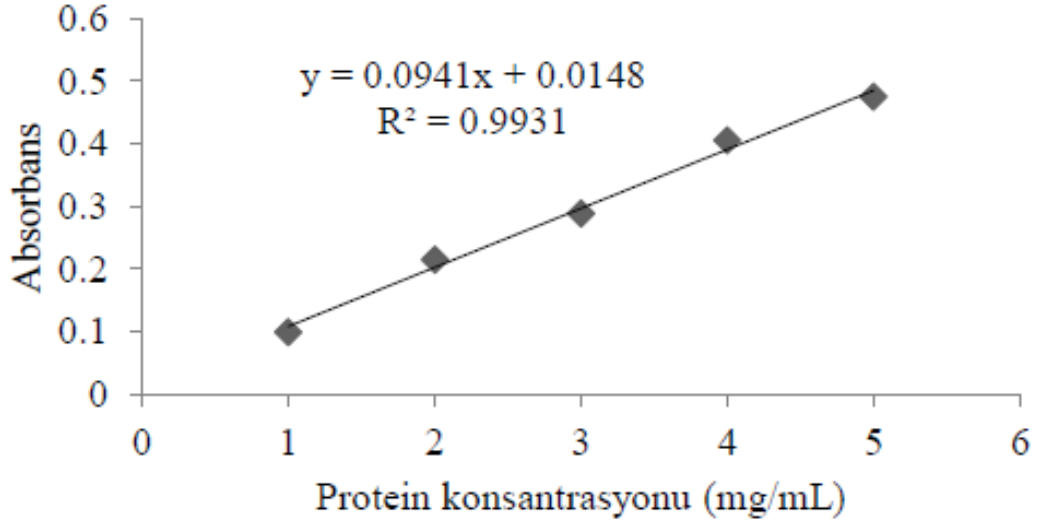
Yağ bağlama kapasitesi

Ultrases uygulanmış protein izolatların yağ bağlama kapasitesi bazı değişikliklerle birlikte Ogunwolu vd (2009) tarafından açıklanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla, darası bilinen santrifüj tüpüne 0.1 g protein izolatı tartılmış ve üzerine 1 mL ayçiçeği yağı eklenip karıştırılarak oda sıcaklığında 25 dakika bekletilmiştir. Karıştırılan tüpler daha sonra belli koşullarda (25 °C’de, 13600 devir/dakika hızda ve 10 dakika süre ile) santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası tüplerin üst kısmında kalan sıvı uzaklaştırılıp, tüpler 20 dakika boyunca 45° eğik açıyla bekletilmiş ve süre sonunda oluşan sıvı kısım atılmıştır. Daha sonra tartım yapılarak tüp + içerik ağırlığı belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak protein izolatlarının yağ bağlama kapasitesi g yağ/g protein olarak hesaplanmıştır.

$$Yağ bağlama kapasitesi = \frac{Bağlanan yağ miktarı, g}{İzolat miktarı, g}$$

Protein çözünürlüğü

Bu amaçla, 0.2 g protein izolatı 100 mL'lik bir behere tartılmış ve üzerine 20 mL saf su ilave edilmiştir. Elde edilen çözelti oda sıcaklığında 1 saat süreyle (MTOPS marka, HS15-03P model, Korea) manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve santrifüj tüplerine aktararak 7500 devir/dakika hızda 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üstte kalan fazın protein miktarı Biuret metodu kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar g/100 mL cinsinden ifade edilmiştir (Robinson ve Hogden, 1940). Biuret metodu ile protein analizi için, üstte kalan fazdan 1 mL alınmış ve üzerine 1 mL Biuret çözeltisi ilave edilerek karışımın absorbansı 500 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Agilent Technologies, Cary 60 UV-Vis model, ABD) okunmuştur. Protein miktarının hesaplanmasında Şekil 4.1'te gösterilen sığır serum albümini standart eğrisinden yararlanılmıştır (Klompong vd, 2007).



Şekil 4.1 Biuret yöntemiyle çözünür protein analizinde kullanılan sığır serum albümini standart eğrisi

Köpük kapasitesi ve stabilitesi

Farklı amplitüt derecelerinde ultrases uygulanmış protein izolatlarının köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi bazı değişikliklerle birlikte Ogunwolu vd (2009) tarafından önerilen yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.2 g protein izolatı 100 mL'lik ölçü silindire tartılmış ve üzerine 20 mL saf su ilave edilmiştir. Karışım ultra-turraxta 14000 devir/dakika hızda 3 dakika süreyle karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Karışımın hacmi homojenizasyondan hemen sonra ve

homojenizasyondan 30 dakika sonra ölçülerek belirlenmiş ve köpük kapasitesi ve stabilitesi aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Köpük kapasitesi} = \frac{V_{s0} - V_{\bar{o}}}{V_{\bar{o}}} * 100$$

$$\% \text{ Köpük stabilitesi} = \frac{V_{s30} - V_{\bar{o}}}{V_{\bar{o}}} * 100$$

Eşitliklerde; $V_{\bar{o}}$ = homojenizasyondan önceki hacmi (mL), V_{s0} = homojenizasyondan hemen sonraki hacmi (mL) ve V_{s30} = homojenizasyondan 30 dakika sonraki hacmi (mL) göstermektedir.

Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi

Hamsi işleme atıklarından elde edilen ve ultrases uygulanan protein izolatlarının emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi Pearce ve Kinsella (1978) tarafından açıklanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 200 mg protein izolatu 20 mL saf su ile karıştırılmış ve üzerine 10 mL mısırozü yağı ilave edilerek 1 dakika süreyle 20000 devir/dakika hızda homojenize edilmiştir. Emülsiyon oluştuktan hemen sonra ve 10 dakika sonra 0.5 mL emülsiyon örneği bir tüp içerisine alınarak üzerine 5 mL %0.1'lik sodyum dodesil sülfat çözeltisi ilave edilmiş ve karışımın spektrofotometrede (Agilent Technologies, Cary 60 UV-Vis model, ABD) 500 nm dalga boyundaki absorbansı ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçülen absorbans değerlerinden emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi hesaplanmıştır. Bu amaçla aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır.

$$\text{Emülsiyon aktivitesi} = \frac{2 * 2.303 * A_0}{0.25 * \text{örnek miktarı, g}}$$

$$\text{Emülsiyon Stabilitesi} = \frac{A^{10} * \Delta t}{\Delta A}$$

Eşitliklerde; A_0 = emülsiyon oluştuktan hemen sonraki absorbansı, A_{10} = emülsiyon oluştuktan 10 dakika sonraki absorbansı, Δt = 10 dakika ve ΔA = başlangıç ve 10 dakika sonraki absorbans değeri arasındaki farkı göstermektedir.

4.2.4. İstatistiksel analizler

Protein izolatlarının su ve yağ bağlama kapasitesi, protein çözünürlüğü, köpük kapasitesi ve stabilitesi ve emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi üzerine farklı genlik (amplitüt) (%50, 75 ve 100) derecelerinde ultrases uygulamasının ve protein ekstraksiyon yöntemlerinin (alkali ve asidik ekstraksiyon) etkisi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile SPSS paket programı kullanılarak belirlenmiş ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarının etkileri %95 güven aralığında Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Hamsi İşleme Atıklarının Özellikleri

Baş, iç organ ve omurga kemiklerinden oluşan hamsi işleme atıklarının kimyasal bileşimini belirlemeye yönelik su, protein, yağ ve kül miktarları ile renk ve pH değerleri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Hamsi işleme atıklarının kimyasal özellikleri (%)

Özellik	Değer (%)	Özellik	Değer
Su	66.34±0.14	<i>L*</i> (Parlaklık)	39.67±2.33
Protein	12.34±0.14	<i>a*</i> (Kırmızılık)	2.57±0.18
Yağ	10.35±1.52	<i>b*</i> (Sarılık)	8.11±0.45
Kül	2.93±0.31	pH	6.50±0.03

Sonuçlar üç tekerrürün ortalaması ± ortalamanın standart sapmasıdır.

Çizelgeden görüldüğü gibi, hamsi işleme atıklarının %66.34’ünü su oluştururken, kuru maddeyi oluşturan ana bileşen olarak %12.34 protein ve %10.35 yağ belirlenmiştir. Hamsi işleme atıklarının kül miktarı ise %2.93 olarak tespit edilmiştir.

Üstün ve Turhan (1997) tarafından yapılan çalışmada, farklı boy (9 cm<, 9-11 cm ve 9 cm>) ve farklı mevsimlerde (Kasım 1994-Mart 1995) avlanan hamsilerin ve bunlardan elde edilen atıkların kimyasal bileşimleri incelenmiş ve pul, baş, iç organ ve omurgadan oluşan atıkların %70.41-73.49 su, %12.30-13.24 protein, %9.13-10.90 yağ ve %4.78-5.29 kül içerdikleri belirlenmiştir.

Hamsi işleme atıklarının kimyasal bileşimi Tural (2016) tarafından yapılan çalışmada da incelenmiş ve su miktarı %69.77, protein miktarı %12.58, yağ miktarı %13.02 ve kül miktarı %3.43 olarak saptanmıştır.

