

T.C.  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



İRMİK SANAYİ ARTIĞI İRMİK ALTI UN DAN PROTEİN  
KONSANTRESİ ÜRETİMİ VE BAZI FONKSİYONEL  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDA FİDAN

BOLU, AĞUSTOS - 2019

T.C.  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



İRMİK SANAYİ ARTIĞI İRMİK ALTI UN DAN PROTEİN  
KONSANTRESİ ÜRETİMİ VE BAZI FONKSİYONEL  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDA FİDAN

BOLU, AĞUSTOS - 2019

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Seda FİDAN tarafından hazırlanan "İrmik Sanayi Artığı İrmik Altı Undan Protein Konsantresi Üretimi ve Bazı Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 29.08.2019 tarihinde savunularak Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

Danışman  
Doç. Dr. Erkan YALÇIN  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

### İmza

.....  


Üye  
Doç. Dr. Hande Selen ERGE  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....  


Üye  
Dr. Öğr. Üyesi M. Tuğrul MASATCIOĞLU  
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

.....  


Prof. Dr. Ömer ÖZYURT

.....  


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü ✓

**Aileme,**

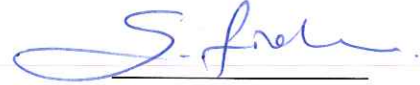


## ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

1. Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  2. Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  3. Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  4. Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  5. Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

**Seda FİDAN**



## ÖZET

### İRMİK SANAYİ ARTIĞI İRMİK ALTI UN DAN PROTEİN KONSANTRESİ ÜRETİMİ VE BAZI FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDA FİDAN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ERKAN YALÇIN)

BOLU, AĞUSTOS - 2019

Bu araştırmada, ham yağı uzaklaştırılmış iki farklı irmik altı unun (d1AU-1 ve d1AU-2) her birinden farklı ekstraksiyon çözücüleri kullanılarak ikişer adet protein konsantresi üretilmiştir. Ekstraksiyonda kullanılan d1AU-1 ve d1AU-2'nin protein içeriği kuru madde üzerinden sırasıyla %14,2 ve %17,7'dir. Distile su ve 0,15 M NaCl kullanılarak d1AU-1'den üretilen protein konsantreleri sırasıyla PK-1S ve PK-1T, d1AU-2'den üretilen protein konsantreleri sırasıyla PK-2S ve PK-2T olarak tanımlanmıştır. Protein konsantrelerinin %1 konsantrasyonda distile suda hazırlanan süspansiyonlarının fonksiyonel özelliklerinden protein çözünürlüğü, emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi, köpük kapasitesi ve stabilitesi ortam pH'sının bir fonksiyonu olarak incelenmiştir. Protein konsantrelerinin su tutma ve yağ absorplama kapasiteleri ayrıca çalışılmıştır. Protein konsantrelerinden bazıları belirli oranlarda kek formülasyonuna eklenerek yumurta ikamesi olarak kullanılabilme imkânları kontrol keki ile karşılaştırılarak incelenmiştir. PK-1S, PK-2S, PK-1T ve PK-2T'nin kuru madde üzerinden protein miktarları sırasıyla %93,4, %88,7, %90,8 ve %91,0'dir. Distile suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinin (PK-1S, PK-2S) su tutma kapasitesi (g su/g örnek), tuzlu suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinden (PK-1T, PK-2T) daha yüksektir. En yüksek protein çözünürlüğü PK-1S protein konsantresi ile pH 2'de (%81,9) tespit edilmiştir. En yüksek emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi PK-1S protein konsantresi ile sırasıyla pH 8'de (%61,8) ve pH 2'de (%64,2) gözlenmiştir. En yüksek köpük hacmi ve köpük yarı-ömrü değerleri sırasıyla PK-2S konsantresi ile pH 8'de (115,8 cm<sup>3</sup>) ve PK-1S konsantresi ile pH 2'de (116,3 sn) belirlenmiştir. Protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü, emülsiyon ve köpük özellikleri pH 6'da en düşük bulunmuştur. Fiziksel özellikleri kontrol kekine en yakın kek, yumurta miktarı %50 oranında azaltılıp, ağırlıkça %3 oranında PK-2S ile ikame edilen kektir. Tekstürel özellikler bakımından kontrol kekine en yakın kek, yumurta kullanılmadan yalnızca %3 oranında PK-1S kullanılarak üretilen kektir. Renk ve parlaklık/görünüm özellikleri bakımından en yüksek puana kontrol keki sahip olurken, diğer parametreler ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından en yüksek puana yumurta miktarı %50 oranında azaltılıp, ağırlıkça %1,5 oranında PK-2S konsantresi ikame edilerek üretilen kek olmuştur.

**ANAHTAR KELİMELER:** irmik Altı Un, Protein Konsantresi, Protein Çözünürlüğü, Emülsiyon Özellikleri, Köpük Özellikleri, Kek Üretimi, Yumurta İkamesi

## ABSTRACT

### PRODUCTION OF PROTEIN CONCENTRATE FROM CLEAR FLOUR AS A SEMOLINA INDUSTRY BY-PRODUCT AND INVESTIGATION OF SOME FUNCTIONAL PROPERTIES

MSC THESIS

SEDA FİDAN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING  
(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ERKAN YALÇIN)

BOLU, AUGUST 2019

In this study, two different protein concentrates were produced using different extraction solvents from each of defatted clear flours (dCF-1 and dCF-2). Protein contents of dCF-1 and dCF-2 were %14.2 and %17.7 on dry weight basis, respectively. Protein concentrates produced from dCF-1 using distilled water and 0.15 M NaCl were defined as PC-1S and PC-1T, respectively, and protein concentrates produced from dCF-2 were called as PC-2S and PC-2T, respectively. Functional properties of protein concentrates, such as protein solubility, emulsion capacity and stability, foaming capacity and stability, were investigated at 1% concentration in distilled water as a function of pH of the medium. Water holding and oil absorption capacities of protein concentrates were also studied. Some protein concentrates were used as an egg replacer at certain concentrations in muffin cake formulations in order to compare some quality properties with control cake. Protein contents of PC-1S, PC-2S, PC-1T and PC-2T were 93.4%, 88.7%, 90.8% and 91.0% on dry weight basis, respectively. Water holding capacities (g H<sub>2</sub>O/g) of PC-1S and PC-2S extracted using distilled water were higher than that of the PC-1T and PC-2T extracted using salt water. The highest protein solubility value was determined with the protein concentrates of PC-1S at pH 2 (81.9%). The highest emulsion capacity and stability values were detected with the protein concentrate of PC-1S at pH 8 (61.8%) and pH 2 (64.2%), respectively. The highest foam volume (cm<sup>3</sup>) and foam half-life (s) values were determined with the PC-2S at pH 8 (115.8 cm<sup>3</sup>) and with the PC-1S at pH 2 (116.3 s), respectively. Protein solubility, emulsifying and foaming properties of protein concentrates were the lowest at pH 6. The muffin cake prepared with 3% (w/w) PC-2S protein concentrate instead of half of the whole egg as an egg replacer was similar to control cake in terms of physical properties. The muffin cake produced with only 3% PC-1S instead of the whole egg was comparable to control cake in terms of textural properties. The control muffin cake had the highest point due to sensory properties of color and brightness/appearance, whereas the muffin cake produced with 1.5% PC-2S instead of half of the whole egg as an egg replacer had the highest points in terms of other sensory properties and general acceptability.

**KEYWORDS:** Clear Flour, Protein Concentrate, Protein Solubility, Emulsifying Properties, Foaming Properties, Cake Production, Egg Replacer

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	xi
TEŞEKKÜR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	4
2.1 Makarnalık Buğday ve Özellikleri.....	4
2.2 Makarnalık Buğdayın Öğütülmesi .....	6
2.3 İrmik Endüstrisi Artıkları ve Değerlendirilmesi.....	8
2.4 Bitkisel Kaynaklı Proteinler ve Gıda Endüstrisindeki Önemi.....	10
2.5 Bitkisel Kaynaklı Proteinlerin Fonksiyonel Özellikleri.....	14
2.5.1 Proteinlerin Çözünürlük Özelliği.....	17
2.5.2 Proteinlerin Emülsiyon Özelliği .....	17
2.5.3 Proteinlerin Köpük Oluşturma Özelliği .....	19
2.5.4 Proteinlerin Jel Oluşturma Özelliği.....	20
2.6 Bitkisel Kaynaklı Proteinlerin Gıdalarda Yumurta İkamesi Olarak Kullanılması .....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	25
3.1 Materyal.....	25
3.2 Yöntem.....	25
3.2.1 Kimyasal Analizler .....	25
3.2.1.1 Nem Miktarı Tayini.....	25
3.2.1.2 Protein Miktarı Tayini .....	25
3.2.1.3 Ham Yağ Tayini .....	26
3.2.1.4 Kül Tayini.....	26
3.2.1.5 Toplam Besinsel Lif Tayini .....	26
3.2.1.6 Zedelenmiş Nişasta Miktarı Tayini .....	26
3.2.2 Fizikokimyasal Analizler .....	26
3.2.2.1 İrmik Altı Unda Yaş Gluten, Kuru Gluten ve Gluten İndeks Tayinleri .....	26
3.2.2.2 Suda Çözünen Madde ve Su Bağlama Kapasitesi Tayini.....	27
3.2.2.3 Amilograf Analizi.....	27
3.2.3 Fiziksel Analizler .....	27
3.2.3.1 Partikül Boyut Analizi .....	27
3.2.4 İrmik Altı Un Protein Konsantrelerinin Üretimi.....	28
3.2.4.1 İrmik Altı Undan Ham Yağ Ekstraksiyonu .....	28
3.2.4.2 Protein Konsantrelerinin Ekstraksiyonu.....	28
3.2.4.3 Protein Konsantrelerinde Renk Tayini.....	29
3.2.5 İrmik Altı Unu Protein Konsantrelerinin Fonksiyonel Özellikleri Tayin Yöntemleri.....	29
3.2.5.1 Su Tutma ve Yağ Absorplama Kapasitesi Tayini.....	29



3.2.5.2	Protein Çözünürlüğü Tayini.....	30
3.2.5.3	Emülsiyon Özellikleri Tayini .....	31
3.2.5.4	Köpük Özellikleri Tayini.....	32
3.2.6	Protein Konsantrelerinin Kek Ürünüde Yumurta İkamesi Olarak Kullanımı .....	33
3.2.6.1	Kek Formülasyonlarının Hazırlanması .....	33
3.2.6.2	Kek Hamuru Yoğunluğu Tayini .....	34
3.2.6.3	Pişmiş Keklerde Yapılan Analizler .....	35
3.2.6.3.1	Kek Ağırlığı Tayini .....	35
3.2.6.3.2	Kek Yüksekliği Tayini.....	35
3.2.6.3.3	Kek Hacmi ve Spesifik Hacim Tayini.....	35
3.2.6.3.4	Keklerde Pişme Kaybı (Nem Kaybı) Tayini .....	35
3.2.6.3.5	Keklerde Nem Tayini ve Su Aktivitesi Tayini .....	35
3.2.6.3.6	Keklerde Tekstür Analizi .....	36
3.2.6.3.7	Keklerde Renk Analizi.....	36
3.2.6.3.8	Keklerde Duyusal Analiz.....	36
3.2.7	İstatistiksel Analiz.....	37
<b>4.</b>	<b>ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>38</b>
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>61</b>
<b>7.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>70</b>
	EK A Lowry vd. (1951) yöntemine göre damıtık sudaki protein miktarı tayininde kullanılan ve yine damıtık suda sığır serum albümin ( <i>bovine serum albumin</i> -BSA) proteini ile hazırlanan standart doğru .....	70
	EK B Araştırmada üretilen kontrol ve yumurta yerine İAU protein konsantresi ikameli kap keklerin genel görünüşleri.....	71
	EK C Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü (%) değerleri üzerine pH'nın etkisi .....	72
	EK D Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilir proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (%) değerleri.....	73
	EK E Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilir proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (%) değerleri.....	74
	EK F Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilir proteinlerinin köpük hacmi (cm <sup>3</sup> ) değerleri.....	75
	EK G Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilir proteinlerinin köpük yarı-ömrü (sn) değerleri .....	76
	EK H Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin duyusal analiz sonuçları .....	77
<b>8.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>78</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 2. 1. Durum buğdayının öğütme işleminin akış şeması.....	7
Şekil 2. 2. Buğdaydan protein ürünleri üretim akış şeması.....	12
Şekil 4. 1. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü (%) değerleri üzerine pH'nın etkisi.....	44
Şekil 4. 2. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (%) değerleri.....	46
Şekil 4. 3. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (%) değerleri.....	47
Şekil 4. 4. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin köpük hacmi (cm <sup>3</sup> ) değerleri.....	48
Şekil 4. 5. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin köpük yarı-ömrü (sn) değerleri.....	50
Şekil 4. 6. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin duyusal analiz sonuçları.....	56

# ÇİZELGE LİSTESİ

## Sayfa

Çizelge 3. 1. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin formülasyonları.....	34
Çizelge 4. 1. İrmik altı unların (İAU) ve yağı uzaklaştırılmış irmik altı unlarının (dİAU) bazı kimyasal özellikleri.....	38
Çizelge 4. 2. İrmik altı unların (İAU) nişasta ve zedelenmiş nişasta miktarları.....	39
Çizelge 4. 3. İrmik altı unların (İAU) amilograf özellikleri.....	40
Çizelge 4. 4. İrmik altı unların ve yağı uzaklaştırılmış irmikaltı unların suda çözünür madde ve su bağlama kapasitesi değerleri.....	40
Çizelge 4. 5. Yağı uzaklaştırılmış irmik altı un (dİAU) örneklerinin partikül boyutu analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4. 6. Protein konsantrelerinin ekstraksiyon verimleri ve bazı kimyasal özellikleri.....	42
Çizelge 4. 7. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin renk değerleri.....	43
Çizelge 4. 8. Protein konsantrelerinin su tutma ve yağ absorplama kapasiteleri.....	43
Çizelge 4. 9. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin bazı fiziksel özellikleri.....	51
Çizelge 4. 10. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin nem miktarları ve su aktivitesi değerleri.....	50
Çizelge 4. 11. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin bazı tekstürel özellikleri.....	51
Çizelge 4. 12. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin iç yüzeylerinin renk değerleri.....	51
Çizelge 4. 13. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin dış yüzeylerinin renk değerleri.....	55

## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

<b>İAU</b>	: İrmik Altı unu
<b>İAU-1</b>	: 1. İrmik Altı Unu Örneği
<b>İAU-2</b>	: 2. İrmik Altı Unu Örneği
<b>dİAU</b>	: Yağı Uzaklaştırılmış İrmik Altı Unu
<b>dİAU-1</b>	: 1. Yağı Uzaklaştırılmış İrmik Altı Unu
<b>dİAU-2</b>	: 2. Yağı Uzaklaştırılmış İrmik Altı Unu
<b>PK-1S</b>	: Distile Suda 1. İrmik Altı Undan Ekstrakte Edilmiş Protein Konsantresi
<b>PK-2S</b>	: Distile Suda 2. İrmik Altı Undan Ekstrakte Edilmiş Protein Konsantresi
<b>PK-1T</b>	: 0,15 M NaCl'de 1. İrmik Altı Undan Ekstrakte Edilmiş Protein Konsantresi
<b>PK-2T</b>	: 0,15 M NaCl'de 2. İrmik Altı Undan Ekstrakte Edilmiş Protein Konsantresi
<b>BSA</b>	: Sığır (Bovine) Serum Albumin
<b>NaCl</b>	: Sodyum Klorür
<b>PÇ</b>	: Protein Çözünürlüğü
<b>EK</b>	: Emülsiyon Kapasitesi
<b>ES</b>	: Emülsiyon Stabilitesi
<b>KH</b>	: Köpük Hacmi
<b>KYÖ</b>	: Köpük Yarı-Ömrü

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın her aşamasında ilgisini, desteğini ve yardımlarını fazlasıyla gördüğüm değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Erkan YALÇIN'a teşekkür ederim.

Ayrıca, "İrmik Sanayi Artıklarından Protein Üretimi Ve Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenerek Kek Endüstrisinde Yumurta İkamesi Olarak Kullanımı" isimli proje (Proje No: 2018.09.04.1397) kapsamında tez çalıőmama maddi destek sağlayan Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Başkanlığı'na,

Araştırmamızın, yumurta yerine irmik altı un protein konsantresi ikameli kek üretimi ve keklerin temel analizlerinin yapılması aşamasında bizlere laboratuvarlarını açan Puratos Türkiye ARGE Birimi'ne,

Tez çalıőmam süresince yardım ve katkıları ile destek ve yoldaő olan bölüm arkadaşım, değerli meslektaőım Cem KÖSEMECI'ye,

Yüksek lisans eğitimimde çalışma isteğimi artıran ve arkadaşlıklarıyla güzel anılar biriktirmemi sağlayan, yardımlarıyla her zaman destek olan bölüm ve laboratuvar arkadaşlarım Ezgi KARADEMİR ÇAKMAK, Ayőenur ARSLAN, Betül CINDIK, İlknur BOZOğLU'na,

Hayatım boyunca her zaman arkamda olan, koőulsuz sevgi ve destekleri ile maddi ve manevi yanımda olan canım ailem; Zehra FİDAN, Necati FİDAN ve Esra FİDAN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

**Seda FİDAN**

# 1. GİRİŞ

Tüketiciler arasında gittikçe artan bilinçlenme ve gıda üretiminin sağlık ve çevresel etkilerinin tartışılması, yeni bitkisel kaynaklı proteinlere olan ilgiyi artırmıştır. Sınırlı ekilebilir alanlara sahip olan büyüyen küresel nüfus için yeterli gıda üretmek amacıyla, tarım-gıda endüstrisinin bitkisel kaynaklı yan ürünleri daha verimli kullanmaları tavsiye edilmektedir (Arte vd., 2019). Bitkisel proteinler hayvansal proteinlere göre daha düşük maliyettedirler, yani et ürünlerinin maliyetini bitkisel proteinler azaltabilir. Yüksek hayvansal ürün fiyatları gıda endüstrisini et dışında yeni protein kaynakları bulmaya itmiştir. Farklı yöntemler ile işlenmiş soya proteinlerinin düşük fiyattan pazarlanması, bitkisel protein kaynaklarının yaygınlaştırılmasında iyi bir örnek olmuştur. Ayrıca, gelişmemiş ülkelerde hayvansal protein kaynaklarının yeterli düzeyde olmaması, bitkisel protein kaynakları arayışını artırmıştır (Asgar vd., 2010).

Gıda endüstrisinde hayvansal, bitkisel ve mikrobiyel kaynaklı proteinler çeşitli fonksiyonel özellikleri yerine getirmek amacıyla kullanılmaktadır. Gıda proteinlerinin fonksiyonel özellikleri, gıda işleme ve gıda ürünlerinin formülasyonlarında önemli bir yere sahiptir. Gıda proteinlerinin fonksiyonel özelliklerinden bazıları protein çözünürlüğü, emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi, köpük kapasitesi ve stabilitesi, su tutma/yağ bağlama kapasitesi, viskozite ve jelasyon veya jel oluşturmadır. Fonksiyonel özellikler, proteinin moleküler yapısı ve büyüklüğü gibi proteinin kendine özgü faktörlerinden ve proteinin izolasyon ve saflaştırma yöntemi, pH, iyonik kuvvet ve gıda sistemindeki diğer bileşenlerin varlığı gibi birçok çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Protein konsantresi veya izolatlarının kullanıldığı gıda ürünlerinin tipine göre sergilenecek fonksiyonel özelliklerin değiştiği bildirilmiştir. Örneğin, et ürünlerinden sosis ve salamlar, salata sosu, çorba gibi ürünlerde yüksek yağ ve su bağlayıcı ve emülsifiye edici protein kaynaklarının kullanılması istenirken; ekmek ve keklerde, şekerleme, dondurulmuş tatlılarda emülsifiye edici ve köpük oluşturma kapasitesine sahip protein kaynaklarının kullanılması önerilmektedir (Wu vd., 2009). Protein çözünürlüğü, fonksiyonel özelliklerin en önemlisidir, çünkü protein çözünürlüğü diğer fonksiyonel özelliklerden özellikle emülsiyon ve köpük özelliklerinin istenilen ölçüde yerine getirilmesinde önemli bir ölçüttür (El Nasri ve El Tinay, 2007; Ghribi vd., 2015; Hu vd., 2017).

Son yıllarda çocuklarda yumurta alerjisinin yaygınlaşmasının yanı sıra, vegan, lakto-vejeteryan beslenme eğilimi, kalp hastalıklarının yaygınlaşması, yumurta fiyatlarındaki artış ve bazı ülkeler/bölgeler için soğuk zincirde dağıtımın sınırlı olması yumurtasız keklere olan talebi artırmıştır. Birçok yumurta ikamesi çok bileşenlidir, yumurta ikameleri geliştirmek için proteinlerin hidrokolloidler veya emülgatörlerle birlikte uygulanması tavsiye edilmektedir (Lin vd., 2017a). Bu sebeplerden dolayı yeni protein kaynaklarının araştırılmasına ve gıda endüstrisine kazandırılmasına ihtiyaç vardır.

Makarnalık buğday (*Triticum durum* L.) ekonomik önemi bulunan makarna, irmik ve bulgur sanayinin başlıca hammaddesidir (Arena vd., 2017; Aydoğan vd., 2010; Kemahlıoğlu ve Ünal, 2001). Makarnalık buğday makarna üretimi için gerekli irmiğe öğütülürken, düşük bir ekonomik değere sahip olan irmik altı un önemli miktarda (%5-15) bir yan ürün olarak açığa çıkar. Durum buğdayı irmik altı unu daha çok yem amaçlı kullanılmaktadır, çünkü zayıf gluten yapısı, sarımsı rengi, aşırı nişasta zedelenmesi ve uygun olmayan partikül yapısı sebebiyle ekmek ve diğer unlu mamullerin yapımı için uygun değildir, dolayısıyla yem sanayi dışında katma değeri yüksek yeni kullanım alanlarının bulunması gerekmektedir (Sayaslan vd., 2018).