Araştırmada materyal olarak kullanılan hamsi işleme atıklarının bazı fiziksel özellikleri de belirlenmiş ve atıkların *L** değeri 39.67, *a** değeri 2.57, *b** değeri 8.11 ve pH değeri 6.50 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.1).

Yapılan bir çalışmada, hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balığından elde edilen baş, iç organ ve kılçıkta L^* değeri 24.61-30.59, a^* değeri 1.59-5.56, b^* değeri 3.52-7.24 ve pH değeri 7.06-7.17 arasında tespit edilmiştir (Gencbay ve Turhan, 2016).

Görüldüğü gibi, mevcut çalışmada elde edilen protein ve kül miktarları önceki çalışmalarla genelde benzerlik gösterirken, diğer kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları farklılık göstermiştir. Bu farklı sonuçlar, atığın elde edildiği balığın büyüklüğü, avlanma mevsimi, avlandığı bölge ve beslenme durumu gibi birçok faktöre bağlanabilir. Ayrıca atığı oluşturan kısımların oranı da bu sonuçlar üzerinde etkili olabilir.

5.2. Protein İzolatlarının Özellikleri

5.2.1. Su, protein, renk ve verim

Hamsi işleme atıklarından alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların su, protein, renk (L^* , a^* ve b^*) ve verim değerleri Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların su, protein, renk ve verim değerleri

Özellik	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
Su (%)	3.36±0.01 a	2.74±0.01 b
Protein (%)	73.38±0.01 a	68.74±0.07 b
L^*	49.40±0.49 a	50.10±1.13 a
a^*	8.74±0.19 a	5.65±0.14 b
b^*	21.45±0.38 a	21.00±0.45 a
Verim (%)	1.97±0.16 b	4.55±0.49 a

Sonuçlar üç tekerrürün ortalaması $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır. Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Görüldüğü gibi, alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların su ve protein miktarları arasındaki farklılıklar önemli olmuş ($p<0.05$) ve alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatlar, %3.36 su ve %73.38 protein miktarı ile asidik ekstraksiyonla elde edilenlere göre daha yüksek değerler sergilemiştir.

Mevcut çalışmada olduğu gibi, protein izolatların kimyasal bileşimlerinin ekstraksiyon yöntemine göre farklılık gösterdiği Ingadottir (2004) tarafından da bildirilmiştir. Araştırmacı kara etli balık kasından alkali (pH 11 ve 11,2) ve asidik (pH 2.5 ve 2,9) ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların sırasıyla %88.7, 94.5, 89.8 ve 91.8 düzeyinde protein içerdiğini rapor etmiştir.

Yayın balığından alkali (pH 11) ve asidik (pH 2.5) ekstraksiyonla elde edilen izolatlarının protein miktarı sırasıyla %70.3 ve %71.5 olarak tespit edilmiştir (Kristinsson vd, 2005).

Azadian vd (2012) tarafından yapılan çalışmada, gümüş sazan balığından alkali (pH 11 ve 12) ve asidik (pH 2.5 ve 3.5) ekstraksiyonla protein izolatları elde edilmiş ve bu izolatların kimyasal bileşimlerinin ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmada, pH 11’de ekstrakte edilen izolatların %76.57 protein, pH 12’de ekstrakte edilenlerin %72.05 protein, pH 2.5’de ekstrakte edilenlerin %79.05 protein ve pH 3.5’de ekstrakte edilenlerin %76.19 protein içerdiği rapor edilmiştir. Görüldüğü gibi, pH 12’de ekstrakte edilen izolatlar ile mevcut çalışmada alkali ekstraksiyonla (pH= 11.0) elde edilen izolatlar benzer protein içeriği göstermiştir.

Yılmaz (2017) tarafından hamsi işleme atıklarından alkali (pH 11.2) ekstraksiyonla elde edilen proteinlerin su miktarı %13.45 ve protein miktarı %68.58 olarak tespit edilmiş ve mevcut çalışmada asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların protein içeriği ile benzerlik göstermiştir.

Zavareze vd (2014), whitemouth croaker balığı işleme atıklarından elde edilen protein izolatının %81.62 protein ve %9.16 su içerdiğini rapor etmişlerdir.

Kristinsson vd (2006) tarafından yapılan çalışmada, Atlantik deniz canlısından (*Micropogonias undulates*) asidik (pH 1.5) ve alkali (pH 12) ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların sırasıyla %78.7 ve % 65.0 protein içerdiği bildirilmiştir.

Karides atıklarından elde edilen protein konsantresi ve liyofilize unun kimyasal bileşimi ve fonksiyonel özelliklerinin incelendiği çalışmada, karides kafasının %12.43 protein ve %78.6 su, protein konsantresinin ise %54.41 protein ve %7.49 su içerdiği not edilmiştir (Brasileiro vd, 2012).

Alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların L^* (parlaklık) değerleri sırasıyla 49.40 ve 50.10, a^* (kırmızılık) değerleri 8.74 ve 5.65 ve b^* (sarılık) değerleri 21.45 ve 21.00 olarak ölçülmüştür. Alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların L^* ve b^* değerleri arasındaki farklar önemsiz olurken ($p>0.05$), alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatlar asidik ekstraksiyonla elde edilenlere göre daha yüksek a^* değeri sergilemişlerdir ($p<0.05$) (Çizelge 5.2).

Kristinsson vd (2005) tarafından yapılan çalışmada farklı ekstraksiyon yöntemleri ile yayın balığından elde edilen izolatların renk değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, a^* değerleri için asit ve alkali yöntemle ekstrakte edilen protein izolatları arasındaki farkın önemli olmadığı ($p>0.05$), buna karşılık L^* ve b^* değerleri için farkın önemli ($p<0.05$) olduğu bildirilmiştir. L^* değerindeki farklılık bağ doku miktarına bağlanırken, b^* değerindeki farklılık lipidlerin farklı miktarda ekstrakte edilmesine bağlanmıştır.

Su, protein ve a^* değerinin aksine, verim yönünden alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatlar (%1.97), asidik ekstraksiyonla elde edilenlere (%4.55) göre daha düşük değer sergilemiştir ($p<0.05$) (Çizelge 5.2).

Geleneksel yöntem ve asit-alkali yöntemin uygulanmasıyla elde edilen gümüş sazan balık protein konsantrelerinin özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada, asit-alkali destekli yöntem geleneksel yöntemle göre daha yüksek verim sağlamıştır (Jafarpour vd, 2013).

Zou vd (2017), tavuk karaciğeri proteinlerinin alkali ekstraksiyonla çöktürülmesi sonucu elde edilen protein hidrolizatların %43.5 verim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Erdilal (2014), levrek balığının işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi üzerine yaptığı çalışmada, atık protein hidrolizatların verim değerini %9.0 ile 14.40 arasında tespit etmiştir. Freitas vd (2016), Arjantin hamsi atıklarının fonksiyonel özelliklerini belirlemek için yaptığı araştırmada proteinlerin verim değerini %35.7 olarak tespit etmiştir.

Görüldüğü gibi, alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların su, protein, renk ve verim değerlerine ait sonuçlar literatür değerleriyle benzerlikler yanında, bazı önemli farklılıklar da göstermektedir. Bu farklılıklar, su ürününün türü,

yaşı, avlanma ortamı, beslenme durumu, protein ekstraksiyon pH'sı ve ekstraksiyon yöntemi gibi çeşitli faktörler ile açıklanabilir.

5.2.2. Su bağlama kapasitesi

Bileşiminde protein bulunan gıda maddelerinin su tutma kapasitelerinin belirlenmesi, hem tüketime sunulan ürünler için hem de yeni ürün geliştirmede oldukça önemlidir. Özellikle viskozitesi yüksek gıda maddeleri için önemli bir fonksiyonel özelliktir. Su bağlama yeteneği yağ ve karbonhidrat içeriğinden ve yüzeydeki aminoasit kalıntılarının özelliklerinden etkilenmektedir (Sarıcaoğlu, 2018). Hamsi işleme atıklarından alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların su bağlama kapasiteleri ve bunlara ait Duncun çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.3'de sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların su bağlama kapasitesi üzerine etkisi

Su bağlama kapasitesi (g su/g protein)		
Amplitüt (%)	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
0	3.57 ± 0.13 b, B	3.80 ± 0.05 b, A
50	3.18 ± 0.31 b, B	3.78 ± 0.04 b, A
75	3.51 ± 0.43 b, A	3.97 ± 0.12 a, A
100	4.29 ± 0.26 a, A	3.57 ± 0.11 c, B

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması ± ortalamanın standart sapmasıdır. Küçük harfler, aynı ekstraksiyon yöntemine ait amplitüt dereceleri arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı amplitüte ait ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farkı göstermektedir (p<0.05).

Çizelgeden görüldüğü gibi, uygulanan amplitüt düzeyinin hem alkali ve hem de asidik yöntemle ekstrakte edilen protein izolatlarının su bağlama kapasitesi üzerine önemli düzeyde etkisi olmuştur (p<0,05). Alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatların su bağlama kapasiteleri 3.18 ile 4.29 g su/g protein arasında değişmiş ve en yüksek değer %100 amplitüt düzeyinde uygulanan izolatlarda belirlenmiştir (p<0.05). Buna karşılık asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların su bağlama kapasiteleri 3.57 ile 3.97 g su/g protein arasında değişmiş ve en yüksek değer %75 amplitüt uygulanan örneklerde belirlenmiştir (p<0.05). %75 amplitüt derecesine

kadar, alkali yöntemle elde edilen izolatların su bağlama kapasitelerinde herhangi bir değişiklik olmazken ($p>0.05$), asidik yöntemle elde edilenlerinki %75 amplitüt düzeyinde en yüksek değere ulaşmış fakat %100 amplitüt düzeyinde en düşük değere düşmüştür ($p<0.05$).

Su bağlama kapasitesindeki bu farklı değişimin ultrases uygulamasının proteinler üzerinde oluşturduğu protein çözünürlüğü, protein denatürasyonu, proteinlerin geri dönüşümsüz kümelenmesi, partikül büyüklüğü ve dağılımı, karbonhidratların varlığı ve miyofibriler yapının ayrışması gibi reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Zou vd (2017), tavuk karaciğeri proteinlerinden alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatlarında su tutma kapasitesini 2.3 g su/g protein olarak belirlemişler ve bu değer ultrases uygulanmış protein izolatlarda 3.2 g su/g proteine yükseldiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu ultrases uygulaması ile peptit zincirinde iyonik polar grupların oluşması, oluşan bu grupların gevşek bir yapı oluşturması ve böylece suyu bağlayacak fazla alan oluşturmaya imkan sağlaması ile açıklamışlardır.

Çizelge 5.3'den görüldüğü gibi, kontrol grubu ve %50 amplitüt düzeyinde ultrases uygulanmış gruplarda proteinlerin asidik yöntemle ekstraksiyonu su tutma kapasitesini olumlu yönde etkilerken, %100 amplitüt düzeyinde ultrases uygulanmış grupta alkali ekstraksiyon olumlu sonuç vermiş ve bu sonuçlar istatistiksel olarak önemli olmuştur ($p<0.05$). Su bağlama kapasitesine ait benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Örneğin, Azadian vd (2012) tarafından yapılan çalışmada alkali yöntemle (pH 11) ekstrakte edilen balık protein izolatların su bağlama kapasitesi 2.63 g su/g protein, asidik (pH 2.50) yöntemle elde edilenleri su bağlama kapasitesi ise 3.93 g su/g protein olarak belirlenmiştir.

Yer fıstığı unundan elde edilen protein izolatlar üzerine yapılan çalışmada, su tutma kapasitesi 2.61 g su/g protein olarak tespit edilmiş ve %100 amplitüt düzeyinde bu değer 5.33 g su/g proteine yükseldiği tespit edilmiştir. Ultrases uygulaması ile protein denatürasyonu sonucu çok sayıda hidrofilik aminoasidin meydana geldiği bildirilmiştir. Bu durum protein içeriği yanında partikül büyüklüğü ve dağılımı, karbonhidratların varlığı ve protein denatürasyonu gibi faktörlerle ilişkilendirilmiştir (Ochoa-Rivas vd, 2016).

Wu vd (2009) yer fıstığından elde edilen protein izolatların su tutma kapasitesini 1.3 g su/g protein olarak rapor etmişlerdir.

Porras-Saavedra vd (20013) soya fasulyesine benzeyen üç tür *Lupinus* baklagilinden (*Lupinus albus*, *L. Splendens rose* ve *Lupinus spp*) elde edilen protein izolatların su tutma kapasitesini sırasıyla 2.57, 2.32 ve 0.31 g su/g protein olarak saptamışlardır. Araştırmacılar bu farklılığın *Lupinus* türlerinin farklı aminoasit içermelerinden ve protein moleküllerinde kapalı durumda bulunan amino asit yan zincirlerin açığa çıkmasından kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir.

Freitas vd (2016), tarafından Arjantin hamsisi (*Engraulis anchoita*) ve beyaz ağızlı işkin (*Micropogonias furnieri*) balıklarının atıklarından elde edilen protein izolatlarının fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmada, pH 3'te su tutma kapasitesinde artış, pH 5'de düşme ve pH 5'in üstünde tekrar bir artış gerçekleştiği ve bu farklılığın nedeninin izoelektrik noktaya yakınlıkla ilgili olduğu bildirilmiştir.

Bir başka çalışmada karides atıkları protein konsantrelerinin su tutma kapasitesi 3.5 g su/g protein olarak tespit edilmiştir (Brasileiro vd, 2012).

Görüldüğü gibi, değişik araştırmacılar tarafından rapor edilen değerler, mevcut çalışmada belirlenen su tutma kapasitesi değerleri ile genelde benzerlik göstermektedir.

5.2.3. Yağ bağlama kapasitesi

Hamsi işleme atıklarından alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen ve farklı amplitüt düzeylerinde ultares uygulamasına tabi tutulan protein izolatların yağ bağlama kapasiteleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelgeden görüldüğü gibi, ultrases uygulamasının asidik yöntemle ekstrakte edilen protein izolatların yağ bağlama kapasitesi üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisi olmazken ($p>0.05$), alkali yöntemle ekstrakte edilen protein izolatlarının yağ bağlama kapasitesi üzerine etkisi önemli olmuştur ($p<0.05$). Asidik ekstraksiyon için proteinlerin yağ bağlama kapasiteleri 2.07 ile 2.19 g yağ/g protein arasında değişmiş ve en yüksek değer ultrases uygulanmayan (%0 amplitüt) izolatlarda belirlenmiştir ($p>0.05$). Buna karşılık alkali ekstraksiyon için yağ bağlama kapasiteleri 2.19 ile 2.58 g yağ/g protein arasında değişmiş ve en düşük

değerler %0 ve %75 amplitüt düzeylerinde, en yüksek değerler ise %50 ve %100 amplitüt düzeylerinde ultarese tabi tutulan izolatlarda belirlenmiştir ($p<0.05$).

Alkali ve asidik yöntemle elde edilen protein izolatların %0 amplitüt düzeyindeki yağ bağlama kapasiteleri benzer değerler göstermiş ($p>0.05$) ve bu durum ekstraksiyon yönteminin yağ bağlama kapasitesi üzerine etkili olmadığını göstermiştir. Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatlara ultrases uygulaması yağ bağlama kapasitesini düşürmüştür. Bu durum, yüksek ultrases uygulamalarında açığa çıkan protein parçalanma ve ürünlerin farklılığına bağlanabilir. Ancak bu etki alkali yöntemle elde edilen protein izolatlarında görülmemiş ve ultrases uygulamasının yağ bağlama kapasitesini azda olsa artırdığı gözlenmiştir.

Çizelge 5.4. Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların yağ bağlama kapasitesi üzerine etkisi

Yağ bağlama kapasitesi (g yağ/g protein)		
Amplitüt (%)	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
0	2.19 ± 0.07 b, A	2.19 ± 0.10 a, A
50	2.54 ± 0.18 a, A	2.10 ± 0.09 a, B
75	2.31 ± 0.07 b, A	2.07 ± 0.09 a, B
100	2.58 ± 0.09 a, A	2.13 ± 0.08 a, B

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması ± ortalamanın standart sapmasıdır. Küçük harfler, aynı ekstraksiyon yöntemine ait amplitüt dereceleri arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı amplitüte ait ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farkı göstermektedir ($p<0.05$).

Zou vd (2017) tavuk karaciğerlerinden alkali çöktürme ile elde edilen protein izolatların yağ bağlama kapasitesinin 1.9 g yağ/g protein olduğunu ve ultrases uygulaması ile bu değer 2.7 g yağ/g proteine yükseldiğini ve alkali yöntemle elde edilen protein izolatların yağ bağlama kapasitesine ultrases uygulamasının olumlu yönde etki ettiğini bildirmişlerdir.

Porras-Saavedra vd (20013) soya fasulyesine benzeyen üç tür *Lupinus* baklagilinden (*Lupinus albus*, *L. Splendens* Rose ve *Lupinus* spp) elde ettikleri protein izolatlarının fonksiyonel özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalarında yağ bağlama kapasitesini sırasıyla 2.85, 4.63 ve 4.69 mL/g protein olarak belirlemişlerdir. Bu durumun *Lupinus* türlerinin farklı aminoasit içermelerinden ve

protein-yağ etkileşim bölgelerinde polar olmayan aminoasitlerin varlığından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Yer fıstığı unundan elde edilen protein izolatların yağ bağlama kapasitesi 2.32 mL/g protein olarak tespit edilmiş ve %100 amplitüt düzeyinde ultrasese tabi tutulduğunda bu değerin 3.55 mL/g proteine yükseldiği rapor edilmiştir (Ochoa-Rivas vd, 2016).