Bu araştırmanın amacı, makarna sanayi için önemli bir hammadde olan irmiğin öğütülmesi sırasında yan ürün olarak açığa çıkan irmik altı undan gıda sanayimiz için gerekli protein katkısı hazırlamak ve yumurta ikamesi olarak keklere kullanılabilirliğini araştırmaktır. Buna göre, ülkemizdeki iki farklı makarna fabrikasının irmik öğütme değirmeninden temin edilen irmik altı unlar bu araştırmamızın çalışma materyali olarak seçilmiştir. Araştırmada, ham yağ uzaklaştırılmış iki farklı irmik altı unun her birinden farklı ekstraksiyon çözücüleri (distile su ve 0,15 M NaCl) kullanılarak iki farklı protein konsantrasi izole edilmiştir. Daha sonra, protein konsantrasyonlarının öncelikle farklı pH değerlerindeki (pH 2, 4, 6, 8, 10) protein çözünürlüğü (%) özellikleri belirlenmiştir. Farklı pH değerlerinde çözünen proteinlerin emülsiyon kapasitesi, emülsiyon stabilitesi, köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi özellikleri incelenmiştir. Fonksiyonel özelliklerden su tutma ve yağ absorplama kapasitesi özellikleri de ayrıca çalışılmıştır. Ekstrakte edilen protein konsantrasyonlarından bazıları belirli oranlarda kek formülasyonuna eklenerek yumurta ikamesi olarak kullanılabilme imkânları kontrol keki ile karşılaştırılarak araştırılmıştır. Kekler pişirilmeden önce her bir kap kek hamurunun yoğunluğu ölçülmüş; pişirildikten sonra ise kap keklerde ağırlık, yükseklik, hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, nem ve su aktivitesi, tekstür, renk analizleri yapılmış ve ondört panelistin

katılımıyla duyusal analiz gerçekleştirilmiştir. Panelistler, keklerin yumuşaklık, ıslaklık, ufalanma, esneklik, kısa çiğnemelerde ağızda bıraktığı his, gözeneklilik, renk, parlaklık/görünüm, aroma, genel kabul edilebilirlik özelliklerini puanlayarak değerlendirmişlerdir.





## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Makarnalık Buğday ve Özellikleri

Buğday, insan tüketimi için en yaygın olarak ekilen önemli bir tahıldır. Yetiştirilen en önemli iki buğday türü, ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ve makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.)' dir (Laino vd., 2010). Buğday, içerdiği visko-elastik ve kohezif özelliklere sahip gluten proteinleri sebebiyle çok özel bir tahıl olup, birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de insanların beslenmesinde vazgeçilemez bir yere sahiptir (Yüksel vd., 2011). Makarnalık buğday (*Triticum durum* L.), makarna, irmik ve bulgur sanayinin en önemli ve ekonomik açıdan en uygun hammaddesidir (Arena vd., 2017; Aydoğan vd., 2010; Kemahlıoğlu ve Ünal, 2001). Durum (*Triticum turgidum* L. spp. *Durum* Desf.) buğdayı ve ekmeklik (*Triticum aestivum* L.) buğday, Akdeniz bölgesinin çevresel koşullarına iyi adapte olmuş iki tahıl türüdür. Makarnalık buğday özellikle makarna endüstrisi için irmik üretiminde kullanılırken, ekmeklik buğday, son ürünü ekmek olan buğday ununun başlıca hammaddesidir. Makarnalık buğday, ekmeklik buğday ile karşılaştırıldığında, geleneksel olarak düşük verimli ve stresli çevre koşulları göz önünde tutulursa, stresi ve düşük verim potansiyelini daha iyi tolere edebilir bir buğday türüdür (Giunta vd., 2019). Makarnalık buğday, Akdeniz bölgesinde en çok yetiştirilen tahıllarından biridir ve başta makarna, kuskus, bulgur üretiminde kullanılan irmiğin başlıca kaynağı olup, öğütülmüş unu geleneksel ekmeklerde de kullanılmaktadır (De Santis vd., 2018; Rocco vd., 2019; Beleggia vd., 2009).

Durum buğdaylarının çok sert bir endosperm yapısına sahip olmaları irmik verimlerini yükseltirken, tane camsılık oranlarının yüksek olması hem irmik verimlerini hem de irmik renk değerlerini artırmaktadır (Yüksel vd., 2011). Makarnalık buğdaylarda kaliteli, verimi yüksek, ekmeklik buğday çeşitleriyle rekabet edebilecek, soğuklara ve hastalıklara dayanıklılığı iyi olan çeşitlere ihtiyaç vardır (Soylu ve Sade, 2003). Durum buğdaylarında kalite, genellikle öğütme performansını belirleyen fiziksel kriterler ile protein miktar ve kalitesi, renk ve lipoksidaz aktivitesi,  $\alpha$ -amilaz, irmik iriliği ve irmik kül miktarı gibi kriterlere göre belirlenmektedir (Fu vd., 2018; Ercan ve Bildik, 1993).

Makarnalık buğday, kırmızı ve amber renkli olmak üzere iki şekilde değerlendirilmektedir. Kırmızı renkli olanlar, daha çok hayvan yemi olarak kullanılır ve makarna sanayi için bir öneme sahip değillerdir. Bu çeşit buğdaylar daha çok Arjantin'de yetişmektedir. Amber renkli makarnalık buğdaylar ise makarna sanayiinde kullanılmaktadır. En sert buğday amber renkli olanlardır. Protein miktarı çevreye bağlı olarak değişse de genellikle yüksektir. Makarnalık buğdayın makarnalık kalitesi; tanenin sertlik ve camsılık oranı, test (hektolitreye) ağırlığı, protein miktarı ve kalitesi (gluten kuvveti), öğütme performansı (irmik verimi ve kül oranı), sarı pigment konsantrasyonu ile sarı renk kaybı veya renk kararmasına sebep olan lipoksigenaz/lipoksidaz (LOX), polifenoloksidaz (PPO) gibi oksidatif enzimlerin aktiviteleri tarafından etkilenmektedir (Güleç vd., 2010).

İrmik, endüstriyel makarna üretiminde (yılda 13,5 milyon ton.) ve ayrıca kuskus, puding ve kahvaltılık ürünler için de irmik kullanılır. İrmik, insan beslenmesi için iyi bir protein (%10-15 kuru ağırlık) ve nişasta (%70-80 kuru ağırlık) kaynağıdır. Özellikle makarnalık buğday proteinleri, esansiyel amino asitleri optimal düzeyde içerdiği için insan beslenmesine oldukça uygundur (Arena vd., 2017).

Olgun buğday taneleri, yaklaşık %10 nem, %60-75 nişasta, %6-20 protein ve %1,5-2,0 ham yağ içerir. Tahılın teknolojik kalitesinde gözlenen farklılıklar, nişasta miktarı, protein içeriği ve hasat şeklindeki farklılıklar sebebiyle olabilir. Özellikle, depo proteinleri, buğday unu hamurlarının fonksiyonelliği için gerekli olan esneklik ve uzayabilirlik özelliklerini sağlamakta ve teknolojik kalitede büyük rol oynamaktadırlar (Flagella vd., 2010). Buğday, un ile su karıştırıldığında viskoelastik hamur oluşturabilme özelliğine sahip proteinlerden oluşan kompleks bir karışımı içerir. Hamurda elastikiyet ve dayanıklılık sağlayan protein bileşeni olan gluten, nişasta granülleri ve suda çözünür bileşenleri uzaklaştırmak için buğday unu hamuru yıkandığında kalan sakızimsı kütle olarak tanımlanabilir (Kaushik vd., 2015). Buğday tanesinin protein içeriği, buğdayın kalitesini belirleyen en önemli faktördür. Buğdayın depo proteinleri, sulu çözeltilerdeki çözünürlük özelliklerine göre seyreltik asit veya alkali çözeltilerde çözünen glutelinler (glutenin), alkol-su karışımlarında çözünen prolaminler (gliadin) ve sırasıyla suda ve seyreltik tuz çözeltilerinde çözünen albumin ve globulinler olarak ayrılırlar. Gluten proteini (glutenin+gliadin) buğday tanesi proteinlerinin yaklaşık %80'ini oluşturur ve hamur oluşturma özelliğinin en önemli belirleyicisidir (Laino vd., 2010 Pichereaux vd., 2019). Polimerik yapıda ve zayıf asit veya bazik çözeltilerde çözünen gluteninler, sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) sisteminde moleküler ağırlıklarına göre

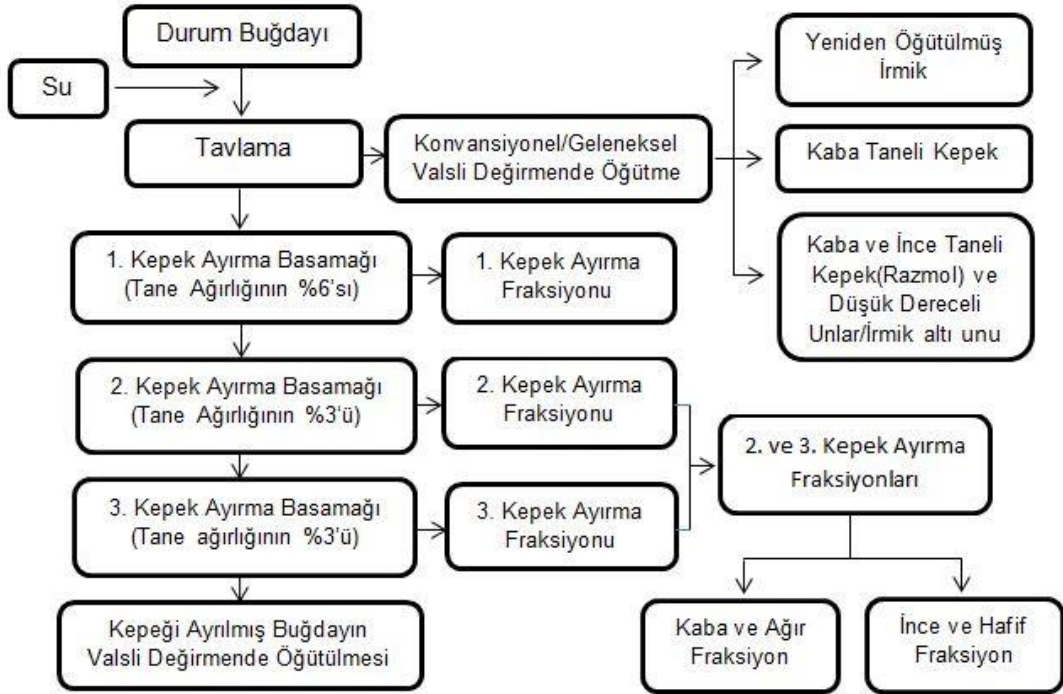
yüksek moleküler ağırlıklı (HMW, 80-130 kDa) ve düşük moleküler ağırlıklı (LMW, 35-80 kDa) gluteninler olarak gruplandırılırlar (Yüksel vd., 2011). Pichereaux vd. (2019) HMW gluteninlerin ekmek yapımında kaliteye bir etkisi olduğunu vurgularlarken, LMW gluteninlerin makarna yapımında kaliteye önemli katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Monomerik yapıda ve %70'lik etil alkolde çözünen gliadin proteinleri (30-75 kDa) ise, asit poliakrilamid jel elektroforez (A-PAGE) sisteminde dört alt gruba ayrılmaktadır. Bunlar, sülfürce fakir ve sistein içermeyen  $\omega$ -gliadinler ile sülfürce zengin ve zincir-içi disülfid bağları yapabilen  $\gamma$ -,  $\beta$ - ve  $\alpha$ -gliadinlerdir. Gluteninler büyük oranda hamurun elastik özelliklerinden, gliadinler ise hamurun viskoz ve kohezif özelliklerinden sorumludur (Yüksel vd., 2011).

## 2.2 Makarnalık Buğdayın Öğütülmesi

Buğdayın un veya irmik haline getirilmesi için yapılan işleme "öğütme" adı verilmektedir. Buğdayın kırılması, kabuğundan ayrılması, granül haline getirilmesi ve una öğütülmesi, kırma ve öğütme valsleri yardımıyla gerçekleşmektedir (Göçmen, 2001). Durum buğdaylarında camsılık oranı genellikle irmik verimi ve öğütme ile ilgili bir faktördür. Ayrıca, protein miktarını ve irmik partiküllerinin boyutunu etkilemesi sebebiyle makarna üretim teknolojisini ve makarna kalitesini de etkilemektedir. Camsı taneden daha iri partiküllü ve daha fazla irmik elde edilmekte ve irmik altı un miktarı da buna bağlı olarak daha az olmaktadır (Ercan ve Bildik, 1993). Öğütme işleminin ayrılmaz bir parçası olan buğday tavlama ya da tavlama koşulları, endospermden kepeğin düzgün bir şekilde ayrılmasına olanak sağlar (Fu vd., 2006).

Makarnalık buğday, makarna üretimi için kullanılacak irmiğe öğütülürken, düşük ekonomik değere sahip irmik altı un önemli miktarda bir yan ürün olarak ortaya çıkar. Durum irmik altı unu daha çok yem amaçlı kullanılır, çünkü zayıf gluten yapısı, sarımsı rengi, aşırı nişasta zedelenmesi ve uygun olmayan granülasyonu sebebiyle ekmek yapımı için uygun değildir, ayrıca yem sanayi dışında katma değeri yüksek yeni kullanım alanlarının bulunmasına ihtiyaç vardır. Bu sebeple, Sayaslan vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada irmik altı unların vital gluten ve biyoetanol üretiminde kullanılabilme imkanlarını araştırmışlardır. Makarnalık buğdayın irmiğe öğütülmesi ile %60-65 irmik, %15-20 irmik altı un ve %20-22 oranında kepek ve razmolün açığa çıktığı belirtilmiştir (TOBB, 2019).

Buğdayın endosperminden üretilen buğday unu nişasta ve protein bakımından zengin; kepek ve ruşeym kısımları besinsel lif, vitamin, mineral ve antioksidan ve fenolik bileşikler bakımından zengindir. Kepek, buğday tanesinin yaklaşık %15'ini temsil eder ve dış ve iç perikarp, tohum kabuğu, hiyalin ve alöron tabakalarından ve bazı nişastalı endosperm kalıntılarından meydana gelen, kompozit, çok katmanlı yapışkan bir dokudur. Değirmene bağlı olarak kepek; kaba kepek (normal kepek), kaba karışımlar (ince kepek), ince karışımlar (razmol ya da ince kepekler) ve düşük kaliteli unlar (bonkalite un) gibi farklı kepek oranlarında ve partikül boyutlarında yan ürünler ile endosperm kaynaklı yüksek kaliteli un elde edilebilmektedir (Pasqualone vd., 2017). Pasqualone vd., (2017) göre, durum buğdayının öğütme işleminin akış şeması Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** Durum buğdayının öğütme işleminin akış şeması (Pasqualone vd., 2017).

Fu vd. (2017) yaptıkları bir çalışmaya göre öğütme işlemi, dört oluklu kırma vals pasajları, beş kanallı eğimli vals pasajları ve 10 saflaştırma aşamasından oluşmaktadır. İlk üç ara yer oluşu farklı genişliklerde (1.29 mm, 0.41 mm ve 0.20 mm) olup iri taneli irmik üretmek için tutulur. Kırma işleminden sonra 425 µm boyutundaki parçacıklar 11 adet elekten geçer ve 3'ü kepek toplama amaçlı kullanılmaktadır. Bir elek üzerinde tutulan kaba materyal (630 µm), öğütme valslerinden geçirilerek elenir. Pasajların boyutlandırılmasından sonra, 180 µm'lik

elekten geçen ince parçacıklar, akışkan un olarak tanımlanır, 700 µm boyutundakiler ise razmol olarak tanımlanmıştır. Geriye kalanlar irmikten kepek ayırma işlemine tabi tutulmaktadır. İrmikten kepek ayırma işleminden sonra irmikler ayrıca toplanır. Eleklerden 571 µm boyutundaki partiküller de geçirilerek, 183 µm boyutunda olanlar irmik olarak toplanır. Eleklerde kalan 630 µm boyutundaki partiküller ise yem olarak tanımlanmıştır. Öğütme verimleri çeşitli fraksiyonlar bazında incelendiğinde, ortalama %12 kepek, %6 razmol, %4 yem amaçlı un, %8 irmik altı un ve %69 irmiğin ortaya çıktığı belirtilmiştir.

### **2.3 İrmik Endüstrisi Artıkları ve Değerlendirilmesi**

Türkiye’de yıllık 3 milyon ton geri kazanılabilir atık üretildiği ve bunun yaklaşık %69,4’ünün biyobozunur özellikte olduğu göz önüne alındığında, öncelikle en yüksek katma değere sahip bitkisel atıkların değerlendirilmesi için gerekli girişimler en kısa zamanda başlatılmalıdır. Araştırma sonuçları, bitkisel atıkların yenilenlerden çok daha fazla değerli olduğunu göstermektedir (Yaman, 2012).

Domates ve makarnalık buğday, Akdeniz bölgesindeki başlıca gıda ürünleri arasındadır. Bu ürünlerin yan ürünlerinin ve endüstriyel işlemlerinden elde edilen artıklarının ise farklı kullanım alanlarında değerlendirilmesinin büyük bir ekonomik potansiyel yaratacağı düşünülmektedir. Gıda endüstrisi yan ürünleri ve artıklarının biyoaktif bileşik kompozisyonlarının belirlenip, makarna sanayiinde fonksiyonel makarna üretiminde kullanılabilme imkanlarının araştırılması önem taşımaktadır (Pasqualone vd., 2016).

Tahıllar ve tahıl yan ürünleri, insan ve hayvan beslenmesinin önemli bir bölümünü oluşturur. Buğdayın nişastalı endosperminden elde edilen irmiğin dışında, dış tabakalarda (perikarp ve testa) bulunan ve mikro besin bileşenlerinin içerildiği kepek, insan ve hayvan beslenmesinde benzersiz fonksiyonel özelliklere sahip biyoaktif bileşiğin bir kaynağıdır (Cheli vd., 2010).

İrmik altı un, Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği’nde konu edilen Ekmeklik Buğday Unu’ndan kül oranının yüksekliği ve diğer özelliklerinin uymaması, örneğin zayıf gluteni sebebiyle ayrılmakta olup ekmeklik un olarak kullanılamamaktadır. Bu sebeple bu ürünün adının “Düşük Vasıflı İrmik Altı Un” olarak isimlendirilmesinin uygun olacağı sonucuna varılmıştır (GSO, 2019). İrmik altı unu, makarnalık buğdayın işlenmesi sırasında düşük kalitedeki paçal unların

birleştirilmesiyle elde edilen ve/veya buğdayın öğütülmesi sırasında ortaya çıkan bir yan üründür. İrmik altı unu, asıl ürün olan irmiğe göre daha yüksek kül miktarına sahiptir (Yağcı, 2008). Tahıl artıkları, besinsel liflerin önemli bir kaynağıdır. İrmik altı unu, makarnalık buğdayın irmiğe işlenmesi sırasında yaklaşık %13-16 oranında ortaya çıkan ve öğütme sırasında un ve belirli hatların sıra fraksiyonlarından toplanan, makarna endüstrisinde kullanılmayan bir yan üründür (Yağcı ve Gogus, 2009).

İrmik altı un, yüksek kepek kontaminasyonuna sahip ve temel olarak protein (%14-16), kül (%1.5-2) ve nişasta (yaklaşık %65) içeren, hafif gri renkli bir unudur. İrmik altı unu, buğday tanesinin dış tabakalarının büyük bir kısmından meydana gelir ve endospermden daha yüksek şeker, pentozan ve kül içermektedir. İrmik altı unu, genellikle düşük gluten içeren çavdar unu ekmeği gibi bazı fırıncılık ürünlerini gluten bakımından güçlendirmek için takviye amaçlı değerlendirilmektedir (Yağcı ve Gogus, 2009).

Buğday unu tanenin %72'lik bölümünü temsil etmektedir, kalan %28'lik bölümü ise kepek (kaba kepek + ince kepek), ruşeym, bonkalite ve kuyruk unlarından meydana gelmekte ve genellikle hayvan yemi amaçlı kullanılmaktadır. Buğday kepeğinin protein konsantrisi üretiminde kullanılması ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Özboy ve Saldamlı, 1997). İrmik altı un, kepeğe en yakın endospermin bir parçası olarak düşünülebilir, öğütmeden ilk çıkan kaliteli un ve patent una göre daha koyu renklidir. İrmik altı unu, patent una göre daha ucuzdur, ayrıca irmik altı undan üretilen gluten genel olarak patent undan elde edilene göre kalitesi daha düşüktür (Lin vd., 2012).

Makarna için en iyi hammadde makarnalık (durum) buğdaydır ve değirmenciler için irmiğin kaliteli ve yüksek verimli olması önemlidir. Durum buğdayının irmiğe öğütülmesi sırasında toplam ürünün yaklaşık %10-15 oranında irmik altı unu olarak da bilinen artık un ortaya çıkmaktadır. Bu artık yan ürün, irmikten daha düşük değerinde bir üründür ve çoğunlukla sosis dolgu malzemesi olarak, daha düşük dereceli makarna veya erişte yapmak için irmikle kombine edilerek değerlendirilmekte, evcil hayvan gıdası ve stok-yem formülasyonlarında kullanılmaktadır. İrmik altı ununun ekmeğin yapımında kullanımının artırılması, öğütülen durum buğdayının kârlılığını artırır ve aynı zamanda ekmeğin besin değerini iyileştirdiği belirtilmiştir (Sissons vd., 2008).

Pasqualone vd. (2017), genellikle hayvan yemi olarak kullanılan durum buğdayı öğütme yan ürünlerini ekmek yapımında kullanmışlardır. Buna göre, bu ürünün günlük lif ve antioksidan alımını artırabileceği belirtilmiş ve bu tür çalışmalar ile durum buğdayı öğütme yan ürünleri ile zenginleştirilmiş yeni fırıncılık ürünlerinin ortaya çıkmasına yardımcı olabileceği ifade edilmiştir.

## 2.4 Bitkisel Kaynaklı Proteinler ve Gıda Endüstrisindeki Önemi

Dünyadaki protein gereksinimleri, gıda güvenliği ve yetersiz protein beslenmesi konusundaki endişelerin artmasıyla birlikte küresel bir sorun olmaya devam etmektedir. Gıda üreticileri kadar tüketicilerin de gittikçe artan çeşitlilik sunan, besinsel fayda sağladığı kadar fonksiyonel de yarar sağlayan ve karbon ayak izlerini azaltan gıda alternatifleri arayışı giderek artmaktadır (Boye vd., 2010a). Küresel beslenmede, gelecekteki sorunlardan birisi, dünyanın artan nüfusunun protein ihtiyacının sağlanmasıdır. Bu konuda başlıca iki temaya dikkat çekmek gerekir: var olan hayvansal protein üretiminin etkinliğinin artırılması ve insanlığın doğal kaynakları artırma isteği veya biyo-kapasiteyi artırmak sebebiyle bitkisel proteinlere odaklanmasıdır (Partanen vd., 2016).

Bitkisel proteinler, özellikle gelişmekte olan, ortalama protein alımının gerekenden daha az olduğu ülkelerde, insan beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Dünyanın birçok yerinde gıda sistemlerindeki bileşenlere olan ilginin artması ve katkı maddeleri olarak bitkisel proteinlerin kullanılmasının başarısı, bitkisel protein ürünlerinin gıdaların lezzet özelliklerine büyük ölçüde katkı sağladıkları ile ilişkilendirilmektedir (Mao ve Hua, 2012).

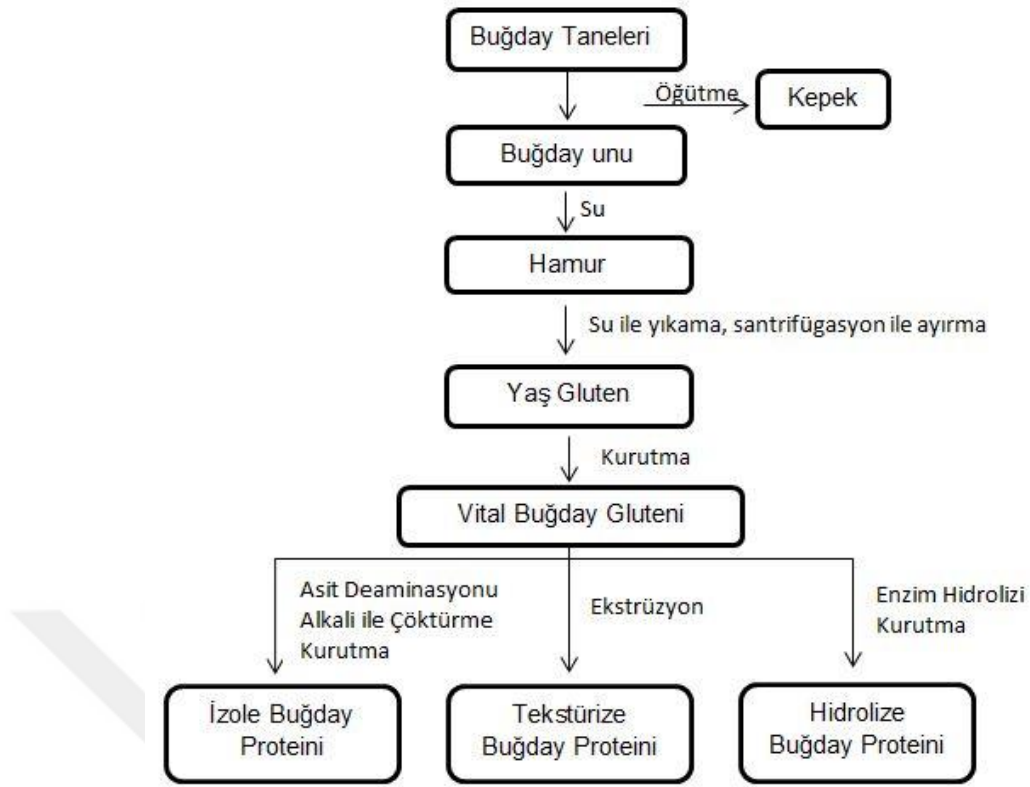
Süt, yumurta, soya ve buğdaydan elde edilen protein ürünleri gıda endüstrisi tarafından hem besleyici özellikleri hem de fonksiyonel özellikleri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, tüketicilerin alerjenite ve genetik özelliklerden dolayı hayvansal kaynaklı ürünleri tüketme konusundaki çekinceleri, dini veya ahlaki tercihlere dayalı beslenme tarzı seçimleri, günümüzde protein pazarlarının mevcut protein kaynaklarından uzaklaşarak alternatif protein kaynaklarına doğru eğilim gösterdiği görülmektedir (örneğin, bezelye, yosun, tek hücre proteini). Genel olarak, bitkisel proteinler (soya ve buğday dışındakiler), gıda katkısı olarak yeterli oranda kullanılmadığı için yapısal ve fonksiyonel özellikleri hakkındaki bilgileri sınırlıdır ve yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Lam vd., 2017).

İnsanlar ve hayvanlar için gelecekteki protein beslenmesine yönelik önemli bir katkı yeni protein kaynaklarından gelmesi beklenmektedir. Şu anda hayvan yemi olarak kullanılmayan protein kaynakları ve ayrıca modifiye edilerek hayvan yemi olarak kullanılan proteinler insan tüketimi için geliştirilmektedir. Gıda endüstrisi için bitkiler, algler ve böcekler gibi yeni protein kaynaklarına yönelme söz konusu olmaya başlamıştır. Mikroalg proteinlerinin bir yan ürün olarak elde edilmesiyle birlikte, alglerin yalnızca yemlerde değil aynı zamanda insan gıdalarında da önemli ve yeni bir protein kaynağı olduğu belirtilmiştir (Boland vd., 2013). Alternatif protein kaynaklarından biri olan bitkisel proteinlerin teknolojik özellikleri, ürünün tekstür ve stabilitesine katkı sağlaması sebebiyle son on yıldır yoğun bir şekilde çalışılmaktadır (Partanen vd., 2016).

Gıda endüstrisinde, alkali ekstraksiyonu ve izoelektrik noktada proteinlerin çöktürülmesi, protein izolatları hazırlamanın en yaygın yöntemidir (Ghribi vd., 2015). Protein konsantresi; alkali ile muamele, santrifügasyon, izoelektrik nokta uygulamaları ile başta nişasta olmak üzere karbohidratlardan ayrılmakta ve dondurarak kurutma veya püskürtmeli kurutucularda kurutularak gıdalarda kullanıma sunulmaktadır (Özboy ve Saldamlı, 1997). Dondurarak kurutulmuş protein tozlarının yüksek çözünürlüğü, daha az denatürasyon koşullarına maruz kaldığının bir sonucu olduğu bildirilmiştir. Bu sonuç, protein çözünürlüğünün, protein geri kazanımının tahmini için iyi bir parametre olduğunu göstermektedir (Ghribi vd., 2015). Dondurarak kurutulmuş gluten, en yüksek su ve yağ absorpsiyon değerine sahiptir. Üç farklı kurutma yöntemi uygulanarak kurutulmuş glutenin termal özellikleri benzer bulunmuştur, dondurarak kurutulmuş glutenin, pişirme uygulanan gıdalarda kullanılmasının daha uygun olacağı bildirilmiştir (Kaushik vd., 2015).

Buğday çeşide bağlı olarak %8-15 oranında protein içerir. Buğday vital gluteni olarak da bilinen, hamurdan %2'lik NaCl ile yıkama gibi basit bir fiziksel ayırma yöntemi ile üretilen ticari gluten %75-80 protein içermektedir. Buğday vital gluteninden kimyasal ya da enzimatik modifikasyon yöntemleri ile modifiye gluten üretimi fonksiyonel özellikleri iyileştirmek amacıyla yapılabilir. Ticari olarak izole edilmiş veya enzim yardımı ile izole edilen ve ayrıca tekstürize edilmiş buğday proteinleri >%90'dan fazla protein içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Day, 2013). Buğdaydan protein ürünleri üretim akış şeması Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Day, 2013).





**Şekil 2.2.** Buğdaydan protein ürünleri üretim akış şeması (Day, 2013).

Hayvansal ve bitkisel kaynaklı proteinler, farklı gıda sistemlerinde, besleyici değeri artırmaları, antioksidan aktivite göstermeleri, ara yüzey filmi oluşturma özelliklerinden dolayı emülsiyon ve köpük özellik göstermeleri ve jel oluşturma, yağ, su ve aroma bağlama özellikleri sergilemesi ve viskoziteyi artırmaları gibi birçok farklı fonksiyonel özellikleri göstermeleri sebebiyle gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılmaktadırlar. Son zamanlarda, çeşitli sağlık problemlerinin artması, dini tercihler ve vegan/vejeteryanlığın gittikçe yaygınlaşması veya artan bir eğilim olmasından kaynaklanan tüketici talepleri, gıda endüstrisinin, hayvansal proteinlere alternatif bitki proteinlerine olan ilgisini artırmıştır (Aydemir ve Yemencioğlu, 2013).

Bitkisel proteinler hayvansal proteinlere göre daha düşük fiyata sahiptir, yani bir et ürününün maliyetini bitkisel proteinler azaltabilir. Yüksek et fiyatları gıda endüstrisini et içermeyen proteinler üretmeye itmiştir. Bitkisel proteinlerin kabul edilebilirliğinin artmasında tekstürize soya proteinlerinin düşük fiyattan pazarlanmasıdır. Ayrıca, gelişmemiş ülkelerde hayvansal protein kaynakları yeterli değildir. Bir Dünya Bankası raporuna göre, ete yönelik toplam küresel talebin 1997-2020 yılları arasında %56 oranında artması beklenmektedir. Son birkaç yılda, mevcut ve büyüyen yaklaşık 7 milyarlık dünya nüfusu için yeterli olması gereken

gıda talebi ile ilgili endişeler artmıştır. Az gelişmiş ülkelerde 800 milyon insanın yetersiz beslendiği tahmin edilmektedir. Yoksul ve yetersiz beslenen nüfus için güvenli, besleyici ve sağlıklı gıda sağlamak, gelişmekte olan dünya için büyük bir sorun olmuştur. Daha spesifik olarak, protein-enerji yetersizliği bugün gelişmekte olan ülkelerin karşılaştığı en ciddi problemler arasındadır (Asgar vd., 2010).

Son zamanlarda ucuz protein kaynaklarına olan talep artmaktadır ve çoğu araştırma projelerinde düşük bir maliyetle üretilen gıda ürünlerinin besin değerini artırmak amacıyla çeşitli bitkisel kaynaklı proteinler üzerinde çalışmalar yürütülmektedir (Esmaeili vd., 2016). Bucko vd. (2016) kabak çekirdeği protein izolatını alkali ekstraksiyonu uyguladıktan sonra izoelektrik noktada çöktürme ile hazırlamışlardır. Mao ve Hua (2012) yaptıkları bir çalışmada, sonuçların alkali ekstraksiyonu-izoelektrik çöktürme yönteminin, ceviz proteini ürünlerinin protein içeriğini daha iyi hale getirebileceğini göstermişlerdir. Çalışmada, ceviz protein konsantresi ve ceviz protein izolatının, gıda ürünlerine katkı olabilecek bitkisel protein kaynağı olarak dikkate alınabileceği önerilmiştir.

Gıda endüstrisinde, tüketiciler için istenen özellikleri (doku, görünüm ve lezzet) elde etmek için bitkisel protein kaynaklarını kullanma, geleneksel ve yeni gıda maddelerinin geliştirilmesinde yeni endüstriyel işleme olanaklarını kullanma gibi eğilimler vardır. Ayrıca bitkisel proteinler, yararlı sağlık özelliklerinin yanında sindirim sırasında biyoaktif peptitlerin ortaya çıkmasına olanak sağlarlar (Steffolani vd., 2016). Son yıllarda, biyoaktif peptitler artan bir ilgi görmüştür ve bitki tohumlarından ve baklagillerden (nohut, bakla, mercimek, acı bakla, soya fasulyesi, pirinç kepeği, bezelye, buğday gluteni ve ayçiçeği gibi) elde edilen proteinlerin enzimatik sindirime odaklanan çok sayıda çalışma yapılmıştır (Lopez vd., 2019).

Patates öz suyundan asit ile çöktürme yoluyla patates proteinleri konsantre edilmiştir, ancak fonksiyonel özelliklerin kaybolmaması için daha yumuşak tekniklerin kullanılması gerektiği bildirilmiştir, örneğin; iyon değişim kromatografisi veya ultrafiltrasyon teknikleri gibi (Schmidt vd., 2018).

Yapılan çalışmaların çoğunda, makarna üretimi, protein bakımından zenginleştirilmiş un, konsantre veya izolat ilave edilmiş durum buğdayı irmiği ile yapılmıştır (Mercier vd., 2011). Baklagiller ve tahıllar besleyici özellikleri bakımından birbirinin tamamlayıcısıdır, baklagil unları makarnalık buğday irmiğini kısmen ikame edebilir (Padalino vd., 2014). Baklagiller, geleneksel olarak uygulanan yöntemlere ve lezzet tercihlerine bağlı olarak çeşitli şekillerde işlenir ve tüketilirler. Baklagiller, yüksek oranda protein içeriğine (%18-35) sahipken, amino asit profili incelendiğinde

lisin miktarı yüksektir ancak kükürt içeren amino asit miktarı bakımından fakirdir. Yetişkin insanlar için günlük önerilen esansiyel amino asit seviyelerine bağlı olarak, lisin bakımından yüksek baklagiller, yüksek oranda kükürt içeren tahılların tamamlayıcısı olabilirler (Campbell vd., 2016).

Boye vd. (2010b) baklagillerin özellikle tahıl proteinleri ile kombine edilip yenildiğinde insan beslenmesi için yararlı protein kaynakları olabileceğini belirtmişlerdir. Baklagil proteinlerinin besinsel kalitesi, hayvansal proteinlerle karşılaştırıldığında; fitat, proteaz inhibitörleri ve lektinler gibi anti-besinsel faktörlerin varlığından dolayı daha düşük olsa da, ısıtma işlemi, fermantasyon, enzim hidrolizi vb. gibi işleme yöntemleri ile sindirilebilirliklerini ve besin değerlerini önemli ölçüde artırabildiği bildirilmiştir. Baklagil protein konsantreleri ve izolatlarının büyük ölçekli üretimi ile gıda endüstrisinin fonksiyonel özellikler bakımından ihtiyaç duyulan önemli bir açığı kapatılabileceği belirtilmiştir.

## **2.5 Bitkisel Kaynaklı Proteinlerin Fonksiyonel Özellikleri**

Gıda proteinlerinin fonksiyonel özellikleri gıda işleme ve gıda ürünlerinin formülasyonlarında önemli bir yere sahiptir. Bu önemli fonksiyonel özelliklerden bazıları protein çözünürlüğü, su tutma ve yağ bağlama, emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi, köpük kapasitesi ve stabilitesi ve jel oluşturmadır. Bu özellikler, proteinin molekül yapısı ve molekül ağırlığı gibi proteinin kendine özgü faktörlerinden ve protein izolasyonu ve saflaştırma yöntemi, ekstraksiyon pH'sı ve iyonik kuvveti ve gıda sistemindeki diğer bileşenlerin varlığı gibi birçok çevresel faktörlerden etkilenir. Bu özelliklerin önemi, protein konsantrasyonunun kullanıldığı gıda ürünlerinin türüne göre değişir. Örneğin, etlerde, soslerde, ekmeklerde ve keklerde yüksek yağ ve su bağlayıcı protein konsantrasyonlarının kullanılması istenirken; salata sosu, sosis, sucuk, çorba, şekerleme, dondurulmuş tatlılar ve kekler için yüksek oranda emülsifiye etme ve köpük kapasitesine sahip protein konsantrasyonları veya izolatlarının kullanılmasının daha uygun olacağı belirtilmiştir (Wu vd., 2009).

İnsanın büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan proteinlerin besinsel değeri amino asit içeriğine dayanmaktadır, proteinlerin yapısal ve fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra gıdaların işlenmesi sırasında ortaya çıkan sayısız protein-protein ve protein-diğer bileşenlerin etkileşimleri de gıdanın tekstürel özelliklerinde rol oynar (Steffolani vd., 2016).

Gıda proteinlerinin iki önemli fonksiyonel özelliği, emülsiyon ve köpük oluşturmaktır. Her iki özelliğin de tam anlamıyla yapılabilmesi proteinin çözünürlüğüne bağlıdır. Emülsiyon sistemlerde su ve yağ, köpük sistemlerde ise su ve hava ara yüzeylerine hızlıca adsorbe olurlar ve bir ara yüzey filmi meydana getirirler. Böylece ara yüzey geriliminin düşürülerek emülsiyon ve köpük sistemlerin yapısal stabilizasyonu sağlanmış ve gıdanın raf ömrü uzatılmış olur (Schmidt vd., 2018).

Proteinlerin su tutma kapasitesi, proteinin yapısındaki hidrofilik gruplara bağlı iken, yağ absorplama kapasitesi proteindeki hidrofobik gruplara bağlıdır. Bu yüzden bir proteindeki amino asitlerin hidrofiliklik/hidrofobiklik oranı oldukça önem arz etmektedir (Capitani vd., 2012).

Son yıllarda baklagiller önemli bir protein kaynağı haline gelmeye başlamıştır, hem fonksiyonel gıda bileşenlerinin hem de besin takviyelerinin yeşil sebzelerle birlikte kullanılması sebebiyle de ucuz ve en bol potansiyel protein kaynağı olarak bilinmektedir. Bitkisel proteinler, farklı gıda uygulamalarında etkili ve başarılı bir şekilde değerlendirildiğinde, ideal olarak birtakım istenen özellikler fonksiyonel özellikler olarak tanımlanır. Bitkisel proteinler, ürünün besinsel kalitesinin yanında ürünün raf ömrünü ve tekstürünü iyileştirmek için gıdalarda fonksiyonel bileşen olarak kullanılmaktadır (El Nasri ve El Tinay, 2007).

Baklagiller, hayvansal proteinlerin yerini tutabilecek önemli protein kaynaklarıdır. Gıda marketlerinde çeşitli hayvansal olmayan gıda ürünleri yani vegan ürünler mevcuttur, bunlar bitkisel kaynaklı ürünlerdir, örneğin; tofu, tempeh, et benzeri ürünler ve süt alternatifleri, ancak yumurta içeren ürünler çok azdır (Söderberg, 2013; Kristensen vd., 2016). Bununla birlikte, yüksek kolesterol, alerjenler, hayvan refahı, gıda endüstrilerinin çevre üzerindeki etkisi ve yüksek gıda maliyetleri ile ilgili endişeler, baklagil proteinlerini gıdalardaki yumurta ikame maddeleri olarak kullanmaya iten bir ilgi artışına sebep olmuştur. Baklagillerin protein içeriği ve protein kalitesi oldukça yüksektir. Yakın tarihli araştırmalar, gelişmekte olan ülkelerdeki beslenme bozukluklarıyla mücadelede bitkisel proteinlerin, günlük diyetin bir parçası haline gelebilecek potansiyele sahip olduklarını göstermiştir (Söderberg, 2013).

Gıda proteininin boyut, şekil ve konformasyonu fonksiyonel özelliklerini etkileyen önemli faktörlerdir. Değişken koşullar altında protein çözünürlüğü, en önemli fonksiyonel özelliklerden biridir, çünkü bu özellik büyük ölçüde emülsiyon,

köpük ve jelleşme gibi diğer fonksiyonel özellikleri etkiler. Ayrıca, proteinin kullanılabilmesi için besin değeri, lezzet, koku ve fiziksel durum gibi kabul edilebilir özelliklere sahip olması gerekir (El Nasri ve El Tinay, 2007). Emülsiyon ve köpük sistemlerde stabilize olmuş partikül dağılımı protein gibi yüzey aktif maddelerin bu sistemleri oldukça kararlı yapması, gıda proteinlerine olan ilginin artmasına sebep olmuştur (Partanen vd., 2016). Bitkisel proteinlerin gıda uygulamalarında kullanımı sırasında gıda ürünlerinin istenilen kalitede olması, özellikle proteinlerin fonksiyonel özelliklerine bağlıdır. Fonksiyonel özellikler, proteinlerin moleküler yapısı ve boyutu, fiziksel ve kimyasal özelliklerine; üretim, işleme, depolama, hazırlık ve tüketim sırasında gıda sistemlerinin maruz kaldığı aşamalara bağlı olmaktadır (Rodsamran ve Sothornvit, 2018).

Hazırlanması sırasında kuru işleme tabi tutulan protein konsantreleri yaygın bilimsel çalışmalarda son derece önem taşımaktadır. Gıda teknolojisi uzmanları karmaşık fraksiyonların çözümlenmesinde bilimsel yöntemlerin gelişmesini sağlamaktadır, böylece yeni protein katkılı gıdaların geliştirilmesine katkıda bulunan yüksek fonksiyonel özellik taşıyan protein konsantrelerinin geniş kullanımı beklenmektedir (Schutyser ve Goot, 2011).

Kaliteli bir protein katkısında, gıdayı çekici hale getirmek için en iyi besin özellikleri ve uygun bir fonksiyonellik özellik bulunur. Bir proteinin fonksiyonellik derecesi, yapısal özellikleriyle ilişkilidir çünkü bu fonksiyonellik derecesi, proteinin hazırlandığı ortamının koşullarından etkilenmektedir. Bir protein bileşeninin fonksiyonel özellikleri, söz konusu gıda ürününe uygunluğuna bağlıdır. Formüle edilmiş gıdaların pek çoğunun köpük veya emülsiyon tipte olduğu bir gerçektir, böylece uygun yüzey özelliklerine ve çözünürlüğe sahip proteinlere ve gıdaya optimum bir yapı vermek için yüksek su tutma kapasitesi olan proteinlere ihtiyaç olduğu görülmektedir (Esmaeili vd., 2016).