Mevcut çalışma ve literatür bulguları, ultrases uygulamasının yağ bağlama kapasitesini genelde olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Aynı şekilde literatür sonuçları ile hamsi atık proteinlerinin yağ bağlama kapasitesi sonuçları genelde benzerlik göstermektedir. Örneğin; Tokatlı (2007) kuşburnu protein konsantratinin yağ bağlama kapasitesini 3.17 g yağ/g protein, Fıratlıgil Durmuş (2008) kırmızı biber tohum proteininin yağ bağlama kapasitesini 3.20 g yağ/g protein, Yin vd (2010) yayın balığı deri proteininin yağ bağlama kapasitesini 3.15 g yağ/g protein, Taheri vd (2013) kümes hayvanları iç organlarından elde edilen protein hidrolizatının yağ bağlama kapasitesini 2.3 mL/g ve Hüriyet (2014) kapa biber protein izolatının yağ bağlama kapasitesini 2.29 g yağ/g protein olarak belirlemiştir. Bu benzer sonuçlara karşın, bazı çalışmalarda farklı sonuçlarda tespit edilmiştir. Örneğin, hidrolize vişne çekirdeği içi protein konsantrisinde 1.64 g/g (Cingöz, 2012), kaju fıstığı protein izolatında 4.42 mL/g (Ogunwolu vd, 2009) ve nohut protein izolatında 10.9 g/g (Aydemir, 2014) olarak belirlenmiştir. Bu farklılıkların protein kaynaklarının yüzeyindeki aminoasit kalıntılarından ve protein kaynaklarındaki lipid içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Sarıcaoğlu, 2018).

5.2.4. Protein çözünürlüğü

Protein çözünürlüğü fonksiyonellik için belirleyici bir faktör yanında protein denatürasyonu ve interaksiyonları için de belirleyici bir özelliktir. Örneğin, proteinlerin üstün emülsiyon ve köpük özellikleri için yüksek çözünürlük gerekli olmaktadır. Ortam pH'sı, iyonik kuvvet, ortam sıcaklığı, protein konsantrasyonu ve ortamdaki organik çözücü miktarı proteinlerin çözünürlüğünü etkileyen en önemli faktörlerdir. Doğal kaynaklardan proteinlerin ekstrakte edilip saflaştırılması ve proteinlerin gıda endüstrisinde kullanım olanaklarını belirlemesi için protein çözünürlüğünün en iyi şekilde sağlandığı faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir (Sarıcaoğlu,2018).

Hamsi işleme atıklarından alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen proteinlerin çözünürlük değerleri üzerine ultrases uygulamasının etkisi Çizelge 5.5.'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların çözünürlüğü üzerine etkisi

Protein çözünürlüğü (%)		
Amplitüt (%)	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
0	9.34 ± 0.67 b, A	5.64 ± 0.21 b, B
50	8.74 ± 0.67 b, A	6.09 ± 1.02 b, B
75	9.72 ± 0.69 ab, A	8.23 ± 0.80 a, B
100	10.47 ± 0.81 a, A	7.33 ± 0.57 a, B

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması ± ortalamanın standart sapmasıdır. Küçük harfler, aynı ekstraksiyon yöntemine ait amplitüt dereceleri arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı amplitüte ait ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farkı göstermektedir (p<0.05).

Görüldüğü gibi, ultrases uygulaması hem alkali yöntemle ekstrakte edilen protein izolatların çözünürlük değerleri üzerine, hem de asidik yöntemle ekstrakte edilen izolatların çözünürlük değerleri üzerine etkili olmuştur (p<0.05). Alkali ekstraksiyon için çözünürlük değerleri %8.74 ile %10.47 arasında değişmiş ve en yüksek değer %100 amplitüt uygulamasına tabi tutulan izolatlarda belirlenmiştir. Ancak, %75 amplitüt uygulanmış izolatlar da, %100 amplitüt uygulanmış izolatlara yakın çözünürlük değeri sergilemiştir (p>0.05). Buna karşılık asidik ekstraksiyon için çözünürlük değerleri %5.64 ile %8.23 arasında değişmiştir. Bu sonuçlara göre, %75 ve 100 amplitüt düzeyinde ultares uygulaması, alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların çözünürlük değerlerini olumlu yönde etkilemiştir. Ultares uygulaması ile protein çözünürlüğünün artması; oluşan kavitasyon ile protein-protein etkileşimlerinin dağılmasına, partikül boyutunun küçülmesinden dolayı protein ve su etkileşimlerinin artmasına, çözünmeyen proteinlerden çözülebilir protein agregatlarının oluşumuna ve hidrojen bağlarının ve hidrofobik etkileşimlerin bozulması gibi birçok faktöre bağlanabilir. Türbülanslı akışa ve yüksek kayma kuvvetine neden olan ultrases kavitasyonları, hava ve su arasında hidrojen bağını ve protein molekülleri etrafındaki hidrofobik etkileşimi bozabilecek büyük bir arayüz alanı yaratabilir, bu da işlenmiş proteinlerin fonksiyonel özelliklerini değiştirebilir

(Jambraka vd, 2018; Nazari vd, 2018). Ultrases uygulamasının çözünürlük değerlerini iyileştirdiği birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Jambraka vd, 2008; Zou vd, 2017; Karki vd, 2009; Hu vd, 2013; Nazari vd, 2018).

Nazari vd (2018), darı proteinlerinin fonksiyonel özellikleri üzerine yaptıkları araştırmada, mevcut çalışmada olduğu gibi, en yüksek çözünürlüğü %100 amplitüt düzeyinde ultrases uygulamasıyla elde etmişlerdir.

Çizelge 5.5'den görüldüğü gibi, kontrol grubu ve ultrases uygulanmış tüm gruplarda proteinlerin alkali yöntemle ekstrakte edilmesi protein çözünürlüğünü olumlu yönde etkilemiş ve bu etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Sarıcaoglu (2018) mekanik olarak ayrılmış kanatlı etlerinden elde edilen protein izolatların üzerine yaptığı çalışmada proteinlerin en düşük çözünürlük değerini %9.99 ile pH 4'te belirlerken, en yüksek çözünürlük değerini %81.88 ile pH 12'de belirlemiştir. Proteinler izoelektrik noktada (pH 4-5) en düşük çözünürlüğe sahiptir. Bu durum izoelektrik noktada peptidlerin net yüklerinden ve proteinlerin hidrofobik etkileşimler ile birbirlerini itmeleri ve yüzey hidrofobikliğini arttırmalarından kaynaklanmaktadır.

Yer fıstığı unundan elde edilen protein izolatların suda çözünürlüğü %15 olarak bildirilmiştir (Ochoa-Rivas vd, 2016). Porras-Saavedra vd (20013) soya fasulyesine benzeyen üç tür *Lupinus* baklagilinden (*Lupinus albus*, *L. Splendens* Rose ve *Lupinus spp*) elde edilen protein izolatların protein çözünürlüklerini sırasıyla %0.032, 2.32 ve 0.31 olarak tespit etmişlerdir.

Soyadan elde edilen protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri üzerine ultrases uygulamasının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, %20 ve 80 amplitüt uygulamasıyla protein çözünürlüğünde artış meydana geldiği bildirilmiş ve en yüksek çözünürlük %95 ile %84 amplitütte tespit edilmiştir (Karki vd, 2009). Aynı şekilde Hu vd (2013), soya proteini izolatu üzerine ultrasesin etkisini araştırmışlar ve protein çözünürlüğünün ultrases uygulaması ile arttığını rapor etmişlerdir.

Bu olumlu sonuçlara karşın, Xue vd (2018) yüksek yoğunluklu ultrases uygulamasının protein çözünürlüğünü azalttığını ve yaklaşık olarak 2.1 mg/mL olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumun ultrases işleminin proteinlerde konformasyonel değişikliklere neden olmasından ve protein-protein etkileşimlerini güçlendirmesinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

5.2.5. Köpük kapasitesi ve stabilitesi

Protein moleküllerinin köpürme özellikleri üzerine elastik yapı önemli katkı sağlamakta ve elastik özelliği iyi olan proteinler ara yüzey gerilimini azaltarak köpük özelliklerini geliştirmektedir. Gıda sistemlerinin köpük stabilitesi arttıkça sürekli fazda çözünebilen protein miktarı da bu oranda artmaktadır. Sistemde çözünen protein miktarının artması ile protein-protein etkileşimi artmakta ve gıdanın viskozitesi gelişmektedir. Bu durum ara yüzeyde yapışkan özellikteki çoklu tabaka protein filminin oluşumunu kolaylaştırmakta ve oluşan protein tabakası, köpüklerin sönmesine karşı direnç göstererek köpük stabilitesini arttırmaktadır (Sarıcaoğlu, 2018). Hamsi işleme atıklarından alkali ve asidik yöntemlerle ekstrakte edilen ve ultrason uygulamasına tabi tutulan protein izolatların köpük kapasiteleri Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların köpük kapasitesi üzerine etkisi

Köpük kapasitesi (%)		
Amplitüt (%)	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
0	46.19 ± 2.02 b, A	47.13 ± 2.45 d, A
50	45.34 ± 2.12 b, B	60.85 ± 2.79 c, A
75	53.23 ± 1.22 a, B	66.25 ± 2.50 b, A
100	52.57 ± 1.31 a, B	73.75 ± 2.50 a, A

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması ± ortalamanın standart sapmasıdır. Küçük harfler, aynı ekstraksiyon yöntemine ait amplitüt dereceleri arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı amplitüte ait ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farkı göstermektedir (p<0.05).