Genel olarak bir proteinin fizyolojik ve tekno-fonksiyonel özellikleri, ilgili amino asit kompozisyonuna bağlıdır. Yer bademi (tiger nut) proteinleri yüksek değerli amino asitlere sahip olsa da, moleküler ağırlık, çözünür veya çözünmez fraksiyonlar, termal denatürasyona duyarlılık veya pH'ya duyarlılık gibi fizikokimyasal özellikleri detaylı olarak Kizzie - Hayford vd. (2015) tarafından çalışılmıştır. Örneğin, albümin, globulin, prolamin veya glutelin proteinlerinin, gıdaların köpük özelliklerini, emülsifikasyon özelliklerini, jel özelliklerini veya çözünürlük özelliklerini etkileyebileceği belirtilmiştir. Bundan dolayı yer bademi

proteinlerinin tekno-fonksiyonel özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için glutelin, albümin, globülin ve prolamin fraksiyonları detaylı olarak incelenmiştir (Kizzie-Hayford vd., 2015).

### **2.5.1 Proteinlerin Çözünürlük Özelliği**

Protein çözünürlüğü, gıda sistemlerinde diğer fonksiyonel özellikleri etkilediği için son derece önemlidir ve protein izolat ve konsantrelerinin performansının bir göstergesi olarak işlev görmektedir. Protein çözünürlüğü, protein fraksiyonlarının bileşimine ve izolatlardaki proteinlerin denatürasyon düzeyine bağlıdır. Yüksek protein çözünürlüğü, ekstraksiyon sırasındaki düşük denatürasyonun bir göstergesidir (Ghribi vd., 2015). Çözünürlük proteinlerin önemli bir fizikokimyasal özelliğidir ve diğer fonksiyonel özellikler üzerindeki önemli etkisinden dolayı, proteinlerin iyi emülsiyon, köpük, jelleşme özellikleri göstermesi için sulu ortamda yüksek çözünürlüğe sahip olmalıdır. Protein çözünürlüğünü etkileyen faktörler; pH, iyonik kuvvet, çözücü tipi ve sıcaklıktır. Proteinler izoelektrik noktalarında en az çözünürlüğe sahiptirler. Çoğu bitki proteini için, özellikle de yüksek seviyede prolamin ve glutelin içeren tahıl proteinleri için, nötr pH'da, yüklü amino asit çökeltilerinin düşük içerikleri nedeniyle çözünürlükleri oldukça düşüktür (Day, 2013). Lopez vd. (2019) ayrıca yapmış olduğu bir çalışmada pseudo-tahıl proteinlerinin protein çözünürlüğünün yüksek iyonik kuvvette azaldığı tespit edilmiş ve bu etkinin asit ortamında daha fazla olduğu belirtilmiştir. Steffolani vd. (2016), kinoa proteinlerinin çözünürlüğünü ve köpük kapasitesini ortam pH'sının etkilediğini belirtmiştir. Ghribi vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada farklı nohut protein konsantrelerinin çözünürlük-pH profilini incelediklerinde, en düşük protein çözünürlüğünün pH 4 ile pH 5 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, antioksidan peptitler üretmek için etkili bir yöntem olarak protein hidrolizine dikkat çekmiştir. Gıda ürünlerindeki peptitlerin fonksiyonel ve biyoaktif özelliklerinin, hidrolizatların çözünürlüğü ile arttığı ifade edilmiştir (Bamdad ve Chen, 2013).

### **2.5.2 Proteinlerin Emülsiyon Özelliği**

Emülsiyon aktivitesi (EA) veya emülsiyon kapasitesi (EK) ve emülsiyon stabilitesi (ES), proteinlerin emülsiyon özelliklerini değerlendirmek için sıklıkla

kullanılan iki indekstir. Proteinler, sulu bir ortamda dağılmış olan yağ damlacıklarının etrafında bir film oluşturarak yüzey gerilimini düşüren emülgatörler olarak görev yaparlar. Böylece yağ globüllerinin birleşme, krema oluşturma, kümeleşme veya çökme gibi emülsiyonda meydana gelecek yapısal değişiklikleri önlerler. Bu sebeple, proteinlerin emülsiyon özellikleri, hidrofobiklik/hidrofiliklik oranlarından ve yapısal diğer özelliklerden etkilenmektedirler. Dağılmış haldeki yağ damlacıkları çevresinde viskoelastik bir film oluşturmak için çözelti içinde çözünür formda bulunmaları gerekir. Bir sistem içinde, EA, protein birimi başına emülsifiye edilebilecek yağ miktarını ölçerken, ES; belirli bir zamanda emülsiyon yapısında meydana gelebilecek değişikliklere karşı koyacak emülsiyonun yeteneğinin ölçülmesidir (Boye vd., 2010a).

Protein ile stabilize edilen emülsiyonlar; protein özelliklerine (örneğin; proteinin kaynağı, konsantrasyon, boyut, yüzey hidrofobikliği ve çözünürlük); işleme özelliklerine (örneğin; kesme seviyesi ve süresi); çevresel koşullara (örneğin; sıcaklık, pH ve iyonik kuvvet); karışım oranına; emülsiyon damlacık özelliklerine (örneğin; yağ globüllerinin boyutu ve dağılımı, birleşme/kümeleşme seviyesi ve yağ globüllerinin üç boyutlu dizilimi); emülsiyon viskozitesine ve zamana bağlıdır. Yağ globüllerinin büyüklüğü, sıcaklık, pH ve iyonik kuvvet gibi çevresel koşullar ve emülgatörler, gıda endüstrisinde emülsiyon stabilitesini kontrol etmede başlıca faktörlerdir (Karaca vd., 2011).

Proteinler, arayüzey geriliminin azalmasını sağlayarak yağ-su ara yüzeyinde fiziksel bir bariyer oluşturur ve kümeleşmeyi önlerler (Karaca vd., 2011). Yüzey aktif biyo-polimerlerden olan proteinler, özellikle yüksek ara yüzey elastikiyetine ve viskoziteye sahip filmler oluşturabilirler. Ayrıca, çeşitli gıda proteinleri gıdalarda köpük oluşturma ajanları ve emülsifiye edici ajanlar olarak yaygın şekilde kullanılırlar (Murray vd., 2011).

Birçok gıda sisteminde proteinler, diğer yüzey aktif bileşikler ile birlikte bulunurlar. Ortam pH'sı ve bazı yardımcı çözeltilerin varlığı, hava/su ara yüzeyindeki proteinin yapısını etkilediği bildirilmiştir. Selüloz ve modifiye edilmiş nişasta gibi yüzey aktif parçacıkların varlığının köpük ve emülsiyon stabilitesini geliştirdiği gösterilmiştir. Proteinin izoelektrik noktasına (pI) yakın pH'larda, düşük seviyelerde elektro-statik ve molekül-içi etkileşimlerden dolayı yağ-su ara yüzeyine difüzyon ve adsorpsiyon oranı artar. Fakat hızlı oluşan filmler, bir asit veya alkali koşullarda oluşturulmuş olanlardan çok daha düşük ara yüzey elastikiyetine sahip oldukları ortaya çıkmıştır (Asghari vd., 2016).

Yapılan son araştırmalar arpa proteinlerinin etkin bir şekilde emülsifiye edici ve film oluşturucu özelliklerini ortaya koyduğu ve emülsiyon stabilitesi için arpa proteininden mikrokapsüller hazırlanabildiğini göstermiştir (Wang vd., 2011). Monogliseritler ve digliseridler gibi protein emülgatörlerinin de iki fonksiyonel rolü vardır: protein yağ-su ara yüzeyine adsorbe olarak visko-elastik bir film meydana getirmek ve yağ globullerinin birbirine içine kayarak bütünleşmesini engellemektir. Kısmi birleşmeden ayrı olarak, hava verilmiş emülsiyonları stabilize etmek için alternatif mekanizmalar da mümkündür. Bu tür bir mekanizmada, bir asitin sebep olduğu stabilize edilmiş kazein emülsiyon jelinin yumuşak visko-elastik ağ yapısını kullanarak, dağılmış gaz kabarcıkları etrafında protein bir film oluşturularak yağ damlacıklarının kümeleşmesi önlenmiş olur (Dickinson, 2015).

### **2.5.3 Proteinlerin Köpük Oluşturma Özelliği**

Köpük sistemleri, sürekli bir matris içinde stabilize edilmiş bir gaz fazı tipindeki ürünler olarak tanımlanabilen karmaşık sistemlerdir. Yeni ürünler geliştirmek için üretilen köpük sistemlerin çeşitli tipleri, tüketici tercihlerine iyi uyarlanmış, havanın kullanıldığı sıfır maliyetli bir bileşen olarak gıda malzemelerinin önemli bir sınıfını oluştururlar. Dondurma, marşmelov, krem şanti, köpük kremler gibi köpük yapıdaki gıdaların stabilite ve hareketleri, mikro yapıları ile ilgilidir yani hava kabarcık boyutları, dağılımları ve hacim fraksiyonları ile yakından ilişkilidir (Miquelim vd., 2010).

Birçok gıdanın işlenmesi sırasında, örneğin çırpma işlemi aşamasında hava-su ara yüzey alanı arttığından dolayı proteinler bir miktar denatüre olur ve koagüle olurlar. Havanın köpük yapı içinde hapsolmesi farklı gıda matrislerinde büyük bir rol oynar ve birçok kabaran ya da mayalanan gıda ürünlerinde bu önemlidir, örneğin; ekmekler, kekler ve kurabiyelerde olduğu gibi (Aider ve Barbana, 2011).

Gıda köpükleri günümüzde üretilen ve satılan gıda maddelerinin büyük bir bölümünde görölmektedir. Bu tür yenilebilir köpükler, bir İngiliz birasından ekmeğin yapısındaki hava hücresi yapısına kadar çeşitlendirilebilir. Fakat köpüklerin stabilizasyonunun azalması aynı emülsiyon stabilitesinin azalması gibi benzer prensipler ile açıklanabilir ve ikisi ortak bir konu gibi düşünülebilir. Genellikle, bu köpük yapıdaki ürünlere olan ilgi, köpük yapısındaki ürünlerin duyuusal talebi karşılamasından kaynaklanmaktadır. Örneğin, dondurmadaki hava miktarı ürünü



duyusal olarak buzlu-soğuk içeceklerden daha ilgi çekici yapar. Aynı zamanda yeni ürünlerin geliştirilmesi ya da farklı ürünler yaratmak için hava-su ara yüzeyinde yeni köpük ajanlarının bulunmasına veya keşfedilmesine ihtiyaç vardır (Green vd., 2013).

Köpük özelliklerini ölçmek için en sık kullanılan indeksler köpük genişmesi, köpük kapasitesi ve köpük stabilitesidir. Köpük sistemler, proteinlerin hava kabarcıklarını sıvı süspansiyonunda tutmak için bir ara yüzey filmi oluşturmaları ile meydana gelirler yani proteinler hava-su ara yüzeyinde visko-elastik bir film oluşturarak hava kabarcıklarının stabilitesini sağlarlar (Boye vd., 2010a).

Proteinler ve polisakkaritler gıda köpüklerinin stabilizasyonunda önemli rol oynarlar. Sıvı film drenajını geciktirirler ve hava kabarcığı yüzeyinde filmi yırtılmaya karşı koruyan ve önleyen visko-elastik bir tabaka meydana getirerek hareket ederler. Proteinler, hidrofobik özellikler ve hızlı şekilde hava-su ara yüzeyine adsorbe olmaları ile bir elastik tabakanın oluşumuna yol açarlar, muhtemel konformasyonel düzenlenmeleri sayesinde iyi bir köpük kapasitesi ve yüksek köpük stabilitesi sağlarlar. Proteinlerin ve polisakkaritlerin bir arada bulunması, iki farklı makromolekülün köpük sistemlerin stabilizasyonuna önemli katkıları olabilir. Polisakkaritlerin, gıda proteinlerinin köpük oluşturma özellikleri üzerindeki etkisi üzerine yapılan önceki çalışmalar, bu etkinin köpük stabilitesini güçlü bir şekilde artırdığını göstermiştir (Schmidt vd., 2010). Bezelye protein izolatının, alerjik olmayan doğası ve yüksek besin değeri ile köpük tip gıda uygulamalarında önemli bir protein katkısı olduğu ifade edilmiştir (Asghari vd., 2016).

#### **2.5.4 Proteinlerin Jel Oluşturma Özelliği**

Protein jelasyonu birçok gıdanın hazırlanmasında önemli bir yere sahiptir, örneğin; pudingler, jöleler ve birçok tatlı ve et ürünlerinde proteinlerin jel oluşturma özelliğinden yararlanılmaktadır. Jelleşme kapasitesinin önemli bir parametresi, destekleyici bir jel oluşturmak için gereken en düşük konsantrasyon olarak tanımlanabilen en düşük jelleşme konsantrasyonunun belirlenmesidir. En düşük jelleşme konsantrasyonuna sahip olan proteinler, bu sebeple daha yüksek jelleşme kapasitesine sahip proteinlerdir (Boye vd., 2010a).

Gıda proteinleri, özellikle globüler/küresel proteinler, sulu çözeltilerinde protein-protein ve protein-çözücü etkileşimleri dengelendiğinde ısı ile denatüre edildiklerinde jel meydana getirirler. Jel oluşum sıcaklığı ve elde edilen jel özellikleri;

proteinlerin moleküler yapısı, protein-protein ve protein-çözücü etkileşimleri ile yakından ilişkilidir (Day, 2013). Protein jelasyonu, proteinlerin üç boyutlu bir ağ meydana getirerek, protein denatürasyon sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa ısıtılmaları ve ardından hemen soğutulmaları ile meydana gelmektedir. Baklagil proteinin jel oluşumu incelendiğinde hidrofobik etkileşimler ve kovalent disülfid bağları jel ağ gelişimine katkıda bulunduğundan jel oluşturmada sıklıkla tercih edilirler (Jarpa-Parra, 2018). Yüksek moleküler ağırlıklı globüler proteinler, örneğin soya protein izolatu jel oluşturmada oldukça etkin bir proteindir, bunda yüksek molekül ağırlığı ve protein açılımının etkin bir şekilde gerçekleşmesi rol oynamaktadır (He vd., 2014).

## **2.6 Bitkisel Kaynaklı Proteinlerin Gıdalarda Yumurta İkamesi Olarak Kullanılması**

Kekler, giderek artan küresel pazar talebiyle, yaygın bir şekilde tüketilen ve beğenilen tahıl ürünlerindedir. Keklerin en önemli bileşenlerinden biri yumurtadır. Yumurta proteinleri, kekin köpük yapısının oluşumunda önemli bir işleve sahiptir, çünkü çırpma aşamasında kek hamurunda hava kabarcıklarının etrafında visko-elastik bir film oluşturur ve sıvı köpük (hamur) pişirme sırasında katı bir köpüğe (kek) dönüşür. Yumurta proteini, özgün jel oluşturma özelliği, keklere hacim, özel doku niteliği kazandırma, renk ve lezzet sağlamada başlıca bileşendir. Yumurta alerjisinin tekrarlanma sıklığının yanı sıra, lakto-vejeteryanlardaki artış eğilimi, kalp hastalıkları oranının artması, ayrıca yumurta fiyatlarındaki artış ve bazı ülkeler/bölgeler arasında soğuk zincir dağıtımının sınırlı olması yumurtasız keklere olan talebi artırmıştır. Birçok yumurta ikamesi çok bileşenlidir, yumurta ikameleri geliştirmek için proteinlerin hidrokolloidler ve emülgatörler ile birlikte uygulanması tavsiye edilmektedir (Lin vd., 2017a).

Vegan ve vejeteryan popülasyonunu hedef alan ve yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi amacıyla mercimek proteini, fırıncılık ürünlerinde yumurta akı ve süt proteinleri gibi hayvansal kaynaklı proteinlerin yerini alabilecek yeni fonksiyonel ürün olarak iyi bir potansiyele sahiptir. Tahıl kaynaklı unlu mamullere mercimek proteininin katılması, besin değerleri açısından yeni gıda ürünleri üretimine olanak sağlayabilir, çünkü baklagil proteinleri, içerdikleri esansiyel amino asitler sayesinde tahıl proteinlerini tamamlayıcı niteliktedirler. Mercimek proteininin ayrıca iyi köpük ve emülsiyon kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir. Her iki fonksiyonel özellik ile

hamurun havalandırılmasına ve emülsiyon stabilitesine katkıda bulunulduğu için fırın ürünlerinin yapı oluşumu ve prosesi sırasında mercimek proteinleri kilit öneme sahiptirler. Hamur ve kekin fiziksel özellikleri ve karakterizasyonları, mercimek proteininin kek formülasyonlarında etkili bir köpük ve emülsiyon stabilizatörleri olarak işlev görebileceğini göstermiştir (Jarpa-Parra vd., 2017).

Ceviz protein izolatu ve ceviz protein konsantresinin, et, kek ve dondurma ürünlerinin işlenmesinde kullanılabileceği gibi, diğ er gıda sistemlerinde de değerli bir protein kaynağı olarak kabul edilebilir fonksiyonel özellikler sergileyebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, ceviz protein izolatları ve konsantreleri, yetişkinler için metiyonin hariç temel amino asitlerin kaynakları olabilir ve insan beslenmesinde diğ er yağlı tohum proteinlerine benzer, zengin bitkisel protein kaynakları olarak düşünölebileceği söylenmiştir (Mao ve Hua, 2012).

Arozarena vd. (2001) yaptıkları çalışmada, acı bakla proteini ve katkı maddeleri kullanarak yumurta içermeyen alternatif bir kekin geliştirilmesinin mümkün olduğunu vurgulamışlardır. Acı bakla proteini gibi bitkisel bir protein ile üretilen kekler, önemli bir amino asit olan arjinin (>% 10) bakımından çok zengin olmakla birlikte, arjinin takviyesine ihtiyaç duyan çocuklar ve sporcular için ayrıca vejeteryanlar, veganlar ve yüksek kolesterol seviyelerine sahip kişiler için bu kekin faydalı olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Lin vd. (2017b) yaptıkları çalışmada %1 mono- ve digliserit (MDG) içeren soya protein izolatını (SPI), kek formülasyonlarında yumurta ikamesi olarak kullanmışlardır. Bu kombinasyon, kontrol kekine benzer spesifik hacim, doku ve özgül ağırlık gibi fizikokimyasal özelliklere sahip yumurtasız kek üretimini gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, bu yumurtasız kek, yumurta içeren geleneksel keklerle kıyasla daha uygun fiyata üretilebilmiştir. Makro-moleküllerin konformasyonları açısından bakıldığında, SPI ve %1 oranında MDG kombinasyonu, geleneksel keklerdeki gluten proteinlerinin yapısal özelliklerinin çoğ una benzer bir kek yapısı sergilemiştir.

Akin ve Ozcan (2017) yaptıkları araştırmada, farklı bileşimlere sahip ve farklı yöntemler ile elde edilen bitki protein katkı maddelerinin (soya proteini izolatu, bezelye proteini izolatu, buğ day gluteni ve pirinç proteini), yağsız fermente süt ürünlerine ilave edildiğinde, yağsız fermente süt içeceklerinin fizikokimyasal ve duyuş al özelliklerini arttırdığını, amino asit içeriğini zenginleştirdiğini ve fonksiyonel süt ürünleri geliştirmede kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Fermente süt

ürünlerinin üretiminde, spesifik probiyotik ve prebiyotik özellikleri olan bitki proteinlerinin uygulanması, bu ürünlerin nutrasötik özelliklerini ve besin değerlerini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Aider ve Barbana (2011) yaptıkları çalışmada, kanola yağı ekstraksiyonunun bir yan ürünü olan kanola küspesinin oldukça zengin bir hammadde olduğunu ve kuru maddede %50'ye kadar protein içerdiğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda, sırasıyla %7 ve %14 hidroliz derecelerinde protein hidrolizatları elde etmek için bir proteaz enzimi kullanılarak kanola küspesinden alkali ortamda üretilen protein ekstraktını hidrolize etmişlerdir. Protein hidrolizatlarını, bir mayonez formülasyonu hazırlanmasında yumurta sarısının %50'sini (w/w) ikame etmek için kullanmışlar ve son ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Hidrolize edilmemiş kanola proteinlerinin, emülsiyon halinde bozulma olmadan yumurta sarısının en fazla %15'inin (w/w) mayonezde ikame edilebildiği bilinmektedir. Araştırmacılara göre %7 hidroliz derecesinde, kanola proteini yumurta sarısının %20'sini (w/w) ikame etmek için kullanılabilirken, %14 hidroliz derecesinde maksimum ikame seviyesi %50'ye (w/w) ulaşılmıştır. Sonuç olarak, kanola globüler proteinlerinin mayonez formülasyonlarına dahil edilmesini artırmak için sınırlı protein hidrolizinin uygulanabileceği ifade edilmiştir.

Proteinler birçok gıda ürününde yapı oluşumuna katkıda bulunurlar. Bu rolün en önemli örneği, gluten proteinlerinin viskoelastik buğday unu hamurunun oluşumu sırasında gösterdiği eşsiz işlevselliktir. Normal hamur yapım koşullarında, gluten camsı olmayan bir halde bulunur, hidrasyon ve kesme kuvvetlerinin girişi üzerine kolayca bir ağa dönüşür. Sonuçta ortaya çıkan hacim genişleyen protein ağı, diğer hamur bileşenlerini bir arada tutar, viskoelastik hamur kütlesi de pişmiş ürünün nihai kalitesini belirler (Sadat vd., 2019).

Buğday unundan ekmek yapım potansiyeli, protein miktarı ve kalitesi ile ilgilidir. Gluten, hamurda su absorplama kapasitesi, yapışkanlık, viskozite ve elastikiyet sağlayarak ekmeğin eşsiz pişirme kalitesini belirlemede başlıca rol oynamaktadır. Yağ ve su absorplama kapasitesi, emülsifiye edici özellikleri ve köpük özellikleri gıda proteinlerini karakterize etmek için yaygın olarak kullanılır. Protein yapısı ve ortamdaki diğer küçük bileşenlerin varlığı glutenin su ve yağ absorplama kapasitesini etkiler (Kaushik vd., 2015).

Genel olarak, tahıl proteinlerinin fonksiyonel özellikleri, benzersiz moleküler yapıları ve fizikokimyasal özellikleri ile belirlenir. Bu nedenle araştırmacılar, onlarca

yıldır tahıl proteinlerinin moleküler özelliklerini aydınlatmak, doğal kaynaklardan ekstraksiyonlarını optimize etmek, fonksiyonlarını genişletmek için moleküler yapılarını değiştirmek, fonksiyonlarının moleküler temelini oluşturmak ve belirli gıdaların kalitesine katkılarını belirlemek için çalışmalar yürütmüşlerdir. Tahıl proteinleri, daha yakın bir zamanda, vitaminler ve nutrasötikler gibi biyoaktif maddeler için nano-yapılı kaplama sistemlerini oluşturmak amacıyla yapı taşları olarak kullanılmaları açısından incelenmişlerdir (Zou vd., 2019).

Ertop vd. (2016) yaptıkları çalışmada kabartılmayan fırın ve cips ürünleri de dahil pek çok tahıl ürününde, ısı etkisiyle denatüre olan gluten proteini ile hamuru stabil hale getirerek, ürüne has iç özelliklerinin, temel tekstürün ve hacmin oluşmasına katkı sağlayan gluten ile peynir altı suyu tozu, buğday kepeği ve ruşeymden cips üreterek, tüketiciler özellikle sporcular gibi spesifik gıda tercihleri olan kişilerce tercih edilebilecek yeni bir çerez geliştirmişlerdir. Gluten, hamurun viskoelastik özelliklerinden sorumlu olmasının yanı sıra mayalı fırın ürünlerinde şekerlerin fermente edilmesi ile oluşan karbondioksit gazını yapıya hapsederek hamurun kabarmasında da görev almaktadır.

## **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1 Materyal**

Bu araştırmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nin Bolu ili ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Gaziantep ilinde bulunan makarnalık irmik üretim tesislerinden temin edilen iki farklı irmik altı un örneği kullanılmıştır. Buna göre, Bolu ve Gaziantep illerindeki makarnalık irmik üretim tesislerinden temin edilen irmik altı un örnekleri sırasıyla İAU-1 ve İAU-2 olarak tanımlanmıştır. Temin edilen irmik altı un örnekleri kimyasal kompozisyonlarını belirlemek üzere polietilen torbalarda +4°C'de muhafaza edilmiştir.

### **3.2 Yöntem**

#### **3.2.1 Kimyasal Analizler**

İrmik altı un, ham yağı uzaklaştırılmış irmik altı unlar ve protein konsantrelerinin nem, protein, ham yağ, kül, toplam besinsel lif ve zedelenmiş nişasta miktarları aşağıdaki yöntemlere göre belirlenmiştir:

##### **3.2.1.1 Nem Miktarı Tayini**

Nem miktarı tayini, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 44-15.02 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir.

##### **3.2.1.2 Protein Miktarı Tayini**

Protein miktarı tayini, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 46-12.01 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

### **3.2.1.3 Ham Yağ Tayini**

Ham yağ tayini, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 30-25.01 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

### **3.2.1.4 Kül Tayini**

Kül tayini, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 08-01.01 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

### **3.2.1.5 Toplam Besinsel Lif Tayini**

Toplam besinsel lif tayini, Megazyme Total Dietary Fibre Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland) analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz kitindeki prensip, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 32-05.01 (AACCI, 2010) yöntemine dayanmaktadır. Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

### **3.2.1.6 Zedelenmiş Nişasta Miktarı Tayini**

Zedelenmiş nişasta miktarı tayini, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 76-33.01 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Bu yöntemde zedelenmiş nişasta miktarı SDmatic (Chopin, Fransa) cihazı kullanılarak amperometrik yöntem ile belirlenmiştir. Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

## **3.2.2 Fizikokimyasal Analizler**

### **3.2.2.1 İrmik Altı Unda Yaş Gluten, Kuru Gluten ve Gluten İndeks Tayinleri**

İrmik altı un örneklerinde yaş gluten (%), kuru gluten (%) ve gluten indeks (%) tayinleri Köksel vd. (2000)'nde belirtilen yöntemler izlenerek ve hesaplamaları yapılarak çalışılmıştır.

### 3.2.2.2 Suda Çözünen Madde ve Su Bağlama Kapasitesi Tayini

İrmik altı unlarının suda çözünen madde (%) ve su bağlama kapasitesi (%) değerleri Singh and Singh (2003) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde 0.5 gr irmik altı unu örneği, darası alınmış polipropilen tüplere tartılmış ve üzerine 10 ml distile su ile ilave edilmiş, daha sonra her bir tüp 90 dakika vorteks karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra tüpler 4000xg'de 10 dakika santrüfj edilmiştir. Süpernatant, önceden darası alınmış metal kaplara dökülmüş ve kaplar 100°C'deki etüve konularak tüm içerik kuruyuncaya kadar kurutulmuş ve daha sonra kaplar desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Santrüfjden çıkan tüplerdeki yağ çökelti ise tartıldıktan sonra aynı şekilde 100°C'deki etüvde kurumaya bırakılmıştır. Tüplerdeki kuruyan çökelti desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Tüm örneklerde suda çözünen madde (%) ve su bağlama kapasitesi (%) tayini için üç tekrar yapılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır:

$$\text{Suda Çözünen Madde (\%)} = \frac{\text{Kuru süpernatant ağırlığı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı (g)}} \times 100$$

$$\text{Su Bağlama Kapasitesi (\%)} = \frac{\text{Islak çökelti - Kuru çökelti ağırlığı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı (g)}} \times 100$$

### 3.2.2.3 Amilograf Analizi

İrmik altı un örneklerinde bulunan nişastanın bazı jlatinizasyon ve çirışlenme özellikleri AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 22-10.01 (AACCI, 2010)'a göre amilograf cihazında (Brabender, Almanya) belirlenmiştir.

### 3.2.3 Fiziksel Analizler

#### 3.2.3.1 Partikül Boyut Analizi

Protein konsantrelerinin ekstraksiyonunda kullanılan yağı uzaklaştırılmış irmik altı un örneklerinin partikül boyut analizi partikül boyutu analiz cihazında



(Mastersizer 2000, Malvern Instruments, İngiltere) belirlenmiştir. Sonuçlar, irmik altı unların partikül boyutunun %90'nının ortalama değeri ( $\mu\text{m}$ ) olarak verilmiştir.

### **3.2.4 İrmik Altı Un Protein Konsantrelerinin Üretimi**

#### **3.2.4.1 İrmik Altı Undan Ham Yağ Ekstraksiyonu**

Ham yağ uzaklaştırma işlemi; irmik altı un:hekzan (1:5 oranında) karışımının oda sıcaklığında 2 saat süresince manyetik karıştırıcıda karıştırılması ve daha sonra karışımın oda sıcaklığında 30 dakika bekletilerek irmik altı un partiküllerinin çökmesi sağlanmış ve hekzan ham yağ ile birlikte ayrılarak uzaklaştırılmıştır. Islak irmik altı un, 48 saat süreyle oda sıcaklığında tepside kurutulmuştur. Yağı alınmış (defatted) irmik altı un kuruduktan sonra polietilen torbalarda +4 °C'de saklanmıştır.

#### **3.2.4.2 Protein Konsantrelerinin Ekstraksiyonu**

Ham yağ miktarı uzaklaştırılmış iki farklı irmik altı un örneklerinin (İAU-1 ve İAU-2) her birinden farklı çözücüler (distile su veya 0,15 M NaCl) kullanılarak iki farklı protein konsantresi ekstrakte edilmiştir. Buna göre, İAU-1 irmik altı unundan distile su ve 0,15 M NaCl kullanılarak üretilen protein konsantreleri sırasıyla PK-1S ve PK-1T olarak, İAU-2 irmik altı unundan üretilen protein konsantreleri ise yine sırasıyla PK-2S ve PK-2T olarak tanımlanmışlardır. İrmik altı un protein konsantrelerinin üretiminde Aluko vd. (2001) ve Chandi ve Sogi (2007) tarafından geliştirilen yöntemler modifiye edilerek kullanılmıştır. Buna göre, 50 g yağı uzaklaştırılmış irmik altı un örneği 1:10 oranında distile su veya 0,15 M NaCl çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışımın pH'sı 10'a ayarlandıktan sonra 2 saat süreyle karıştırılmaya bırakılmıştır; bu süre içerisinde seyreltik asit veya baz ekleyerek karışımın pH'sı sabit tutulmuştur. Süre sonunda 9000xg'de 15 dakika santrifüj (Nüve, NF 1200 Model, Ankara) edilerek süpernatant ayrılmıştır. Daha sonra, süpernatantın pH'sı 4,5'e ayarlanmış ve manyetik karıştırıcı yardımıyla 30 dakika karıştırıldıktan sonra 9000xg'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası çökelti (protein) toplanarak distile suda çözündürülmüş ve pH'sı 7'ye ayarlanarak nötralizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Nötralizasyon işleminden sonra, sulu protein karışımı -18°C'de dondurulmuş ve daha sonra dondurarak kurutma yöntemi

(liyofilizasyon) ile liyofilizatörde (Alpha 1-2 LDplus model, Christ, Almanya) nemi uzaklaştırılarak toz formda elde edilmiştir. Protein konsantreleri, fonksiyonel özelliklerini çalışmak üzere +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

### 3.2.4.3 Protein Konsantrelerinde Renk Tayini

Protein konsantrelerinde renk tayini, taşınabilir renk tayin cihazı (Minolta CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Bu cihazda renk ölçümü CIE (International Commission on Illumination, 1976)  $L^*a^*b^*$  sistemine göre yapılmaktadır. Buna göre protein konsantrelerinin  $L^*$  (parlaklık (+)/koyuluk (-)),  $a^*$  (kırmızılık (+)/yeşillik (-)) ve  $b^*$  (sarılık (+)/mavilik (-)) değerleri belirlenmiştir. Renk analizi üçer tekrarlı yapılmıştır.

### 3.2.5 İrmik Altı Unu Protein Konsantrelerinin Fonksiyonel Özellikleri Tayin Yöntemleri

#### 3.2.5.1 Su Tutma ve Yağ Absorplama Kapasitesi Tayini

Protein konsantrelerinin su tutma ve yağ absorplama kapasitesi tayinleri Ahmedna vd. (1999) yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Su tutma kapasitesi için, 1 gram örnek önceden darası alınmış polipropilen santrifüj tüpüne tartılmış ve yüzeyini kaplayacak kadar (10 mL) su azar azar ilave edilmiştir. Bu sırada, örneğin su ile tam temas etmesi için ince bir spatül ile karıştırılmıştır. Örnek, tümüyle ıslandıktan sonra tüp 2000xg 'de 10 dakika santrifüj (Nüve, NF 1200 Model, Ankara) edilmiştir. Su tutma kapasitesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

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

Burada,

STK = Su tutma kapasitesi, g su/ g örnek

$W_0$  = Örnek ağırlığı, g

$$W_1 = \text{Tüp ağırlığı} + \text{Örnek ağırlığı, g}$$

$$W_2 = \text{Tüp ağırlığı} + \text{Yaş Çökelti, g}$$

Yağ absorplama kapasitesi için, 1 gram örnek önceden darası alınmış santrifüj tüpüne tartılmış ve tamamen 10 mL mısır yağı ile karıştırılmıştır. Daha sonra karışım 1600xg 'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüjden hemen sonra süpernatant dikkatlice uzaklaştırılmış ve tüpün ağırlığı tartılmıştır. Yağ absorplama kapasitesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$YAK = \frac{(W_2 - W_1)}{W_0}$$

Burada,

YAK = Yağ absorplama kapasitesi, g yağ/g örnek

$W_0$  = Örnek ağırlığı, g

$W_1$  = Tüp ağırlığı + Örnek ağırlığı, g

$W_2$  = Tüp ağırlığı + Yağlı Çökelti, g

### 3.2.5.2 Protein Çözünürlüğü Tayini

Protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü, Yalçın ve Çelik (2007) yöntemine göre belirlenmiştir. Protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü distile suda, çeşitli pH (2, 4, 6, 7, 8, 10) değerlerinde ve %1,0 (w/v) protein konsantrasyonunda incelenmiştir. Distile su ile %1,0 (w/v) konsantrasyonda hazırlanan örneklerin pH'sı istenilen değere ayarlandıktan sonra oda sıcaklığında 1 saat süresince manyetik karıştırıcıda karıştırılmaya bırakılmıştır. Bu süre içerisinde seyreltik HCl veya seyreltik NaOH eklenerek pH sabit tutulmuştur. Bu süre sonunda 9000xg'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant Whatman No:1 filtre kağıdından süzümüştür. Süzüntüdeki protein miktarı Lowry vd. (1951)'nin yöntemine göre UV/VIS spektrofotometrede (Shimadzu, 1700 Model, Japonya) absorbans değerleri okunarak saptanmıştır. Protein çözünürlüğünün hesaplanmasında kullanılan standart doğruların hazırlanmasında sığır serum albumin (BSA) (Sigma A7906, St.Louis, ABD) proteini kullanılmıştır (Ek A).

Sonuçlar, (%) protein çözünürlüğü olarak aşağıdaki formülasyon kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Protein çözünürlüğü (\%)} = \frac{\text{Süzüntüdeki protein miktarı (g)}}{\text{Örneğin protein miktarı (g)}} \times 100$$

Bu denklemde, örneğin protein miktarı (g) Kjeldahl yöntemi ile belirlenen toplam protein miktarıdır. Örneklerin protein çözünürlüğü tayini üç tekrarlı olarak çalışılmıştır.

### 3.2.5.3 Emülsiyon Özellikleri Tayini

İrmik altı unu protein konsantrelerinin emülsiyon özellikleri temelde Yasumatsu vd. (1972)'nin yöntemi esas alınarak, Bilgi ve Çelik (2004) yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemde göre, emülsiyon özellikleri emülsiyon kapasitesi (EK) ve emülsiyon stabilitesi (ES) olarak ifade edilmiştir. Protein konsantrelerinin emülsiyon özellikleri suda yağ (o/w) emülsiyon sisteminde çalışılmıştır. Buna göre, protein konsantrelerinin %1,0 (w/v) protein konsantrasyonunda, distile suda ve belirli pH değerlerindeki (pH 2, 4, 6, 8, 10) çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri incelenmiştir. Araştırmada, suda yağ emülsiyonlarının hazırlanmasında ticari mısır yağı kullanılmıştır. Buna göre, 5 mL çözünür protein çözeltisi ve 5 mL mısır yağı karışımı 20 mL'lik cam tüpe aktarıldıktan sonra karışım oda sıcaklığında 25000 rpm'de 90 sn homojenize (Art-Miccra D-8, Almanya) edilerek emülsiyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan emülsiyonlar, polipropilen deney tüplerine (1,5 cm çap x 10 cm uzunluk) aktararak, emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) özellikleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Emülsiyon kapasitesini belirlemek için, hazırlandıktan hemen sonra deney tüplerine aktarılan emülsiyonlar 5000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra, tüplerdeki emülsifiye olmuş tabakanın yüksekliği ve toplam sıvı yüksekliği kaydedilerek, emülsiyon kapasitesi (%) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{EK (\%)} = \frac{H_1}{H_T} \times 100$$

Burada,

EK: Emülsiyon kapasitesi, %

H<sub>1</sub>: Emülsifiye olan tabakanın yüksekliği, cm

H<sub>T</sub>: Tüpteki toplam sıvı yüksekliği, cm

Emülsiyon stabilitesini belirlemek üzere, deney tüplerine aktarılan emülsiyonlar 80 °C'deki su banyosunda 30 dakika süreyle bekletilmiş ve sonra oda sıcaklığına soğutulmuştur. Daha sonra, 5000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası tüplerdeki emülsifiye olmuş tabakanın yüksekliği ve toplam sıvı yüksekliği kaydedilerek, emülsiyon stabilitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$ES (\%) = \frac{H_2}{H_T} \times 100$$

Burada,

ES: Emülsiyon stabilitesi, %

H<sub>2</sub>: Emülsifiye olan tabakanın yüksekliği, cm

H<sub>T</sub>: Tüpteki toplam sıvı yüksekliği, cm

Emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesinin belirlenmesinde tüm örnekler iki tekrarlı olarak incelenmiştir.

#### 3.2.5.4 Köpük Özellikleri Tayini

Protein konsantrelerinin köpük özellikleri, İbanoğlu ve İbanoğlu (1999) yöntemi esas alınarak Yalçın vd. (2008) yöntemine göre belirlenmiştir. Buna göre, protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü çalışmasında farklı pH değerlerinde (pH 2, 4, 6, 8, 10) ve %1,0 (w/v) protein konsantrasyonunda distile suda hazırlanan çözünür proteinlerinin köpük özellikleri incelenmiştir.

Protein konsantrelerinin köpük özelliklerinin incelenmesinde 21 cm uzunluğunda, 5 cm iç çaplı, sinter filtreli, borosilikat, silindirik cam kolon kullanılmıştır. Kolonlardaki sinter filtrenin gözenek çapı 16-40 µm'dir. Köpük özelliklerinin incelenmesi için cam kolondaki sinter filtrenin üzerine oda sıcaklığında 10 mL protein çözeltisi ilave edilmiştir. Kolondaki sinter filtre üzerine ilave edilen protein çözeltisini köpürtmek için basınç ayarlı hava kompresöründen (Today's Oil-

less Compress, Model Rocker 420, Tayvan) sağlanan kuru hava, hava akış ölçerde (Cole Palmer, ABD) akış hızı sabitlendikten (0.5 L/dk) sonra 10 sn süre ile kolona verilmiştir. Süre sonunda, köpüğün ulaştığı maksimum yükseklik kolon üzerindeki cetvelden okunmuştur. Proteinlerin köpük özellikleri, köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi ile ifade edilmektedir (Damodaran, 2005). Köpüğün 10 sn süre sonunda ulaştığı maksimum yükseklikten köpük hacmi (cm<sup>3</sup>) hesaplanmıştır. Protein konsantrelerinin köpük kapasitesi, köpük hacmi (cm<sup>3</sup>) olarak ifade edilmiştir. Köpük stabilitesi ise, köpüğün ulaştığı maksimum yüksekliğin yarıya düşmesi için geçen zaman veya köpük yarı-ömrü (sn) şeklinde ifade edilmiştir. Tüm örneklerde köpük özellikleri tayini en az dört tekrarlı yapılmış, ortalamalar standart sapmalar ile birlikte ilgili şekillerde gösterilmiştir.

### **3.2.6 Protein Konsantrelerinin Kek Ürünüde Yumurta İkamesi Olarak Kullanımı**

#### **3.2.6.1 Kek Formülasyonlarının Hazırlanması**

Kontrol ve yumurta yerine protein konsantresi katkılı kekler, ticari kap kek (muffin tip) formülasyonuna göre kek katkı maddeleri ve karışımları hazırlayan bir firmanın Ar-Ge laboratuvarında hazırlanmıştır. Kap keklerin hazırlanmasında, yumurtanın miktarı azaltılarak veya yumurtasız, distile suda belirli konsantrasyonda hazırlanan protein konsantreleri kullanılmıştır. Keklerin hazırlanmasında endüstriyel muffin tip kek hazırlama yöntemi ve Lin vd. (2017a) yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Buna göre, kek denemelerinde kullanılan yumurta ve yumurta ikamesi olarak kullanılacak protein konsantresi sulu çözeltilerinin miktarları, kontrol kekinde kullanılan yumurta miktarı (144 g) temel alınarak Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Bu çizelgede, hazırlanan keklerde kullanılan protein konsantreleri ve toplam kek hamuru ağırlığındaki % miktarları şöyledir:

Kap Kek 1: %3 oranında PK-2S

Kap Kek 2: %1,5 oranında PK-2S

Kap Kek 3: %3 oranında PK-2T

Kap Kek 4: %3 oranında PK-1S (yumurtasız)

Keklerin hazırlanmasında öncelikle yumurtanın beyaz ve sarı kısımları pasta karışımı hazırlama mikserinin (KitchenAid, USA) 1. kademesinde homojen şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra ayçiçek yağı ve süt ilave edilerek homojen şekilde karıştırılması sağlandı. Sıvı katkıların karıştırılmasından sonra diğer katı katkı maddeleri (buğday unu, pudra şekeri, kabartma tozu, protein+su çözeltisi) ilave edilerek mikserin 6. kademesinde 4 dakika kadar karıştırılmıştır. Kek hamuru 50'şer gramlık olarak pişirme kağıtlarına dökülerek kekler 180 °C'de 25 dakika süreyle pişirilmiştir. Araştırmada üretilen kontrol ve yumurta yerine İAU protein konsantresi ikameli kap kekler Ek B'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin formülasyonları

<b>Bileşenler</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Kap Kek 1</b>	<b>Kap Kek 2</b>	<b>Kap Kek 3</b>	<b>Kap Kek 4</b>
Buğday Unu (g)	156	156	156	156	156
Yumurta (g)	<b>144</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	-
Pudra Şekeri (g)	108	108	108	108	108
Ayçiçek Yağı (g)	90	90	90	90	90
Kabartma tozu (g)	6	6	6	6	6
Süt (g)	36	36	36	36	36
Protein Konsantresi (g)	-	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
Su (ml)	-	<b>56</b>	<b>64</b>	<b>56</b>	<b>128</b>
<b>Toplam Kek Hamuru Ağırlığı (g)</b>	<b>540</b>	<b>540</b>	<b>540</b>	<b>540</b>	<b>540</b>
<b>Protein Konsantresi* (%)</b>	-	<b>3</b>	<b>1,5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

\*Toplam kek hamuru ağırlığı üzerinden % protein konsantresi miktarı.

### 3.2.6.2 Kek Hamuru Yoğunluğu Tayini

Kek hamuru yoğunluğu ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), kek hamuru ağırlığının (g), kek hamuru ağırlığının belirlendiği kabın hacmine ( $\text{cm}^3$ ) bölünmesi ile hesaplanmıştır.