Çizelge 5.6’dan görüldüğü gibi, ultrases uygulamasının alkali ve asidik yöntemlerle ekstrakte edilen protein izolatlarının köpük kapasitesi üzerine önemli düzeyde etkisi olmuştur (p<0.05). Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatlarının köpük kapasiteleri %45.34 ile %53.23 arasında değişmiş ve en yüksek değer %75 ve %100 amplitüt ultrases uygulaması yapılan izolatlarda belirlenmiştir (p<0.05). Buna karşılık asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların köpük kapasiteleri %47.13 ile %73.73 arasında değişmiş ve en yüksek değer %100 amplitüt ultrases uygulamasına tabi tutulan izolatlarda saptanmıştır (p<0.05). Asidik

ekstraksiyonla elde edilen izolatların köpük kapasiteleri, uygulanan amplitüt derecesine bağlı olarak artış gösterirken, alkali yöntemle elde edilen izolatlarda da hemen hemen benzer bir sonuç elde edilmiştir.

Çizelge 5.6'dan görüldüğü gibi ultrases uygulanmış tüm izolat gruplarında asidik yöntemle ekstrakte edilen protein izolatları daha yüksek köpük kapasitesi sergilemişlerdir ($p<0.05$).

Hamsi işleme atıklarından iki farklı pH'da ekstrakte edilen protein izolatların köpük stabiliteeleri ise Çizelge 5.7'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, ultrases uygulamasının alkali ve asidik yöntemle ekstrakte edilen protein izolatlarının köpük stabilitesi üzerine önemli düzeyde etkisi olmuştur ($p<0.05$). Alkali ekstraksiyon için izolatların köpük stabilitesi %8.53 ile %19.31 arasında değişmiş ve uygulanan amplitüt derecesi arttıkça köpük stabilite değerleri de artmış ve en yüksek değer %100 amplitüt ultrases uygulamasına tabi tutulan örneklerde belirlenmiştir ($p<0.05$). Buna karşılık asidik ekstraksiyon için köpük stabiliteeleri %10.50 ile %21.25 arasında değişmiş ve benzer artış bu izolatlarda da belirlenmiş ve en yüksek değerler %75 ve %100 amplitüt ultrases uygulamalarına tabi tutulan protein izolatlarında tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 5.7. Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların köpük stabilitesi üzerine etkisi

Amplitüt (%)	Köpük stabilitesi (%)	
	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
0	8.53 $\pm$ 0.26 c, B	10.50 $\pm$ 0.58 c, A
50	10.55 $\pm$ 2.21 bc, B	16.25 $\pm$ 2.50 b, A
75	12.90 $\pm$ 2.36 b, B	21.25 $\pm$ 2.50 a, A
100	19.31 $\pm$ 0.18 a, B	21.25 $\pm$ 2.50 a, A

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır. Küçük harfler, aynı ekstraksiyon yöntemine ait amplitüt dereceleri arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı amplitüte ait ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farkı göstermektedir ($p<0.05$).

Ultrases uygulanmış ve uygulanmamış tüm izolat gruplarında asidik yöntemle ekstrakte edilen protein izolatları daha yüksek köpük stabilitesi sergilemişlerdir ($p<0.05$) (Çizelge 5.7).

Lone (2015) gökkuşağı alabalığından elde edilen protein izolatların köpük özellikleri üzerine yaptığı çalışmada köpük kapasitesini %13.2, köpük stabilitesini ise %90 olarak bildirmiştir.

Chan vd (2011) donmuş hindi göğüs etinden izole ettikleri sarkoplazmik ve miyofibriler proteinlerin farklı pH derecelerindeki köpük kapasitelerini ve stabilitelerini incelemişlerdir. Araştırma ile miyofibriler proteinlerin daha yüksek köpük kapasitesine sahip olduğunu belirlemişler ve bunu miyofibriler proteinlerin daha yüksek yüzey hidrofobikliğine sahip olmasına bağlanmıştır.

Merluccius capensis balığı atıklarından izole edilen protein tozlarının köpük kapasitesi 2.78 mL köpük/g protein, köpük stabilitesi ise %100 olarak belirlenmiştir (Pires vd, 2012).

Thuy vd (2014) tarafından yapılan ve *Pangasius hypophthalmus* yan ürünlerinden elde edilen balık protein izolatının fonksiyonel özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, balık protein izolatı, soya protein izolatı ve peynir altı suyu protein izolatı için en düşük köpük kapasitesi pH 4-5'te, en yüksek köpük kapasitesi ise pH 7-8'de saptanmıştır. Çalışmada düşük köpüklenme kabiliyetinin yüzey denatürasyonuna dirençli yüksek dereceli globüler proteinlerle, iyi köpüklenme kabiliyetinin ise yüzey gerilimini azaltan esnek protein molekülleri ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir.

Bitkisel protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri üzerine farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar incelendiğinde soya proteini izolatlarının %22, bezelye ve bakla protein izolatlarının %15 (Fernández-Quintela vd, 1997), mahlep çekirdeği protein konsantresinin %43.75 (Güzel, 2011), kaju protein izolatının %40 (Ogunwolu vd, 2009) ve vişne çekirdeği protein konsantresinin de %35 (Gedik, 2011) düzeyinde köpük kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, aynı çalışmalarda belirlenen köpük stabilite değerleri ise sırasıyla %77, %94, %55, %93, %71.33 ve %71.8 olarak bildirilmiştir. Yapılan literatür çalışmaları hamsi atıklarından elde edilen protein izolatların köpük özellikleri bitkisel kaynaklı

proteinlere benzer olarak yüksek köpük özelliklerine sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Ultrases uygulamasının protein izolat ve konsantrelerinin köpük özellikleri üzerine etkileri değişik araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Karki vd (2009) tarafından yapılan çalışmada, soya protein izolatlarının köpük kapasitesinin düşük ve yüksek düzeyde ultrases uygulanması sonucu azalmasına karşın, köpük stabilitesinin değişmediği rapor edilmiştir.

Ultrases ile protein ve yağ parçacıkları homojenize edilerek dengeli dağılımları sağlandığından ultrases uygulaması proteinlerin köpük kapasiteleri ve köpük stabilitelerini geliştirmektedir (Mirmoghtadaie vd, 2016).

Ultrases uygulamasının darı protein konsantrelerinin yapısı ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi Nazari vd (2018) tarafından çalışılmış ve ultrases probunun farklı yoğunluk (18.4, 29.58 ve 73.95 W/cm²) ve süreleri (5, 12.5 ve 20 dakika) uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, darı protein konsantrelerinin köpük kapasitesinin (271 mL) düşük yoğunlukta ultrases uygulaması ile azaldığı (82.37 mL), ancak yüksek yoğunlukta ultrases uygulamasından sonra arttığı (749.7 mL) belirlenmiştir.

Bu sonuçlar protein izolatlara uygulanan ultrases parametrelerinin köpük kapasite ve stabilite değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda protein kaynağı ve ekstraksiyon yöntemi de ultrases uygulamasında önemli bir faktördür.

5.2.6. Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi

Yüzey hidrofobisitesi ve protein konsantrasyonu proteinlerin emülsiyon özelliklerini belirleyen temel özelliklerdendir. Emülsiyon aktivitesi; proteinin emülsiyon oluşumu süresince su/yag ara yüzeyine hızlı bir şekilde adsorblanabilme yeteneğini yansıtmaktadır. Emülsiyon stabilite ise proteinin belirli bir süre stabil bir emülsiyon sağlayabilme yeteneğinin göstergesidir (Subagio, 2006). Protein kaynağı, konsantrasyonu, çözünbilme yeteneği, pH, sıcaklık, ekipman ve metot gibi çeşitli faktörler ve koşullar proteinlerin emülsiyon özelliklerini etkilemektedir. Protein konsantrelerinin emülsiyon özellikleri genel olarak suda çözünürlük profilleri ile benzerlik göstermektedir (Bilgi ve Çelik, 2004). Alkali ve asidik yöntemlerle

ekstrakte edilip ultrason uygulamasına tabi tutulan hamsi atık proteinlerinin emülsiyon kapasite ve stabiliteleri sırasıyla Çizelge 5.8 ve 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.8’den görüldüğü gibi, ultrases uygulamasının hem alkali, hem de asidik yöntemle ekstrakte edilen protein izolatların emülsiyon aktivitesi üzerine etkisi önemli olmamıştır ($p>0.05$). Alkali ekstraksiyonla çözündürülmüş protein izolatların emülsiyon aktiviteleri 25.21 ile 28.89 m²/g arasında değişmiş ve rakamsal olarak en yüksek değer ultrases uygulanmamış kontrol grubunda tespit edilmiştir ($p>0.05$). Asidik ekstraksiyonla çözündürülmüş protein izolatların emülsiyon aktivitesi 38.69 ile 39.47 m²/g arasında değişmiş ve alkali yöntemde olduğu gibi rakamsal olarak en yüksek değer ultrases uygulanmamış kontrol grubunda tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Çizelge 5.8. Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların emülsiyon aktivitesi üzerine etkisi

Amplitüt (%)	Emülsiyon aktivitesi (m ² /g)	
	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
0	28.89 ± 2.93 a, B	39.47 ± 0.37 a, A
50	25.49 ± 3.16 a, B	38.69 ± 1.23 a, A
75	25.21 ± 4.05 a, B	38.99 ± 0.72 a, A
100	27.54 ± 3.95 a, B	39.30 ± 0.20 a, A

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması ± ortalamanın standart sapmasıdır. Küçük harfler, aynı ekstraksiyon yöntemine ait amplitüt dereceleri arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı amplitüte ait ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farkı göstermektedir ($p<0.05$).