### **3.2.6.3 Pişmiş Keklerde Yapılan Analizler**

#### **3.2.6.3.1 Kek Ağırlığı Tayini**

Her bir kap kek örneğinin ağırlığı oda sıcaklığında hassas terazi yardımıyla belirlenmiştir.

#### **3.2.6.3.2 Kek Yüksekliği Tayini**

Her bir kap kek örneğinin yüksekliği kekin ikiye bölündükten sonra orta kısmından el kumpası yardımıyla ölçülmüştür.

#### **3.2.6.3.3 Kek Hacmi ve Spesifik Hacim Tayini**

Kek hacmi, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 10-05.01 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Bu yöntemle göre, kek hacmi, kolza tohumu ile yer değiştirme ilkesine göre hacim ölçer aletinde cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Keklerin fiziksel özelliklerinin ifade edilmesinde önemli bir parametre olan spesifik hacim ise kek hacminin (cm<sup>3</sup>) kek ağırlığına (g) bölünmesi ile hesaplanmıştır.

#### **3.2.6.3.4 Keklerde Pişme Kaybı (Nem Kaybı) Tayini**

Keklerde pişme kaybı (nem kaybı, %) aşağıdaki eşitliğe göre belirlenmiştir:

$$\text{Pişme Kaybı (Nem Kaybı) (\%)} = \frac{\text{Kek hamuru ağırlığı (g)} - \text{Pişmiş kek ağırlığı (g)}}{\text{Kek hamuru ağırlığı (g)}} \times 100$$

#### **3.2.6.3.5 Keklerde Nem Tayini ve Su Aktivitesi Tayini**

Keklerde nem miktarı tayini, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 44-15.02 (AACCI, 2010) yöntemi temel alınarak, Lin vd. (2017b) yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Keklerde su aktivitesi tayini ise su aktivitesi ölçen cihazda



(LabMaster, Novasina, İsviçre) oda sıcaklığı koşullarında ve 15 dakikalık ölçüm süresi sonunda belirlenmiştir.

#### **3.2.6.3.6 Keklerde Tekstür Analizi**

Kontrol ve protein konsantresi ikameli kek örneklerinde tekstürel analizlerden sertlik (firmness/hardness, g) ve esneklik (springiness, %) analizleri Lin vd. (2017b) ve Levent ve Bilgiçli (2013) yöntemleri modifiye edilerek yapılmıştır. Buna göre, kek örnekleri küp şeklinde (20x20x20mm) kesildikten sonra tekstür analiz cihazında (TA-XT2i, Stable Micro System Ltd., Surrey, İngiltere) 25 mm çaplı silindirik prob ile tekstür özellikleri incelenmiştir. İki tekrarlı sıkıştırma testi uygulanmıştır. Sıkıştırma testindeki parametreler şöyle uygulanmıştır: ön test hızı (pre-test speed) 1 mm/s, test hızı (test speed) 1 mm/s, test sonrası hızı (post-test speed) 10 mm/s, sıkıştırma mesafesi 5 mm, başlangıç kuvveti (trigger force) 5 g; gerginlik (strain) %25 olarak uygulanmıştır. Analizde alüminyum silindirik prob (P36/R; 36 mm DIA) kullanılmıştır.

#### **3.2.6.3.7 Keklerde Renk Analizi**

Keklerde renk tayini, taşınabilir renk tayin cihazı (CR-400 Chroma Meter, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak Jarpa-Parra vd. (2017)'nin yöntemine göre yapılmıştır. Bu cihazda renk ölçümü CIE (International Commission on Illumination, 1976)  $L^*a^*b^*$  sistemine göre yapılmıştır. Analize başlamadan önce cihaz standart beyaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir. Buna göre kekler 6 cm genişlik ve 6 cm uzunlukta kesilerek hazırlanmış ve merkezlerinden olmak üzere  $L^*$  (parlaklık (+)/koyuluk (-)),  $a^*$  (kırmızılık (+)/yeşillik (-)) ve  $b^*$  (sarılık (+)/mavilik (-)) değerleri keklerin dış (crust) ve iç (crumb) yüzeylerinde ayrı ayrı belirlenmiştir. Keklerde renk analizi üç adet kekin her birinden üçer ölçüm alınarak yapılmıştır.

#### **3.2.6.3.8 Keklerde Duyusal Analiz**

Keklerde duyusal analiz, pişirildikten sonraki gün laboratuvar ortamında ve gün ışığında yapılmıştır. Buna göre, duyusal analiz, alanında uzman olmayan 20-52 yaşları arasında 14 panelistin (9 kadın ve 5 erkek) katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

Panelistler, kontrol ve protein konsantresi ikameli keklerin yumuşaklık, ıslaklık, ufalanma, esneklik, kısa çiğnemelerde ağızda bıraktığı his, gözenek yapısı, renk, parlaklık/görünüm, aroma (tat+koku), genel kabul edilebilirlik özelliklerini puanlayarak değerlendirmişlerdir. Değerlendirme 5 puan üzerinden yapılmıştır. Buna göre, 1: Çok kötü; 2: Kötü; 3: Kabul edilebilir; 4: İyi; 5: Çok iyi şeklinde puanlama yapılmıştır. Kontrol ve protein konsantresi ikameli keklerle üç rakamlı kodlar verilmiş ve daha sonra beyaz tabaklarda rastgele panelistlere dağıtılmıştır. Ayrıca, panelistlerin her bir örnekten sonra ağızlarında herhangi bir kalıntı kalmaması için su ile çalkalamaları istenmiştir.

### **3.2.7 İstatistiksel Analiz**

Analiz sonuçları IBM SPSS Statistics Version 20 istatistik analiz paket programı kullanılarak One-way ANOVA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arası farkın karşılaştırılmasında DUNCAN çoklu karşılaştırma testi %95 güven aralığında kullanılmıştır. Ayrıca, ortalamalar ile birlikte standart sapmalar (ss) hesaplanmış ve grafik üzerinde hata çubukları olarak, tablolarda ise  $\pm ss$  şeklinde gösterilmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırmamızda kullanılan irmik altı unlarının (İAU), ham yağ uzaklaştırılmadan önce (İAU-1 ve İAU-2) ve ham yağ uzaklaştırıldıktan sonraki (dİAU-1 ve dİAU-2) bazı kimyasal özellikleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Ham yağ miktarının proteinlerin ekstraksiyonunu ve fonksiyonel özelliklerini olumsuz etkileyebileceğinden dolayı İAU'dan ham yağ hekzan ile uzaklaştırılmıştır. İAU-2'nin nem, kül, ham yağ, protein ve toplam besinsel lif miktarı İAU-1'den daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla, %13,8-%2,32-%3,7-%17,1 ve %11,0). Aynı şekilde dİAU-2'nin nem ve protein miktarı da dİAU-1'den daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla %10,4 ve %17,7).

**Çizelge 4.1.** İrmik altı unların (İAU) ve yağı uzaklaştırılmış irmik altı unlarının (dİAU) bazı kimyasal özellikleri

İAU	Nem (%)	Kül* (%)	Ham Yağ* (%)	Protein* (%)	TBL* (%)
İAU-1	13,3±0,01	1,65±0,007	2,8±0,09	14,2±0,03	7,9±0,27
İAU-2	13,8±0,07	2,32±0,014	3,7±0,15	17,1±0,13	11,0±1,48
dİAU-1	9,1±0,08	-	-	14,2±0,20	-
dİAU-2	10,4±0,02	-	-	17,7±0,35	-

\*Kurumadde üzerinden verilmiştir; Ortalama±ss; n:3.  
TBL: Toplam besinsel lif.

Lin vd. (2012) irmik altı unda protein oranını %18,78, buğday ununda %13,73 bulmuşlardır. Bu araştırmada da irmik altı unların protein oranları %14,2-17,7 arasında değişmekte olup buğday unlarının protein oranından yüksektir. Yapılan başka bir çalışmada Sayaslan vd. (2018) irmik altı unlarda protein miktarını %14,4-14,9 arasında tespit etmişlerdir.

İrmik altı unların (İAU) nişasta ve zedelenmiş nişasta miktarları ile yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. İrmik altı unlarda buğdayın depo proteini olan gluten ile birlikte suda çözünebilir albumin ve seyreltik tuz çözeltilerinde çözünen globulin proteinleri de bulunmaktadır. İrmik altı unun çok az miktarda ve zayıf özellikte gluten içerdiği çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir. Çalışmada kullanılan hammadde irmik altı unların gluten özelliklerinin belirlenmesi

amacıyla yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks analizleri yapılmıştır. Nişasta miktarı incelendiğinde İAU-1 (%60,2), İAU-2'den (%52,1) daha fazla nişasta içermektedir. Zedelenmiş nişasta miktarı (%) İAU-1'de (%23,3) daha düşüktür. Yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri ise İAU-2'de daha fazla olmakla birlikte sırasıyla %27,2, %8,7 ve %97,6 olarak bulunmuştur. Beklenildiği gibi irmik altı unların yaş gluten miktarları düşük çıkmıştır.

**Çizelge 4.2.** İrmik altı unların (İAU) nişasta ve zedelenmiş nişasta miktarları

İAU	Nişasta <sup>*a1</sup> (%)	Zedelenmiş Nişasta Miktarı <sup>*a</sup> (%)	Yaş Gluten <sup>*b</sup> (%)	Kuru Gluten <sup>*b</sup> (%)	Gluten İndeks <sup>*b</sup> (%)
İAU-1	60,2	23,3±0,21	25,8±1,72	8,0±0,53	94,0±1,63
İAU-2	52,1	25,4±0,35	27,2±1,88	8,7±0,47	97,6±0,37

\*Kurumadde üzerinden verilmiştir; ortalama±ss, <sup>a</sup>n:2, <sup>b</sup>n:3.

<sup>1</sup>: Nişasta (%): 100 - (Nem+Kül+Ham Yağ+Protein+TBL)

Yağcı (2008) irmik altı unda nişasta miktarını %74,37 olarak belirlemişlerdir. Fu vd. (2006) yaptıkları çalışmada, Batı Kanada amber Durum buğdayının öğütülmesi sırasında açığa çıkan irmik altı unlarında zedelenmiş nişasta miktarını %9,8 olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada kullanılan irmik altı unların zedelenmiş nişasta miktarları %23,3 ve %25,4 olmakla birlikte daha yüksektir. Gluten kalitesi, hamurun esneklik ve uzayabilirliğinin derecesi olarak tanımlanır. Gluten, buğdayın önemli bir depo proteindir, çünkü pişmiş buğday kaynaklı ürünlere tekstür sağlar. Gluten sayesinde pek çok unlu mamul ürünü üretilebilir (Kaushik vd., 2015). Kaushik vd. (2015) yaptıkları çalışmada farklı buğday çeşitlerinden öğütülen unlarda yaş gluten miktarlarını %30,60-33,79 arasında tespit etmişlerdir.

İrmik altı unların (İAU) amilograf özellikleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Buna göre, İAU-1 ve İAU-2 için amilograf süresi (dk) sırasıyla 46,5 ve 47,0 dakika olarak belirlenmiştir. Jelatinizasyon sıcaklığı her iki örnekte de 65,5 °C olarak bulunmuştur. Çirilenme pik viskozitesi İAU-1'de daha yüksek bulunmuştur (1202,5 BU). İrmik altı un örnekleri önemli miktarda nişasta içermektedir, örneklerin sulu ortamda ısıtılmaları ile nişasta özelliklerindeki değişimin incelenmesi için amilograf çalışması hedeflenmiştir. İrmik altı unlardaki nişastanın jelatinizasyon sıcaklığı ve pik viskozite değerleri karakterizasyonlarının belirlenmesinde önemli parametrelerdir.

**Çizelge 4. 3.** İrmik altı unların amilograf özellikleri

İAU	Jelatinizasyon Sıcaklığı (°C)	Pik Viskozite (BU)	Sıcak Kırılma Viskozitesi (BU)	Amilograf Süresi (dk)
İAU-1	65,5 ±0,71	1202,5 ±31,82	ND	46,5 ±0,71
İAU-2	65,5 ±0,71	1180,0 ±0,00	ND	47,0 ±0,00

Ortalama±ss; n:2, ND: Belirlenemedi

İrmik altı unların ve yağı uzaklaştırılmış irmikaltı unların suda çözünür madde ve su bağlama kapasitesi değerleri Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Buna göre, ham yağ uzaklaştırma işleminden sonra irmik altı unların suda çözünür madde (%) ve su bağlama kapasitesi (%) değerleri artmıştır ( $p<0,05$ ). Suda çözünür madde sonuçları incelendiğinde İAU-1 ve dİAU-1 için sırasıyla %9,0 ve %10,4 olarak bulunurken, İAU-2 ve dİAU-2 için sırasıyla %10,7 ve %12,1 olarak bulunmuştur, bulunan tüm değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ). Su bağlama kapasitesi sonuçları incelendiğinde İAU-1 ve dİAU-1 için sırasıyla %119,4 ve %139 olarak bulunurken ( $p<0,05$ ), İAU-2 ve dİAU-2 için sırasıyla %117,8 ve %153,0 olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 4.4.** İrmik altı unların ve yağı uzaklaştırılmış irmikaltı unların suda çözünür madde ve su bağlama kapasitesi değerleri

İAU	Suda Çözünür Madde* (%)	Su Bağlama Kapasitesi* (%)
İAU-1	9,0±0,10d	119,4±1,93c
İAU-2	10,7±0,12b	117,8±2,52c
dİAU-1	10,4±0,10c	139,0±5,86b
dİAU-2	12,1±0,06a	153,0±12,62a

\*Ortalama±ss; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Kaushik vd. (2015) yaptıkları çalışmada farklı buğday çeşitlerinden öğütülen unlarda su bağlama kapasitelerini %345,88-353,81 arasında bulmuşlardır. Bu araştırmada, irmik altı unlarında, zayıf gluten yapısı sebebiyle su bağlama kapasiteleri düşük bulunmuştur.

Yağı uzaklaştırılmış irmik altı unlarının partikül boyut analiz sonuçları Çizelge 4.5'de gösterilmektedir. Yağı uzaklaştırılmış irmik altı unlarından dİAU-2'nin partikül

boyutu dİAU-1'e göre daha büyüktür. Bilindiği üzere partikül boyutu protein ekstraksiyonunun en yüksek verimde gerçekleşmesi için önemli bir faktördür. Sonuçlar incelendiğinde irmik altı unlarının partikül boyutunun 200 µm'nin altında olduğu ve protein ekstraksiyonu için uygun partikül büyüklüğünde olduğu görülmektedir. Fu vd. (2017) durum buğdayının irmiğe öğütülmesi sırasında açığa çıkan irmik altı unu partiküllerinin 180 µm elekten geçtiğini tespit etmişlerdir. Bu araştırmada, irmik altı unların partikül boyutları 171,7 µm ve 185,5 µm olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 4.5.** Yağı uzaklaştırılmış irmik altı un (dİAU) örneklerinin partikül boyutu analiz sonuçları

İAU	Partikül Boyutu*(µm)
dİAU-1	171,7 ± 0,46
dİAU-2	185,5 ± 1,05

\*d(0.9): Örneğin %90'ınının ortalama partikül boyutudur.

dİAU-1 irmik altı unundan distile su ve 0,15 M NaCl kullanılarak üretilen protein konsantreleri sırasıyla PK-1S ve PK-1T olarak, dİAU-2 irmik altı unundan üretilen protein konsantreleri ise yine sırasıyla PK-2S ve PK-2T olarak tanımlanmıştır. Üretilen protein konsantrelerinin ekstraksiyon verimleri ve bazı kimyasal özelliklerinden nem, kül ve protein analizi sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Protein konsantrelerinin verim miktarları %3,4-5,7 arasında değişmiştir. Ekstraksiyon verimi en yüksek protein konsantresi PK-2S (%5,7) ile sağlanmıştır ( $p < 0,05$ ). Distile suda ekstrakte edilen protein konsantresi miktarı, tuzlu suda ekstrakte edilenlere göre daha fazladır. Protein konsantrelerinin nem, kül ve protein miktarları sırasıyla %3,0-3,7, %2,8-3,8 ve %88,7-93,4 aralıklarında değişmiştir. PK-1S'nin nem ve protein miktarı en yüksek bulunmuştur (sırasıyla %3,7 ve %93,4,  $p < 0,05$ ). PK-2S ve PK-2T'nin kül miktarları daha fazladır ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (sırasıyla %3,8 ve %3,7,  $p > 0,05$ ). Görüldüğü üzere, ekstrakte edilen protein konsantrelerinin kuru madde üzerinden protein miktarları yaklaşık %90'dır. Aluko (2004), protein miktarı %90 ve üzerindeki protein ekstraktlarını "protein izolatu", %65-90 arasında protein içeren ekstraktları ise "protein konsantresi" olarak ifade etmiştir. Bu çalışmada, farklı koşullarda ekstrakte edilen protein ekstraktları ileri bir saflaştırma-karakterizasyon çalışmaları yapılmadığı için "protein konsantresi" olarak tanımlanmıştır.

**Çizelge 4.6.** Protein konsantrelerinin ekstraksiyon verimleri ve bazı kimyasal özellikleri

Protein Konsantresi	Verim <sup>a,b</sup> (%)	Nem <sup>b</sup> (%)	Kül <sup>a,b</sup> (%)	Protein <sup>a,b</sup> (%)
PK-1S	4,9±0,28b	3,7±0,17a	2,8±0,07b	93,4±0,56a
PK-2S	5,7±0,24a	3,0±0,42b	3,8±0,04a	88,7±1,74c
PK-1T	3,4±0,22d	3,2±0,5ab	3,4±0,03ab	90,8±1,07b
PK-2T	4,3±0,31c	3,0±0,00b	3,7±0,42a	91,0±0,21b

\*Kurumadde üzerinden verilmiştir. Ortalama±ss; n:3.

<sup>a</sup>Liyofilizasyon sonunda üretilen toz proteinin 50 g yağsız İrmik Altı Un örneğine oranlanarak hesaplanmıştır. <sup>b</sup>Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Lam vd. (2016)'nin yaptıkları bir çalışmada da bezelye protein izolatlarının protein değerleri %89,7-92,5, verim değerleri ise %17,2-19,2 arasında değişmiştir. Görüldüğü gibi baklagil kaynaklı protein izolasyonlarında verim değerleri bu çalışmada tespit edilen verim değerlerinden daha yüksektir. Esmaeili vd. (2016) yaptıkları çalışmada pirinç kepeği protein izolatlarının protein değerlerini %77,6 ve %79,9 olarak bulmuşlardır.

Ekstrakte edilen protein konsantrelerinin (PK-1S, PK-2S, PK-1T, PK-2T) renk değerleri Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Buna göre  $L^*$  değeri en yüksek protein konsantresi PK-1S (76,6) olarak bulunmuştur. En yüksek  $b^*$  sarılık değerine sahip protein konsantresi PK-2S (17,3), bunu PK-2T (16,9) protein konsantresi izlemiştir, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p>0,05$ ). En yüksek  $a^*$  kırmızılık değeri distile suda ekstrakte edilen PK-2S (3,4) konsantresinde görülmüştür, diğer konsantreler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). Makarnalık buğdayda irmiğe sarı rengi veren karotenoid grubu pigment miktarının fazla olması hem tüketici hem de makarna sanayicisi tarafından arzu edilmektedir. Örnekteki sarı pigment miktarı hakkında fikir veren  $+b^*$  değeri buğdayın makarnalık kalitesini belirleyen bir kalite kriteridir.  $L^*$  değeri ise, ürünün parlaklığı ile ilgili bilgi veren bir kalite ölçütüdür (Evlice ve Özkaya, 2011).

Ghribi vd. (2015) protein konsantrelerinde yüksek  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri ve düşük  $a^*$  değerinin konsantrelerde istenen renk özellikleri olduğunu söylemişlerdir. Gıdanın renk değerinin enstrümantal ölçümü, gıdaya yeni bir bileşen ilavesi yapıldığında, işleme yönteminde bir değişiklik olduğunda ya da depolama koşullarındaki değişimlerin izlenmesinde önemli bir kalite kontroldür (Lopez vd., 2019).

**Çizelge 4.7.** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin renk değerleri

Protein Konsantresi	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
PK-1S	76,6±0,10a	3,0±0,07b	16,1±0,04b
PK-2S	72,3±0,61b	3,4±0,14a	17,3±0,16a
PK-1T	73,0±1,25b	2,8±0,19b	15,5±0,03c
PK-2T	73,1±0,56b	2,7±0,24b	16,9±0,59a

Ortalama±ss; n:3. \*Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Liyofilizatörde dondurularak kurutulan protein konsantrelerinin su tutma ve yağ absorplama kapasiteleri Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Distile suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinin (PK-1S, PK-2S) su tutma kapasitesi, tuzlu suda ekstrakte edilen konsantrelerden (PK-1T, PK-2T) daha yüksektir ( $p<0,05$ ). En yüksek su tutma kapasitesi PK-2S (2,5 g su/g örnek,  $p<0,05$ ) konsantresinde bulunmuştur. En yüksek yağ absorplama kapasitesi PK-1S (3,7 g yağ/g örnek) konsantresinde saptanmıştır. Distile suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinin yağ absorplama kapasitesi (g su/g örnek), tuzlu suda ekstrakte edilen protein konsantrelerine oldukça yakın bulunmuştur ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.8.** Protein konsantrelerinin su tutma ve yağ absorplama kapasiteleri

Protein Konsantresi	Su Tutma Kapasitesi* (g su/g örnek)	Yağ Absorplama Kapasitesi* (g yağ/ g örnek)
PK-1S	2,1±0,02b	3,7±0,10a
PK-2S	2,5±0,01a	3,3±0,50a
PK-1T	1,7±0,07c	3,3±0,06a
PK-2T	2,1±0,09b	3,5±0,15a

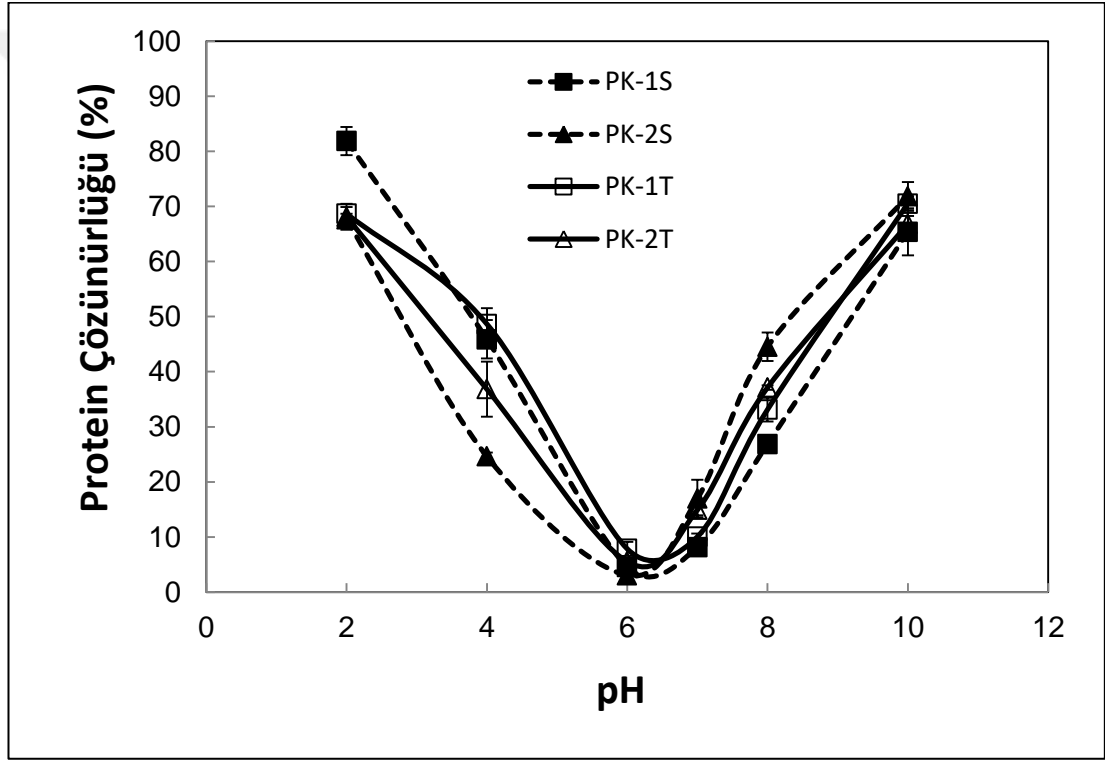
\*Ortalama±ss; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Boye vd. (2010a) yaptıkları çalışmada baklagil protein konsantrelerinin su tutma kapasitelerinin 0,6-2,7 g/g aralığında değiştiğini belirtmişlerdir. Bulunan sonuçlar, araştırmamızdaki protein konsantrelerinin su tutma kapasiteleri sonuçlarına



benzerdir. Zhu vd. (2010) yaptıkları çalışmada, yağsız buğday ruşeyminden protein izolatu ekstraksiyonunu 1 M NaCl (1:10, w/v) çözeltisi kullanarak yapmışlar ve izolatu yağ absorplama kapasitesini 1,042 g/g olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada, tuzlu suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinin yağ absorplama kapasiteleri, buğday ruşeymi protein izolatından daha yüksek bulunmuştur (3,3-3,5 g/g).

Distile suda (PK-1S, PK-2S) ve tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü (%) değerleri üzerine pH'nın etkisi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiş, tüm sonuçlar istatistiksel analizleri ile birlikte ayrıca Ek C'de verilmiştir.



**Şekil 4.1.** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü (%) değerleri üzerine pH'nın etkisi.

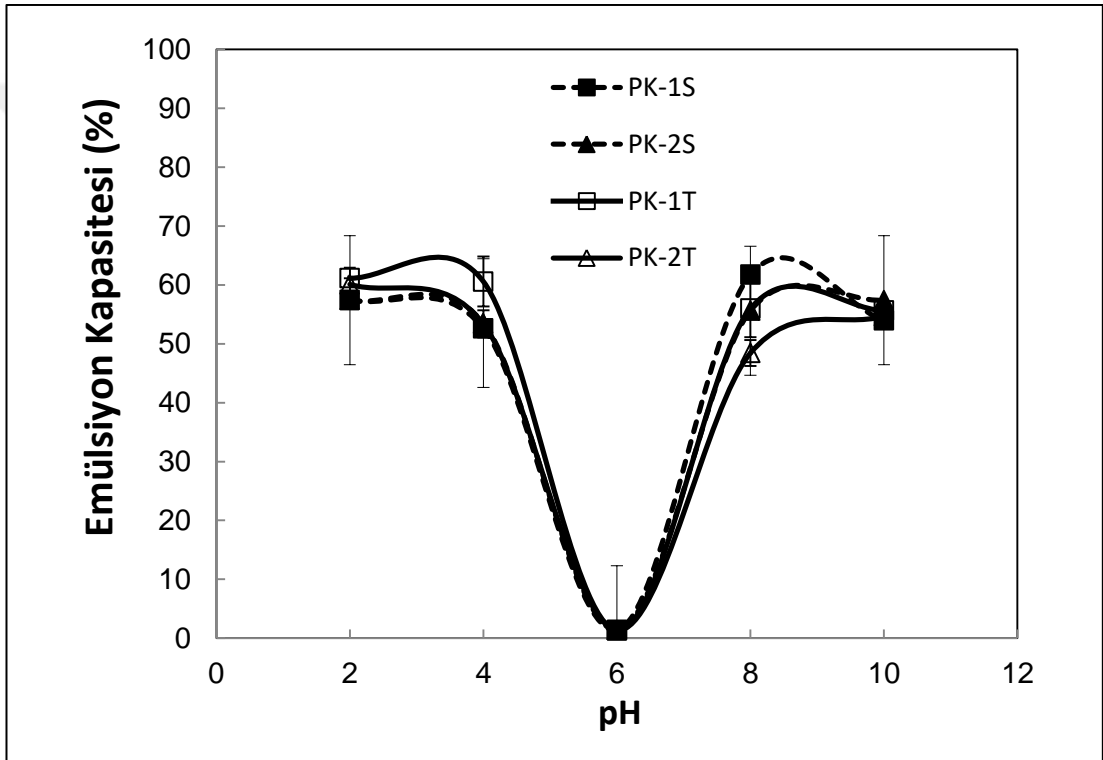
Buna göre sonuçlar incelendiğinde, en yüksek protein çözünürlüğü PK-1S konsantresi ile pH 2'de tespit edilmiştir (%81,9,  $p < 0,05$ ). Bunu PK-2S örneğinin pH 10'daki çözünürlük değeri izlemiştir (%71,9,  $p < 0,05$ ), daha sonra PK-1T ile pH 2 ve pH 10'da ve PK-2T ile pH 2'de bulunan çözünürlük değerleri (sırasıyla %68,7, %70,5 ve %68,1) gelmektedir ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ). En düşük protein çözünürlüğü değerleri tüm örneklerde pH 6'da tespit edilmiştir. Protein konsantrelerinin izoelektrik noktasının pH 6 civarında

olduğu düşünölmektedir. Aynı örneklerin distile suda (PK-1S) ve tuzlu suda (PK-1T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin çözünürlük değeri karşılaştırıldığında, PK-1S'nin pH 2'deki çözünürlük değeri daha yüksek iken, PK-1T'nin pH 4, 6, 7, 8 ve 10'da çözünürlük değeri daha yüksek olduğu görölmüştür. PK-2S ve PK-2T'nin çözünürlük değeri karşılaştırıldığında, PK-2T'nin pH 2, 4 ve 6'da yani asidik bölgede çözünürlük değeri daha yüksek iken, PK-2S'nin pH 7, 8 ve 10'da yani nötr ve bazik bölgede çözünürlük değeri daha yüksektir. Genel olarak, tüm protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü asidik bölgede pH 2'den pH 6'ya doğru azalırken, nötr pH'dan aşırı bazik pH'ya doğru tekrar bir artış göstermiştir.

Bucko vd. (2016) kabak çekirdeği protein izolatında en düşük protein çözünürlüğünü izoelektrik noktada (pH 5), en yüksek protein çözünürlüğünü ise alkali pH'da (pH 8) gözlemlemişlerdir. Birçok çalışmada, bitkisel proteinlerde genellikle en düşük protein çözünürlüğü pH 4-5 aralığında gözlemlenirken, en yüksek protein çözünürlüğü alkali pH'larda tespit edilmiştir (Bucko vd., 2016). Araştırmamızda irmik altı unları protein konsantrelerinin izoelektrik noktasının pH 6 civarında olduğu görölmüş, asitlik ve alkalilik arttıkça protein üzerindeki sırasıyla net pozitif ve net negatif yük yoğunluğuna bağlı olarak protein çözünürlüğünün de arttığı tespit edilmiştir. Karaca vd. (2011), yaptıkları araştırmada baklagil protein izolatlarının protein çözünürlüğünü incelemişlerdir. Buna göre, pH 7'de ekstrakte edilen nohut, bakla, mercimek, bezelye ve soya protein izolatlarında çözünürlük değerlerini sırasıyla %91,2, %89,7, %90,7, %61,4, %96,5 olarak bulmuşlardır. Tuzlu suda ekstrakte edilen izolatlardaki çözünürlük değerlerini sırasıyla %30,2, %52,5, %89,9, %38,1 ve %96,8 olarak saptamışlardır. Tuzlu suda ekstrakte edilen izolatlarda protein çözünürlüğü değeri genellikle daha düşük tespit edilmiştir. Thewissen vd. (2011) buğday gliadininin nötr pH değerlerinde zayıf çözünürlük özelliği gösterdiğini, gliadinin izoelektrik noktasının yaklaşık pH 7,8 olduğunu buna karşılık, asidik ve alkali pH koşullarında gliadin çözünürlüğünün %90'ı aşğını belirtmişlerdir.

Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) sonuçları Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiş ve araştırmada bulunan sonuçlar ayrıca Ek D'de verilmiştir. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin EK (%) değeri üzerine pH'nın etkisi incelendiğinde tüm konsantrelerde en yüksek emülsiyon kapasitesi değeri genellikle pH 2'de gözlenmiştir. En yüksek EK (%) değeri PK-1S konsantresi ile pH 8'de (%61,8,

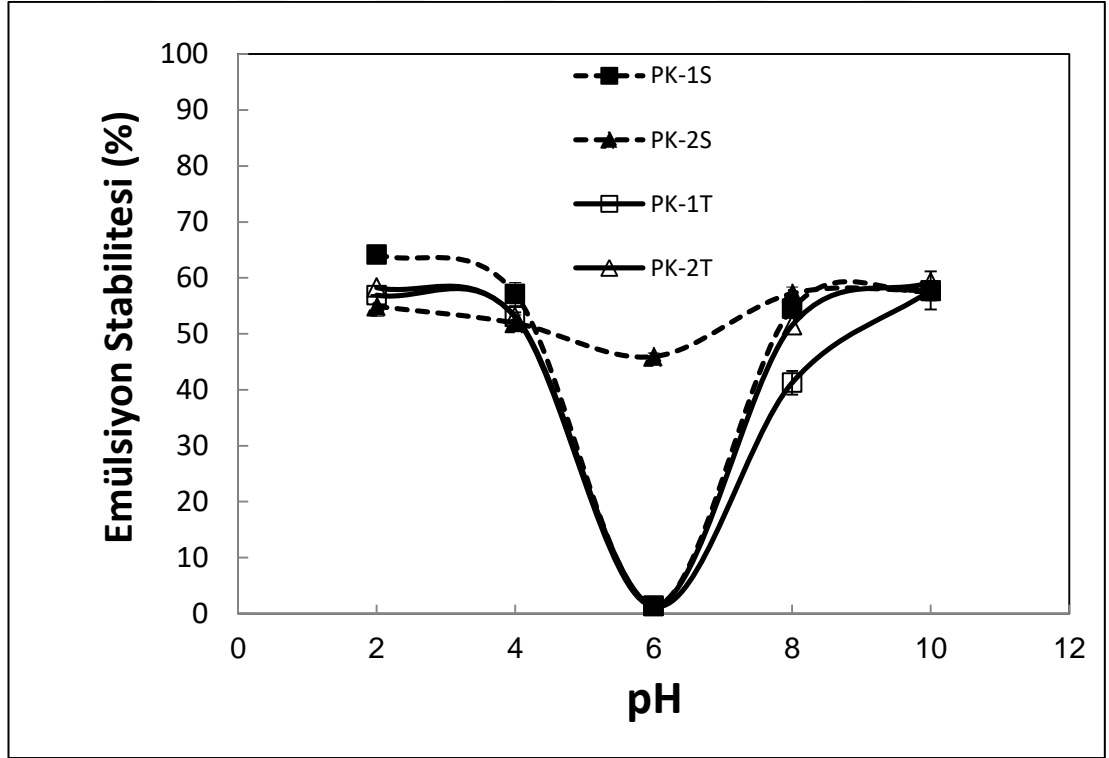
$p < 0,05$ ) saptanmıştır, bunu PK-1T konsantresi ile pH 2'de (%61,2), PK-1T konsantresi ile pH 4'deki (%60,6) ve PK-2T konsantresi ile pH 2'deki (%60,1) EK değerleri izlemiştir, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p > 0,05$ ). En düşük EK değerleri çözünürlüğe bağlı olarak tüm örneklerde pH 6'da tespit edilmiştir. Genel olarak, EK sonuçları tüm protein konsantrlerinde pH 2, 4, 8 ve 10'da birbirine yakın ve %50'nin üzerinde tespit edilmiştir. Araştırmada %50 oranında mısır yağı kullanılmış ve suda yağ (o/w) emülsiyonları hazırlanmıştır. Protein konsantrlerinin farklı pH'larda suda çözünen protein miktarlarının (%), %50 oranındaki yağı emülsifiye etme kabiliyeti veya EK değerleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2.** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrlerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (%) değerleri.

Emülsiyon kapasitesi, genellikle proteinlerin yağ/su ara yüzeyine hızlı adsorpsiyonu ve globüler proteinin hidrofobik ve hidrofilik kısımlarının ara yüzeyde hızlı bir şekilde açılarak oriente olması yani hidrofobik kısmın yağ fazına, hidrofilik kısmın ise su fazına yönelmesi ile artar. Emülsiyon kapasitesi, globüler proteinin yüzey aktivitesi ve moleküler esnekliği ile doğrudan ilgilidir. Moleküler esnekliğe sahip olan globüler proteinler nispeten daha hızlı açılarak ara yüzeye adsorbe olurlar (Damodaran, 2005; Ghribi vd., 2015).

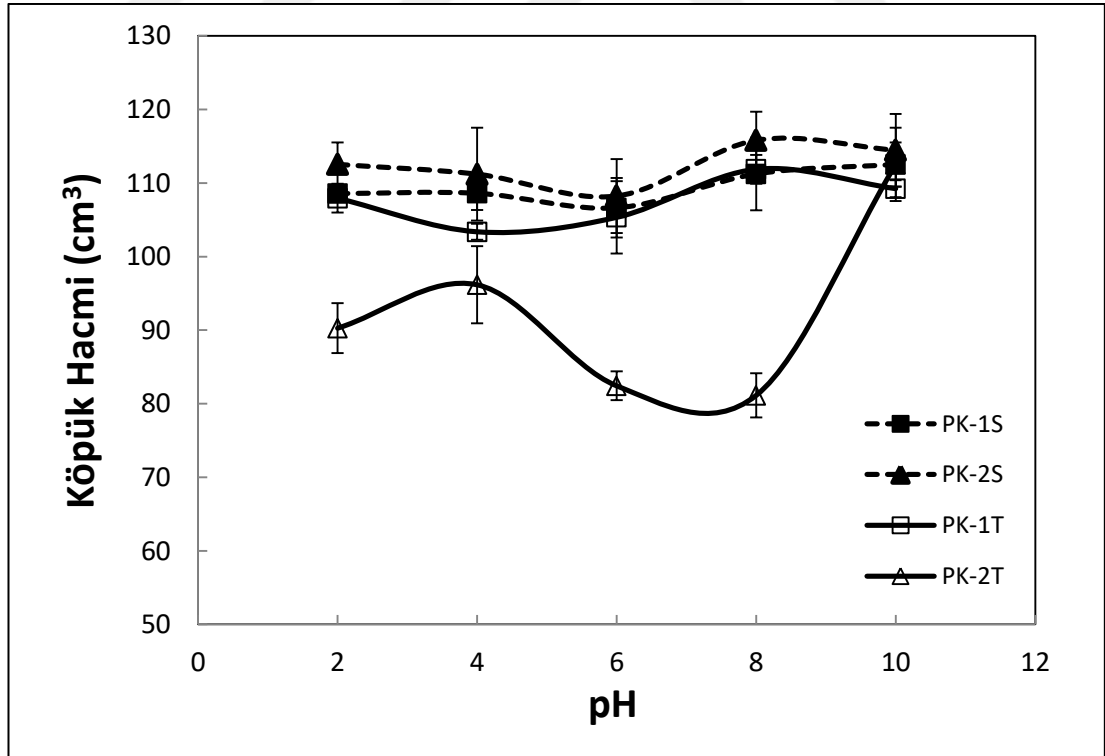
Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (ES, %) değerleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiş ve araştırmada bulunan sonuçlar ayrıca Ek E'de verilmiştir. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin ES (%) değerleri üzerine pH'nın etkisi incelendiğinde, tüm konsantreler içinde en yüksek ES değeri PK-1S konsantresi ile pH 2'de (%64,2,  $p < 0,05$ ) tespit edilmiştir. Bunu, PK-2T konsantresi ile pH 10'da (%59,2) ve PK-2T konsantresi ile pH 2'de (%58,3) bulunan ES değerleri izlemiştir, bu iki değer arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ( $p > 0,05$ ). En düşük ES değerleri tüm örneklerde çözünürlük özelliğine bağlı olarak pH 6'da gözlenmiştir. Genellikle, protein konsantrelerinin ES değerleri yüksek asidik (pH 2) ve bazik pH (pH 10)'da birbirine yakın bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Protein konsantrelerinin izoelektrik pH noktalarının pH 6 civarında olduğu düşünülmektedir ve protein çözünürlüğü bu pH'da net yükün sıfır olması sebebiyle en düşüktür. Protein konsantrelerinin pH 2 ve pH 10'da yüksek net yüklere (sırasıyla pozitif ve negatif) sahip olması sebebiyle, çözünürlükleri diğer pH'lara göre daha yüksektir ve daha iyi emülsiyon özellikleri göstermektedirler.



**Şekil 4.3.** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (%) değerleri.

Zhu vd. (2010) yaptıkları çalışmada, 1 M NaCl (1:10, w/v) çözeltisinde ekstrakte edilmiş buğday ruşeymi protein izolatında emülsiyon stabilitesini pH 7'de %31,3 olarak tespit etmişlerdir. Lam vd. (2016) yaptıkları araştırmada, buğday protein izolatında emülsiyon stabilitesini pH 7'de %63,3 olarak tespit etmişlerdir.

Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin köpük kapasitesi veya köpük hacmi ( $\text{cm}^3$ ) değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiş ve araştırmada bulunan sonuçlar ayrıca Ek F'de verilmiştir. Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin köpük hacmi (KH,  $\text{cm}^3$ ) değerleri üzerine pH'nın etkisi incelendiğinde, en yüksek KH değerleri genellikle pH 8 ve pH 10'da tespit edilmiştir. Buna göre en yüksek KH değeri PK-2S konsantresi ile pH 8'de tespit edilmiştir ( $115,8 \text{ cm}^3$ ). Bunu, aynı konsantrenin pH 10'da ( $114,5 \text{ cm}^3$ ), PK-1S konsantresi ile pH 10'da, PK-2S konsantresi ile pH 2'de ve PK-2T konsantresi ile pH 10'daki ( $112,5 \text{ cm}^3$ ), PK-1T konsantresi ile pH 8'deki ( $111,9 \text{ cm}^3$ ) ve PK-1S konsantresi ile pH 8'de ve PK-2S konsantresi ile pH 4'deki ( $111,2 \text{ cm}^3$ ) KH sonuçları izlemiş, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

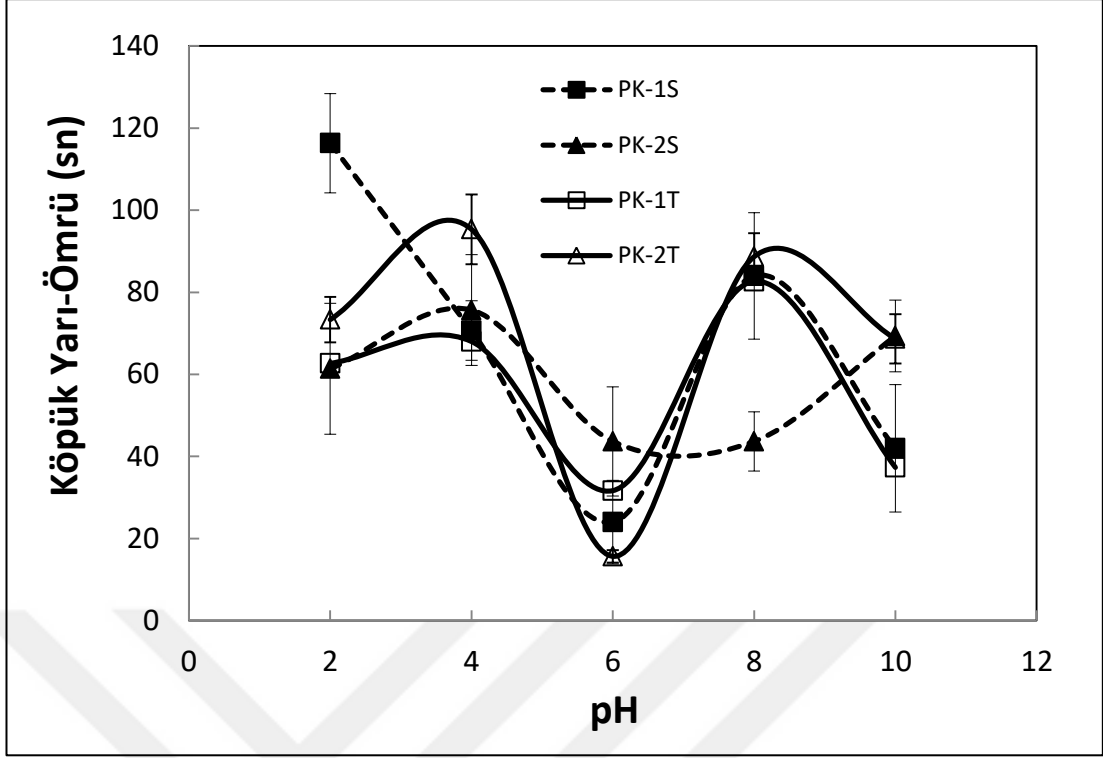


**Şekil 4.4.** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin köpük hacmi ( $\text{cm}^3$ ) değerleri.

Genellikle en yüksek KH özellikleri PK-2S protein konsantresi ile tespit edilmiştir. En düşük KH değeri PK-2T örneğinde pH 8'de bulunmuştur ( $81,1 \text{ cm}^3$ ,  $p < 0,05$ ). Distile suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinin (PK-1S, PK-2S) KH değerleri, tuzlu suda ekstrakte edilen protein konsantrelerine (PK-1T, PK-2T) göre genellikle daha yüksektir.