Buna karşılık, ultrases uygulamasının hem alkali, hem de asidik ekstraksiyonla hamsi işleme atıklarından elde edilen protein izolatların emülsiyon stabiliteleri üzerine anlamlı düzeyde etkisi olmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 5.9). Alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatların emülsiyon stabiliteleri 25.66 ile 105.28 dakika arasında değişirken, asidik ekstraksiyonla elde edilenlerin 6.20 ile 11.44 dakika arasında değişmiştir. Alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatların kontrol grubunda 105.28 dakika olan değer ultrases uygulamasıyla azalma göstermiş ve bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu durum, ultrases uygulaması ile yağ damlalarının adsorpsiyonunu engellemesi ve protein boyutunun düşürülerek emülsiyon damlacıklarının etrafındaki zayıf ara yüzey filmler oluşmasıyla

açıklanabilir. Asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatlarda kontrol grubunda 11.44 dakika olan emülsiyon stabilitesi, %50 amplitüt ultrases uygulaması ile düşmüş ve bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 5.9. Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların emülsiyon stabilitesi üzerine etkisi

Amplitüt (%)	Emülsiyon stabilitesi (dakika)	
	Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı	Asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatı
0	105.28 $\pm$ 13.94 a, A	11.44 $\pm$ 1.97 a, B
50	25.66 $\pm$ 11.16 b, A	6.20 $\pm$ 0.79 b, B
75	35.41 $\pm$ 9.45 b, A	9.36 $\pm$ 0.52 a, B
100	28.70 $\pm$ 13.29 b, A	10.51 $\pm$ 1.41 a, B

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır. Küçük harfler, aynı ekstraksiyon yöntemine ait amplitüt dereceleri arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı amplitüte ait ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farkı göstermektedir ($p<0.05$).

Ultrases uygulanmış ve uygulanmamış tüm izolat gruplarında asidik yöntemle ekstrakte edilen protein izolatları daha yüksek emülsiyon kapasitesi sergilerken (Çizelge 5.8), alkali yöntemle ekstrakte edilen protein izolatları daha yüksek emülsiyon stabilitesi sergilemişlerdir ($p<0.05$) (Çizelge 5.9).

Thuy vd (2014) emülsiyon aktivitesinin balık protein izolatı, soya protein izolatı ve peynir altı protein izolatı için pH 5'te en düşük, pH 7'de ise maksimum olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durumu, pH'nın proteinlerin çözünürlüğünü ve yüzey hidrofobikliğini ve ayrıca lipid globüllerini çevreleyen koruyucu tabakanın yükünü değiştirerek emülsiyon oluşturma özelliklerini etkilemesiyle açıklamışlardır.

Barracuda (*Sphyræna jello*) isimli bir balıktan izole edilen proteinlerin emülsiyon aktivitesi 12 m²/g ve stabilite indeksi de 75 dakika olarak tespit edilmiştir (Ramachandran vd, 2007). Sazan balığından (*Labeo rohita*) izole edilen sarkoplazmik ve miyofibriler proteinler üzerine yapılan çalışmada emülsiyon aktivite değerleri sırasıyla 11.86 m²/g ve 11.09 m²/g ve emülsiyon stabilite değerleri 52 ve 87 dakika olarak tespit edilmiştir (Mohan vd, 2006).

Bitkisel kaynaklardan izole edilen proteinlerin emülsiyon aktivite indeksleri araştırıldığında badem içi protein izolatlarında 44.78 m²/g (Sze-Tao ve Sathe, 2000), buğday proteini izolatlarında 155 m²/g, soya proteini izolatlarında 115.9 m²/g (Webb vd, 2002) ve mahlep çekirdeği protein konsantresinde 27.21 m²/g (Güzel, 2011) olduğu gözlemlenmiştir. Emülsiyon stabilite indeks değerleri buğday proteinleri ve soya proteinleri için sırasıyla 294 ve 52 dakika olarak belirlenirken, mahlep çekirdeği protein konsantresi için 81.05 dakika olarak tespit edilmiştir (Güzel, 2011; Webb vd, 2002).

Ultrases uygulamasının protein izolatların emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi üzerine etkisi bazı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Mevcut çalışmada elde edilen bulguların aksine Jambrak vd (2009) ultrases uygulamasının protein izolatların emülsiyon aktivite ve stabilite değerlerini geliştirdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu, ultrases uygulaması ile yağ damlacıklarının boyutlarının azalması ve adsorbe edilen proteinlerin oranının artması ile açıklamışlardır.

Ultrases uygulamasının darı protein konsantrelerinin emülsiyon aktivite ve stabilitesini iyileştirdiği Nazari vd (2018) tarafından yapılan çalışmada da ortaya konulmuştur.

Ultrases uygulaması bazen kavitasyon ve iki sıvının ara yüzeyinin yakınında çökmekte olan kabarcıklar nedeniyle emülsiyon oluşturamaz ve iki tabakanın etkin bir şekilde karışmasıyla sonuçlanabilir (Mirmoghtadaie vd, 2016). Bu bilgi, mevcut çalışmada elde edilen sonuçların, literatür bulgularından farklılık göstermesini açıklamaktadır. Görüldüğü gibi, ultrases parametrelerine bağlı olarak proteinlerin emülsiyon özellikleri farklılık gösterebilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hamsi atıklarından alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların fonksiyonel özellikleri üzerine ultrases uygulamasının etkisinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatlar (%73.38), asidik ekstraksiyonla elde edilenlerden (%68.74) daha yüksek protein değeri sergilemiş ve aralarındaki fark önemli olmuştur ($p<0.05$). Buna karşılık asidik ekstraksiyon, alkali ekstraksiyona göre protein verimini önemli düzeyde artırmıştır ($p<0.05$). Bu sonuçlar, hamsi işleme atıklarından elde edilen izolatların protein yönünden zengin olduğunu ve hamsi işleme atıklarının protein kaynağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Ultrases uygulamasının alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatların su bağlama kapasitesi üzerine etkisi önemli bulunmuş ($p<0.05$) ve en yüksek değer alkali ekstraksiyon için %100 amplitüt ultrases uygulanan izolatlarda, asidik ekstraksiyon için ise %75 amplitüt uygulananlarda belirlenmiştir. Kontrol ve %50 amplitüt grubunda asidik ekstraksiyon, %100 amplitüt grubunda ise alkali ekstraksiyon daha iyi sonuç vermiştir ($p<0.05$).

Ultrases uygulamasının asidik yöntemle ekstrakte edilen izolatların yağ bağlama kapasitesi üzerine etkisi önemli olmazken ($p>0.05$), alkali yöntemle elde edilenlerin yağ bağlama kapasitesi üzerine etkisi önemli olmuş ($p<0.05$) ve ultrases uygulaması yağ bağlama kapasitesini artırmıştır. Alkali ekstraksiyonla elde edilen izolatlara ultrases uygulaması, asidik ekstraksiyona göre daha iyi sonuç vermiştir ($p<0.05$).

Ultrases uygulamasının alkali ve asidik yöntemle elde edilen izolatların çözünürlüğü üzerine etkisi önemli olmuş ($p<0.05$) ve en yüksek değer %75 ve %100 amplitüt gruplarında tespit edilmiştir. Alkali ekstraksiyon protein çözünürlüğünü iyileştirmiştir ($p<0.05$).

Alkali ekstraksiyonla elde edilen protein izolatlarının köpük kapasiteleri %46.19 ile %52.57 arasında, asidik ekstraksiyonla elde edilenlerin %47.13 ile %73.75 arasında değişmiş ve alkali ekstraksiyon için en yüksek değer %75 ve %100 amplitüt, asidik ekstraksiyon için ise %100 amplitüt grubunda saptanmıştır ($p<0.05$).

Amplitüt derecesinin artması, köpük kapasitesini artırmıştır. Ultrases uygulanmış gruplarda asidik ekstraksiyon köpük kapasitesini iyileştirmiştir ($p<0.05$).

Alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen protein izolatlarının köpük stabilitesi üzerine ultrases uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Alkali çözündürme için en yüksek değer %100 amplitüt grubunda belirlenirken, asidik çözündürme için %75 ve %100 amplitüt uygulananlarda belirlenmiştir. Tüm gruplarda proteinlerin asidik yöntemle ekstrakte edilmesi köpük stabilitesini olumlu yönde etkilemiştir ($p<0.05$).

Alkali ekstraksiyonla çözündürülmüş proteinlerin emülsiyon aktiviteleri 25.21 ile 28.89 m^2/g arasında, asidik ekstraksiyonla elde edilenlerin 38.69 ile 39.47 m^2/g arasında değişmiş ancak ultrases uygulamasının izolatların emülsiyon aktiviteleri üzerine etkisi önemli olmamıştır ($p<0.05$). Bununla birlikte asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatlar daha yüksek emülsiyon aktivitesi sergilemişlerdir ($p<0.05$).

Ultrases uygulaması alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların emülsiyon stabilitesini etkilemiş ($p<0.05$) ve bu etki alkali ekstraksiyonda negatif yönde olmuştur. Emülsiyon stabilitesi açısından alkali ekstraksiyon daha iyi sonuç vermiştir ($p<0.05$).

Bu sonuçlar; ultrases uygulamasının, uygulanan genlik (amplitüt) derecesine bağlı olarak değişmekle birlikte, alkali ve asidik ekstraksiyonla elde edilen izolatların fonksiyonel özelliklerinin modifikasyonunda kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, V. ve Akalın, A.S. 2017. Ultrason uygulamasının süt ürünlerinde homojenizasyon, jel yapısı, viskozite ve su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 42 (6), 743-753. doi: 10.15237/gıda.
- Alvarez, C., Lelu, P., Lynch, S.A. and Tiwari, B.K. 2018. Optimised protein recovery from mackerel whole fish by using sequential acid/alkaline isoelectric solubilization precipitation (ISP) extraction assisted by ultrasound. *Food Science and Technology*, 88, 210-216. doi:org/10.1016/j.lwt.2017.09.045.
- Anonymous, 2019. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü. <http://www.tarim.gov.tr/BSGM> (Erişim tarihi: 19.03.2019)
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Arıkan Er, G. 2007. Sazan balıklarından (*cyprinus carpio*) elde edilen proteinlerin izolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 62, Isparta.
- Aydemir, L. Y. 2014. Production of high quality functional proteins from legumes and plant based agroindustrial wastes and byproducts. Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 135, İzmir.
- Azadian, M., Moosavi-Nasab, M. and Abedi, E. 2012. Comparison of functional properties and SDS-PAGE patterns between fish protein isolate and surimi produced from silver carp. *Eur Food Res Technol*, 235, 83-90. doi: 10.1007/s00217-012-1721-z
- Bechtel, P. J., Morey, A., Oliveira, A. C. M., Wu, T. H., Plante, S. and Bower, C. K. 2010. Chemical and nutritional properties of Pacific Ocean perch whole fish and by-products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 55-72.
- Brasileiro, O. L., Cavalheiro, J. M. O., Sousa Prado, J. P., Anjos, A. G. and Cavalheiri, T. T. B. 2012. Determination of the chemical composition and functional properties of shrimp waste protein concentrate and lyophilized flour. *Ciênc. agrotec., Lavras*, 36:22, 189 -194.
- Chan, J. T.Y., Omana, D. A. and Betti, M. 2011. Functional and rheological properties of proteins in frozen Turkey breast meat with different ultimate pH. *Poultry Science*, 90 (5), 1112-1123. doi: 10.3382/ps.2010-01185
- Cingöz, A. 2012. Hidrolize vişne çekirdeği içi protein konsantrelerinin bazı kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 52, Tokat.
- Çaklı, Ş. ve Kılınç, B. 2004. Kabuklu su ürünleri işleme artıklarının endüstriyel alanda değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 21 (1-2), 145-152.

- Çankırılıgil, E. C. ve Berik, N. 2017. Gökkuşığı alabalığı kroketlerinin soğuk muhafazada raf ömrünün belirlenmesi. *Turkish Journal Of Aquatic Sciences*, 32 (1), 35-48.
- Eltayeb, A. R. S. M., Ali, A. O. and Haron, R. 2010. The chemical composition of pigeon pea (*Cajanus cajana*) seed and functional properties of protein isolate. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1680-5194, 9:11, 1069-1073.
- Ercan, S.Ş. ve Soysal, Ç. 2011. Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması. *Gıda* 36 (4), 225-231.
- Erdilal, R. 2014. İşleme yan ürünlerinden hidrolize balık proteini eldesi ve gıda katkı maddesi olarak kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 135, Antalya.
- Fernández-Quintela, A., Macarulla, M. T., del Barrio, A. S. and Martínez, J. A. 1997. Composition and functional properties of protein isolates obtained from commercial legumes grown in Northern Spain. *Plant Foods for Human Nutrition*, 51(4), 331-341. doi: 10.1023/a:1007936930354
- Fıratlıgil Durmuş, F. E. 2008. Kırmızı biber tohumunun endüstriyel olarak değerlendirilmesi: protein ekstraksiyonu, fonksiyonel özellikleri ve mayonez üretiminde kullanımı. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 148, İstanbul.
- Freitas, I. R., Cortez-Vega, W. R. and Prentice, C. 2016. Evaluation of properties of protein recovered from fish muscles by acid solubilization process. *International Food Research Journal*, 22(3), 1067-1073.
- Gedik, M. 2011. Vişne çekirdeğinden üretilen protein konsantresinin bazı kimyasal ve fonksiyonel özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 60, Tokat.
- Gencbay, G. and Turhan, S. 2016. Proximate composition and nutritional profile of the Black Sea Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) whole fish, fillets, and by-products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25 (6), 864-874.
- Gençcelep, H. 2008. Et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1306-7648, 9-18.
- Gül, O., Sarıcaoğlu, F. T., Mortaş, M., Atalar, İ. and Yazıcı, F. 2017. Effect of high pressure homogenization (HPH) on microstructure and rheological properties of hazelnut milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 411-420.
- Güzel, M. 2011. Mahlep çekirdeği içinden üretilen protein konsantresinin bazı kimyasal ve fonksiyonel özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 48, Tokat.
- Halim N. R. A., Yusof, H. M. and Sarbon, N. M. 2016. Functional and bioactive properties of fish protein hydrolisates and peptides: a comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 24-33. doi: 10.1016/j.tifs.2016.02.007
- He, S., Franco, C. and Zhang, W. 2011. Characterisation of processing wastes of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Yellowtail Kingfish (*Seriola lalandi*)

- harvested in Australia. *International Journal of Food Science + Technology*, 46 (9), 1898-1904.
- Hrynets, Y., Omana, D.A., Xu, Y. and Betti, M. 2011. Comparative study on the effect of acid- and alkaline-aided extractions on mechanically separated turkey meat (MSTM): Chemical characteristics of recovered proteins. *Process Biochemistry*, 46(1): 335-343. doi: 10.1016/j.procbio.2010.09.006.
- Hu, H., Li-Chan, E.C., Wan, L., Tian, M. and Pan, S. 2013. The effect of high intensity ultrasonic pre-treatment on the properties of soybean protein isolate gel induced by calcium sulfate, *Food Hydrocolloids*, 32, 303–311.
- Hüriyet, Z. 2014. Soğuk presten çıkan kapyra biber tohumu unlarından protein izolasyonu ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 79, Çanakkale.
- Ingadottir B. 2004. The use of acid and alkali-aided protein solubilization and precipitation methods to produce functional protein ingredients from tilapia. Degree of master, University of Florida the degree of master of science Food Science and Human Nutrition, 93, Gainesville.
- Jafarpour, S.A., Shabanpour, B. and Filabadi, S.S. 2013. Biochemical properties of fish protein isolate (FPI) from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by application of acid-alkali Processes compared to traditional prepared surimi. *Ecopersia*, 1:3, 315-327.
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z. and Herceg, I.L. 2008. Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *Journal of Food Engineering*, 86(2) , 281-287. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.10.004
- Jambrak, A.R., Lelas, V., Mason, T.J., Krešić, G. and Badanjak, M. 2009. Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *Journal of Food Engineering*, 93, 386–393. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.02.001.
- Karki, B., Lamsal, B., Grewell, D., Pometto, A. L., Van Leeuwen, J., Khanal, S. K. and Jung, S. 2009. Functional properties of soy protein isolates produced from ultrasonicated defatted soy flakes, *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 86, 1021–1028. doi: 10.1111/jfpp.12173.
- Karki, B., Lamsal, B., Grewell, D., Pometto, A. L., Van Leeuwen, J., Khanal, S. K. and Jung, S. 2009. Functional properties of soy protein isolates produced from ultrasonicated defatted soy flakes. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(10), 1021–1028. doi:10.1007/s11746-009-1433-0.
- Kılınç, B. 2007. Balık atıklarının değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24 (3-4), 315-319.
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D. and Shahidi, F. 2007. Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*) as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. *Food Chemistry*, 102(4), 1317-1327. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.07.016.

- Kim, H.K., Kim, Y.H., Hong, S.P., Kim, Y.U., Son, K., Lee, N.H. and Jung, S.K. 2017. Protein extraction from porcine myocardium using ultrasonication. *Journal of Food Science*, 82(5), 1059-1065. doi: 10.1111/1750-3841.13694.
- Kinsella, J. E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56(3), 242–258. doi:10.1007 /BF02671468.
- Korkut, A.Y. ve Yıldırım, Ö. 2003. Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliği ve yetiştiricilikte alternatif yem kaynakları. *Su Ürünleri Dergisi*, 20(1-2), 247 – 255.
- Kristinsson, H.G. and Liang, Y. 2006. Effect of pH-shift processing and surimi processing on atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) muscle proteins. *Institute of Food Technologists* 71, 304-311. doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00046.x
- Kristinsson, H.G., Theodore, A.E., Demir, N. and Ingadottir, B. 2005. A comparative study between acid- and alkali-aided processing and surimi processing for the recovery of proteins from channel cat fish. *Food Chemistry and Toxicology*, 70(4), 298-306.
- Lone, D. A., Wani, N. A., Wani, I. A. and Masoodi, F. A. 2014. Physico-chemical and functional properties of Rainbow trout fish protein isolate. *International Food Research Journal*, 22:3, 1112-1116.
- Maksan, M. ve Ayrancı, E. 1989. Palamut balığından balık protein konsantresi elde edilmesi. *Gıda*, 14 (4), 187-191.
- Mason, T.J., Paniwnyk, L. and Lorimer, J.P. 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3, 253-260.
- Mirmoghtadaie, L., Aliabadi, S.S. and Hosseini, S.M. 2016. Recent approaches in physical modification of protein functionality. *Food Chemistry*, 199, 619–627. doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.067
- Mohan M, Ramachandran D & Sankar T V 2006. Functional properties of Rohu (*Labeo rohita*) proteins during iced storage. *Food Research International*, 39(8): 847-854. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2006.04.003
- Nazari, B., Mohammadifar, M. A., Shojaee-Aliabadi, S., Feizollahi, E. and Mirmoghtadaie, L. 2018. Effect of ultrasound treatments on functional properties and structure of millet protein concentrate. *Ultrasonics - Sonochemistry* 41 (2018) 382–388. doi:10.1016/j.ultsonch.2017.10.002.
- Ochoa-Rivas, A., Nava-Valdez, Y., Serna-Saldívar, S.O. and Chuck-Hernández, C. 2016. Microwave and ultrasound to enhance protein extraction from peanut flour under alkaline conditions: Effects in yield and functional properties of protein Isolates. *Food Bioprocess Technology*, 10, 543–555. doi:10.1007/s11947-016-1838-3.
- Ogunwolu, S., O., Henshaw, F., Mock, H. F., Santos, A. and Awonorin, S. 2009. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. *Food Chemistry*, 115, 852-858. doi:10.1016/j.foodchem.2009.01.011
- Özen, A.Y. 2017. Ultrasonikasyon uygulamasının ayran üretiminde bazı kalite parametrelerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 82, Burdur.

- Öztop, K. 2014. Fındık proteini konsantresinin fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 64, Mersin.
- Pearce, K. N. and Kinsella, J. E. 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(3), 716-723. doi:10.1021/jf60217a041
- Pires, C., Costa, S., Batista, A. P., Nunes, M. C., Raymundo, A. and Batista, I. 2012. Properties of Protein Powder Prepared From Cape Hake By-Products. *Journal of Food Engineering*, 108 (2), 268-275. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.08.020
- Porras –Saavedra, J., Guemez-Vera, N., Montañez-Soto, J.L., Fernández-Martínez, M.C. and Yañez-Fernández, J. 2013. Comparative study of functional properties of protein isolates obtained from three Lupinus species. *Society of Education*, 4(4), 106-116.
- Ramachandran, D., Mohan, M. and Sankar, T.V. 2007. Physicochemical characteristics of muscle proteins from barracuda (*Sphyraena jello*) of different weight groups. *LWT - Food Science and Technology*, 40(8): 1418-1426. doi:10.1016/j.lwt.2006.09.010
- Robinson, H. W. and Hogden, C. G. 1940. The Biuret reaction in the determination of serum proteins: I. A study of the conditions necessary for the production of a stable color which bears a quantitative relationship to the protein concentration. *Journal of Biological Chemistry*, 135(2), 707-725.
- Rodrigues Freitas, I., Cortez-Vega, W. R. and Prentice, C. 2016. Physicochemical and functional properties of protein recovered from fish waste. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25:7, 1034-1044. doi: 10.1080/10498850.2015.1008714
- Sarıcaoğlu, F. T. 2018. Mekanik olarak ayrılmış kanatlı etlerinden üretilen antimikrobiyal ve antioksidan katkılı yenilebilir filmlerin bazı et ürünlerinde kullanımı. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 289, Samsun.
- Sayın, T. ve Ece Tamer, C. 2014. Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 83-94.
- Sze-Tao, K.W. C. and Sathe, S.K. 2000. Functional properties and in vitro digestibility of almond (*Prunus dulcis* L.) protein isolate. *Food Chemistry*, 69(2),153-160. doi: 10.1016/S0308-8146(99)00244-7.
- Şener, A. ve Ünal, M. Ü. 2008. Gıda Sanayii Atıklarının Biyoteknolojik Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs, Bildiri Özetleri Kitabı, 1035-1038, Erzurum. Türkiye
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T. ve Ertugay, M.F. 2009. Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda* 34 (4), 219-222.
- Taheri, A., Anvar, S. A. A., Ahari, H. and Fogliano, V. 2013. Comparison the functional properties of protein hydrolysates from poultry byproducts and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) viscera. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12:1, 154-169.

- Tahergorabi, R., E. Matak, K. and Jaczynski, J. 2015. Fish protein isolate: development of functional foods with nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*, 18, 746-756. doi: 10.1016/j.jff.2014.05.006
- Thuy, C. X., Lam, T. B., Toan, H. T. and Mc. Commick, K. 2014. Comparison the chemical components and functional properties of fish protein isolate from *Pangasius hypophthalmus* byproducts to other protein isolates. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 7:1, 47-56.
- Tokatlı, M. 2007. Kuşburnu proteinlerinin bazı kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 90, Tokat.
- Tural, S. 2016. Hamsi atıklarından antimikrobiyal ve antioksidan katkılı yenilebilir film üretimi ve hamsi filetolarında kullanımı. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 173, Samsun.
- Türkoğlu, T. 2017. Havuç ve patates sebzelerinden ve bunların atıklarından bitkisel protein elde edilmesi ve elde edilen proteinlerin bir örnek gıdaya uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 57, İzmir.
- Ünal, K. 2012. Ekonomik verim dönemini tamamlamış yumurta tavuğu göğüs ve but üzerine ultrasonik dalgaların etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 87, Konya.
- Üstün, N. Ş. ve Turhan, S. 1997. Farklı boylardaki hamsilerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin avlanma süresince değişimi. *Gıda*, 22 (4), 295-299.
- Xue, S., Xu, X., Shan, H., Wang, H., Yang, J. and Zhou, G. 2018. Effects of high-intensity ultrasound, high-pressure processing, and highpressure homogenization on the physicochemical and functional properties of myofibrillar proteins. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 45, 354-360. doi: 10.1016/j.ifset.2017.12.007
- Webb, M.F., Naeem, H.A. and Schmidt, K.A. 2002. Food Protein Functionality in a Liquid System: A Comparison of Deamidated Wheat Protein with Dairy and Soy Proteins. *Journal of Food Science*, 67(8), 2896-2902. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08835.x
- Wu, H., Wang, Q., Ma, T. and Ren, J. 2009. Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Research International*, 42(3): 343-348. doi:10.1016/j.foodres.2008.12.006
- Yağcı, S., Altan, A., Göğüş, F. ve Maskan, M. 2006. Gıda Atıklarının Alternatif Kullanım Alanları. Türkiye 9. Gıda Kongresi. 24-26 Mayıs, Bildiri Özetleri Kitabı, 499-502, Bolu, Türkiye.
- Yavuz, M. ve Özçelik, B. 2016. Bitkisel protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri. *Akademik Gıda*, 14(4),424-430.
- Yılmaz, E., Tekinay, A.A. ve Çevik, N. 2006. Deniz ürünleri kaynaklı fonksiyonel gıda maddeleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 23, 523-527.
- Yılmaz, K. 2017. Hamsi atık proteinlerinden üretilen yenilebilir filmlerin özellikleri üzerine transglutaminaz enziminin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 63, Samsun.

- Yüceer, M. (2018). Sıvı yumurtada ultrases tekniği kullanımının ürünün bazı fiziksel ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi. GIDA, 43(6),1019-1029. doi: 10.15237/gida.GD18079
- Zavareze, E d R., Halal S. L. M. E., Marques e Silva R., Dias A. R. G. and Prentice-Hernández, C. 2014. Mechanical, barrier and morphological properties of biodegradable films based on muscle and waste proteins from the Whitemouth Croaker (*Micropogonias furnieri*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4): 1973-1981. doi: 10.1111/jfpp.12173
- Zhang, H., P.Claver, I., Zhu, K. And Zhou, H. 2011. The effect of ultrasound on the functional properties of wheat gluten. *Molecules* 16, 4231-4240. doi:10.3390/molecules16054231
- Zou, Y., Li, P. P., Zhang, K., Wang, L., Zhang, M. H., Sun, Z. L., Sun, C., Geng, Z. M., Xu, W. M. and Wang, D. Y. 2017. Effects of ultrasound-assisted alkaline extraction on the physiochemical and functional characteristics of chicken liver protein isolate. *Poultry Science*, 96,2975–2985. doi:10.3382/ps/pex049.
- Zou, Y., Wang, L., Li, P., Cai, P., Zhang, M., Sun, Z., Sun, C., Geng, Z., Xu, W., Xu, X. and Wang, D. 2017. Effects of ultrasound assisted extraction on the physiochemical, structural and functional characteristics of duck liver protein isolate. *Process Biochemistry*, 52, 174-182. doi:10.1016/j.procbio.2016.09.027.

ÖZ GEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Rıdvan ATMACA

Doğum Yeri : Erzurum

Doğum Tarihi : 04.10.1994

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Cumhuriyet Lisesi (2012)

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği(2016)

Çalıştığı Kurum/Yıl

Doyaş Yemek Gıda ve Servis Hizmetleri Sanayi Ticaret Anonim Şirketi (2016-)

Yayınlar

Atmaca, R., Turhan, S. and Temiz, H. 2018. Functional modification of food proteins by ultrasound. *International Agricultural Science Congress*, Mayıs, Van.