Köpük kapasitesi, globüler proteinin hava/su ara yüzeyine hızlı bir şekilde adsorbe olması ve proteinin ara yüzeyde açılarak, hidrofobik kısımlarının hava fazında hidrofilik kısımlarının ise su fazına doğru yönelmesi ile artmaktadır. Daha sonra protein, hava/su ara yüzeyinde viskoelastik bir ara yüzey filmi oluşturarak yüzey gerilimi azaltır ve hava kabarcıkları süspansiyon halinde tutularak birleşmeleri engellenir ve sonucunda köpük stabilitesi artar (Damodaran, 2005; Al-Farga vd., 2016). Protein çözünürlüğünün emülsiyon ve köpük özellikleri üzerinde önemli etkisi vardır. Nötr ortamda (pH 7,0) süksinik asit ile deamine edilmiş buğday hidrolizatının köpük kapasitesi yaklaşık olarak %335 olarak tespit edilmiştir. Aynı proteinin, sprey kurutma ve dondurarak kurutma işlemlerinden sonra köpük kapasitesinin belirgin bir şekilde azaldığı (sırasıyla %285, %329) ifade edilmiştir (Liao vd., 2013). Steffolani vd. (2016) yaptıkları çalışmada, kinoa protein izolatlarında en yüksek köpük kapasitesini pH 9 ve pH 11'de gözlemişlerdir.

Distile suda (PK-1S, PK-2S) ve tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin köpük stabilitesi veya köpük yarı-ömrü (KYÖ, sn) değerleri Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiş ve araştırmada bulunan sonuçlar ayrıca Ek G'de verilmiştir. Distile suda (PK-1S, PK-2S) ve tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin KYÖ değerleri üzerine pH'nın etkisi incelendiğinde, tüm konsantrelerde en yüksek KYÖ değerleri genellikle pH 2, pH 4 ve pH 8'de görülmüştür. En yüksek KYÖ değeri PK-1S konsantresinde pH 2'de tespit edilmiştir ( $116,3 \text{ sn}$ ,  $p < 0,05$ ). Bunu, PK-2T konsantresi ile pH 4'de ( $95,3 \text{ sn}$ ) ve pH 8'deki ( $88,7 \text{ sn}$ ), ayrıca PK-1S konsantresi ile pH 8'de ( $84,0 \text{ sn}$ ) ve PK-1T konsantresi ile yine pH 8'deki ( $82,7 \text{ sn}$ ) KYÖ değerleri izlemiştir, bulunan bu değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur ( $p > 0,05$ ). En düşük KYÖ değeri PK-2T konsantresinde pH 6'da bulunmuştur ( $15,7 \text{ sn}$ ). Fakat aynı irmik altı undan distile suda ekstrakte edilen PK-2S konsantresinin pH 6'daki KYÖ değeri diğer konsantreler ile karşılaştırıldığında en yüksektir ( $43,7 \text{ sn}$ ). Köpük stabilitesi çözünen proteinlerin hava/su ara yüzeyine hızlı adsorpsiyonu ve ara yüzeyde hızlı bir şekilde yayılması ile meydana getirdiği ara yüzey filminin dayanıklılığı ile ilgilidir. Ara yüzey filmi ne kadar dayanıklı ise köpük stabilitesi de o kadar uzun sürede olmaktadır.



**Şekil 4.5.** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünen proteinlerinin köpük yarı-ömrü (sn) değerleri.

Köpük sistemin stabilitesi, hava fazının yoğunluğuna ve bu hava fazını stabil halde tutacak protein miktarına bağlıdır (Asghari vd., 2016). Asghari vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada nişasta konsantrasyonu %1 iken, yumurta beyazı proteinlerinin köpük yarı-ömür stabilitelerini yaklaşık 108 dakika, bezelye protein izolatının ise 75 dakika olarak belirlemişlerdir.

Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Araştırmada, Kap Kek 1, 2 ve 3 numaralı kekler yumurta miktarı %50 oranında azaltılarak ve yumurta yerine ağırlıkça sırasıyla %3 PK-2S, %1,5 PK-2S ve %3 PK-1T oranında protein konsantresi kullanılarak üretilmiştir. Kap Kek 4 ise tamamen yumurtasız ve yumurta yerine yalnızca %3 oranında PK-1S protein konsantresi kullanılarak üretilmiştir.

Kek hamuru yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ) en yüksek Kap Kek 4'de ( $1.16 \text{ g/cm}^3$ , yumurtasız) tespit edilirken, en düşük kek hamuru yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ) kontrol kekinde ( $1.08 \text{ g/cm}^3$ ) belirlenmiştir.

Kek ağırlığı (g), kontrol kekinde en yüksek bulunurken (43,5 g), en düşük Kap Kek 2'de belirlenmiştir (41,5 g), aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ). Kek yüksekliği (mm), en yüksek kontrol kekinde bulunurken (49,8 mm,  $p < 0,05$ ), en düşük Kap Kek 4'de (41,5 mm) belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

**Çizelge 4.9.** Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin bazı fiziksel özellikleri

Kap Kek	Ağırlıkça PK Miktarı (%)	Kek Hamuru Yoğunluğu <sup>a</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Kek Ağırlığı <sup>*b</sup> (g)	Kek Yüksekliği <sup>b</sup> (mm)	Kek Hacmi <sup>*c</sup> (cm <sup>3</sup> )	Spesifik Hacim <sup>*c</sup> (cm <sup>3</sup> /g)	Pişme Kaybı <sup>*b</sup> (%)
Kontrol	-	1.08	43,5±2,33a	49,8±1,04a	90,0±2,00a	2,1±0,03a	13,0±4,66b
Kap Kek 1	3	1.12	42,3±0,71ab	48,9±1,13b	81,3±4,16b	1,9±0,05b	15,5±1,41ab
Kap Kek 2	1,5	1.12	41,5±1,77b	46,1±0,83c	75,3±3,06bc	1,8±0,02c	17,0±3,55a
Kap Kek 3	3	1.14	42,8±1,04ab	47,4±1,41c	72,0±5,29cd	1,7±0,06d	14,5±2,07ab
Kap Kek 4	3	1.16	42,8±1,04ab	41,5±1,77d	65,3±3,06d	1,5±0,04e	14,5±2,07ab

\*Ortalama±standart sapma; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

<sup>a</sup> n:1; <sup>b</sup> n:8; <sup>c</sup> n:3. PK: Protein Konsantresi



Kek hacmi ( $\text{cm}^3$ ), en yüksek kontrol kekinde bulunurken ( $90,0 \text{ cm}^3$ ), en düşük kek hacmi Kap Kek 4'de ölçülmüştür ( $65,3 \text{ cm}^3$ ,  $p<0,05$ ).

En yüksek spesifik hacim kontrol kekinde bulunurken ( $2,1 \text{ cm}^3/\text{g}$ ), en düşük spesifik hacim Kap Kek 4'de ( $1,5 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). En yüksek pişme kaybı (%) Kap Kek 2'de (%17,0) görülürken, en az pişme kaybı kontrol kekinde (%13,0) meydana gelmiştir ( $p<0,05$ ).

Kontrol ve protein konsantresi katkılı kap keklerin tüm fiziksel özellik sonuçları incelendiğinde, kontrol kekine en yakın örneğin genel olarak Kap Kek 1 yani yumurta miktarı %50 oranında azaltılmış ve yumurta yerine %3 oranında PK-2S konsantresi katkılı kek örneği olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, kap keklerde (muffin tip) tam yumurta yerine irmik altı un kaynaklı protein konsantrelerinin kullanılabilme potansiyeli incelenmiştir. Muffin tip kek, yumurta, şeker, su ve katı yağ karışımında un partiküllerinin dispersiyonu ile meydana gelen suda yağ emülsiyonu ve köpük sistemleri içeren bir kek tipidir (Jarpa-Parra vd., 2017). Jarpa-Parra vd. (2017) yaptıkları çalışmada yumurta yerine mercimek protein konsantresi kullanmışlardır. Buna göre, mercimek protein konsantresi kullanılan kap keklerde (muffin tip) kek hamuru yoğunluğu  $1.15 \text{ g/L}$  iken kek yüksekliğini  $43 \text{ mm}$ , pişme kaybını %11,5 olarak bulmuşlardır. Arozarena vd. (2001) yaptıkları çalışmada bakla proteinli keklerde optimum kek hacmini  $126 \text{ cm}^3$  olarak bulmuşlardır. Lin vd. (2017a) yaptıkları araştırmada spesifik hacmi  $1,38 \text{ cm}^3/\text{g}$ , kek hamuru yoğunluğunu ise  $1,13 \text{ g/cm}^3$  olarak tespit etmişlerdir.

Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin nem miktarları ve su aktivitesi değerleri Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. En yüksek ve en düşük nem miktarı sırasıyla Kap Kek 4'de (yumurtasız, %23,2) ve Kap Kek 3'de (%19,2) belirlenmiştir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). En yüksek ve en düşük su aktivitesi ( $a_w$ ) sırasıyla Kap Kek 4 (0,88) ve Kap Kek 2 ve 3'de belirlenmiştir (0,83) ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). Nem miktarı açısından kontrol kekine en yakın Kap Kek 2 iken, su aktivitesi ( $a_w$ ) bakımından kontrol kekine en yakın örnek Kap Kek 1 olarak tespit edilmiştir.

Lin vd. (2017b) yaptıkları bir araştırmada soya protein izolatı kullanarak yumurtasız kek üretmişler ve üretilen kekde nem miktarını %27,4 olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada ise nem miktarları %19,2 ile %23,2 arasında değişmekte olup Lin vd. (2017b) 'nin yaptığı çalışmaya göre daha az bulunmuştur.

**Çizelge 4.10.** Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin nem miktarları ve su aktivitesi değerleri

Kap Kek	Ağırlıkça PK Miktarı (%)	Nem* (%)	Su aktivitesi* ( $a_w$ )
Kontrol	-	20,0±1,99bc	0,85±0,011b
Kap Kek 1	3	21,4±0,62ab	0,85±0,013b
Kap Kek 2	1,5	20,2±0,50bc	0,83±0,017c
Kap Kek 3	3	19,2±0,91c	0,83±0,009c
Kap Kek 4	3	23,2±0,81a	0,88±0,009a

\*Ortalama±standart sapma; n:3 Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin bazı tekstürel özellikleri Çizelge 4.11'de gösterilmiştir. En yüksek sertlik (g) kontrol kekinde tespit edilirken (560,0 g), en düşük sertlik değeri Kap Kek 2'de (355,3 g) saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Esneklik (%) en fazla kontrol kekinde tespit edilirken (%47,3) bunu Kap Kek 4 izlemiştir (%46,4), aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $p>0,05$ ). En düşük esneklik Kap Kek 1'de gözlenmiştir (%43,9,  $p<0,05$ ). Tekstürel özellikler bakımından kontrol kekine en yakın kek örneği Kap Kek 4 yani yumurta kullanılmadan yalnızca PK-1S protein konsantresi kullanılarak üretilen kek tipi olmuştur. Araştırmada, PK-1S protein konsantresi irmik altı undan (d1AU-1) su ile ekstrakte edilen protein konsantresidir.

**Çizelge 4.11.** Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin bazı tekstürel özellikleri

Kap Kek	Ağırlıkça PK Miktarı (%)	Sertlik* (g)	Esneklik* (%)
Kontrol	-	560,0±18,81a	47,3±0,48a
Kap Kek 1	3	373,3±66,95c	43,9±0,78d
Kap Kek 2	1,5	355,3±75,18c	45,5±0,39bc
Kap Kek 3	3	521,1±113,89b	44,9±0,78cd
Kap Kek 4	3	511,3±118,54b	46,4±1,02ab

\*Ortalama ± standart sapma; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Campbell vd. (2016) yaptığı bir çalışmada, %3,5 bürülce protein izolatu kullanılarak üretilen keklerde yapılan tekstürel analiz sonuçlarına göre sertlik değeri 511 g olarak belirlenmiştir.

Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin iç yüzeylerinin renk değerleri Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Keklerin iç yüzey renk değerleri incelendiğinde, en yüksek ve en düşük  $L^*$  değeri yani iç yüzey parlaklığı sırasıyla kontrol kekinde (71,0) ve Kap Kek 2'de belirlenmiştir (66,3,  $p>0,05$ ). En yüksek ve en düşük  $a^*$  kırmızılık(+)/yeşillik (-) değeri sırasıyla Kap Kek 4 (-0,8) ve kontrol kekinde (-1,8) belirlenmiş olup aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). En yüksek ve en düşük  $b^*$  sarılık değeri sırasıyla kontrol kekinde (30,4) ve Kap Kek 4'de (22,9) belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Kap keklerin iç yüzey renk değerleri sonuçlarına göre  $L^*$  değeri bakımından kontrol kekine en yakın kek Kap Kek 1, 3 ve 4 olarak tespit edilmiştir. İç yüzey  $a^*$  kırmızılık değeri bakımından ise kontrol kekine en yakın kekler Kap Kek 2 ve 3;  $b^*$  sarılık değeri bakımından kontrol kekine en yakın kekler Kap Kek 1, 2 ve 3 olarak gözlenmiştir.

**Çizelge 4.12.** Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin iç yüzeylerinin renk değerleri

Kap Kek	Yüzey Tipi	$L^{*a}$	$a^{*a}$	$b^{*a}$
Kontrol	İç yüzey	71,0±3,62a	-1,8±0,38b	30,4±1,60a
Kap Kek 1	İç yüzey	67,9±2,03ab	-1,0±0,29a	28,4±0,49b
Kap Kek 2	İç yüzey	66,3±1,41b	-1,1±0,46ab	28,0±0,48b
Kap Kek 3	İç yüzey	68,3±0,79ab	-1,1±0,28ab	28,5±1,00b
Kap Kek 4	İç yüzey	66,7±2,40ab	-0,8±0,53a	22,9±0,80c

<sup>a</sup>Ortalama±standart sapma, n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin dış yüzeylerinin renk değerleri Çizelge 4.13'de gösterilmiştir. Keklerin dış yüzey renk değerleri incelendiğinde,  $L^*$  parlaklık değeri tüm örneklerde 63,3-67,3 arasında değişmekte olup değerler birbirine benzer bulunmuştur ( $p>0,05$ ). En yüksek ve en düşük  $a^*$  kırmızılık değeri sırasıyla kontrol keki (8,6) ve Kap Kek 4'de (3,6) ölçülmüştür ( $p<0,05$ ). En yüksek ve en düşük  $b^*$  sarılık değerleri sırasıyla kontrol kekinde (44,8) ve Kap Kek 4'de (30,8) belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Kap keklerin dış yüzeylerinin renk değerleri sonuçlarına göre  $L^*$  değeri bakımından kontrol keki ile diğer tüm kekler benzer olarak tespit edilirken;  $a^*$  kırmızılık değeri bakımından ise

kontrol kekine en yakın kek Kap Kek 1,  $b^*$  sarılık değeri bakımından kontrol kekine en yakın kekler ise Kap Kek 1, 2 ve 3 olarak gözlenmiştir.

**Çizelge 4.13.** Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin dış yüzeylerinin renk değerleri

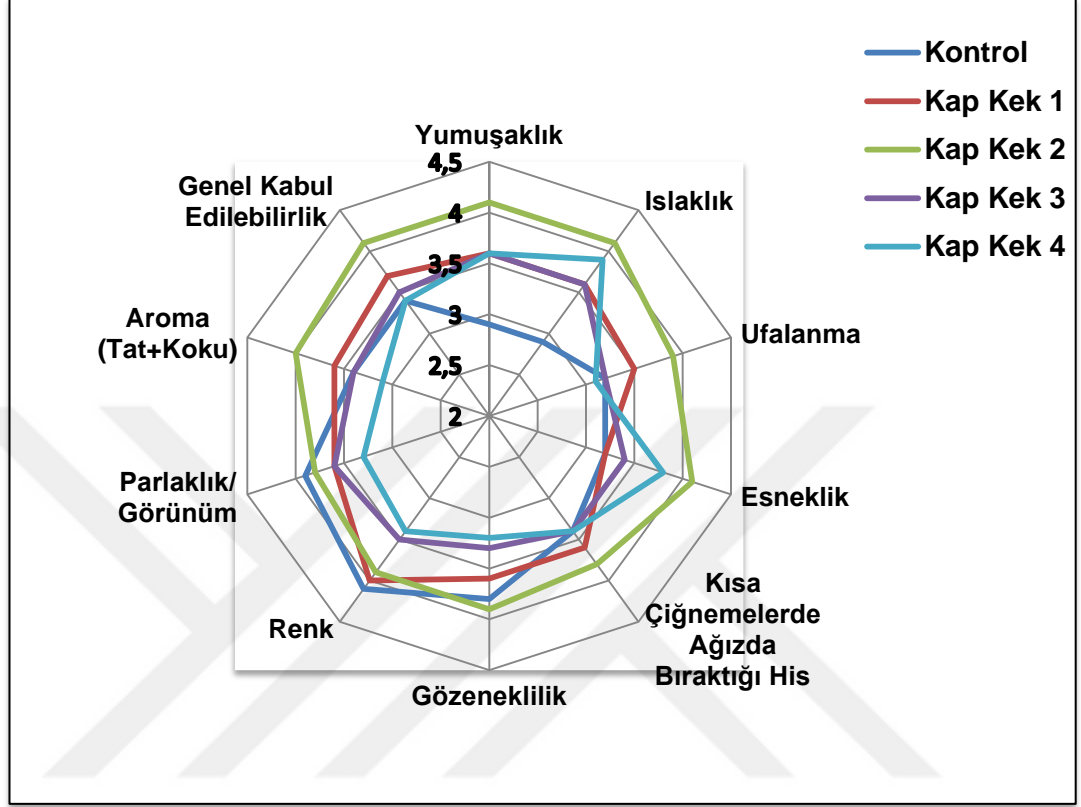
Kap Kek	Yüzey Tipi	$L^{*a}$	$a^{*a}$	$b^{*a}$
Kontrol	Dış yüzey	65,9±2,84a	8,6±1,71a	44,8±1,46a
Kap Kek 1	Dış yüzey	63,3±4,38a	8,5±3,37a	38,6±1,49b
Kap Kek 2	Dış yüzey	63,7±1,95a	7,9±3,03b	39,5±0,74b
Kap Kek 3	Dış yüzey	67,3±1,11a	5,4±2,04ab	38,8±0,75b
Kap Kek 4	Dış yüzey	66,9±0,93a	3,6±1,30b	30,8±1,28c

<sup>a</sup>Ortalama±standart sapma, n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

De La Hera vd. (2012) yaptıkları araştırmada, %50 mercimek unu ve %50 buğday unu kullanarak sponge kek üretmişlerdir. Üretilen sponge kekta yapılan renk analiz sonuçlarına göre  $L^*$  değeri 78,3,  $a^*$  değeri 1,82 ve  $b^*$  değeri 19,91 olarak belirlenmiştir.

Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin duyusal analiz sonuçları Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiş ve analizde bulunan sonuçlar ayrıca Ek H'de verilmiştir. Duyusal analiz yapan panelistler en yüksek ve en düşük yumuşaklık puanını sırasıyla Kap Kek 2'ye (4,1) ve kontrol kekine (2,9) vermişlerdir ( $p<0,05$ ). Panelistlere göre, en yüksek ve en düşük ıslaklık puanları sırasıyla Kap Kek 2 (4,1) ve kontrol kekine (2,9) verilmiştir ( $p<0,05$ ). Panelistler tarafından puanlanarak değerlendirilen ufalanma, esneklik, kısa çiğnemelerde ağızda bıraktığı his, gözeneklilik, renk, parlaklık/görünüm, aroma (tat+koku) ve genel kabul edilebilirlik parametrelerine tüm örneklerde genellikle benzer puan verilmiştir. Genel olarak en yüksek puanla değerlendirilen kek, renk ve parlaklık/görünüm açısından kontrol keki olurken; diğer parametreler (yumuşaklık, ıslaklık, ufalanma, esneklik, kısa çiğnemelerde ağızda bıraktığı his, gözeneklilik, aroma (tat+koku) ve genel kabul edilebilirlik) açısından en yüksek puanla değerlendirilen kek Kap Kek 2 olmuştur. Araştırmada Kap Kek 2 keki, yumurta miktarı %50 oranında azaltılıp %1,5 oranında PK-2S protein konsantresi kullanılarak üretilen kek olup, PK-2S konsantresi irmik altı undan (d1AU-2) distile suda ekstrakte edilmiştir. Genel kabul edilebilirlik açısından yine en çok Kap Kek 2 (4,1) tercih edilirken, diğer kek örnekleri ile arasındaki fark

istatistiksel olarak önemli bulunmamış diğer bir değişle benzer bulunmuştur ( $p>0,05$ ).



Şekil 4.6. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin duyu analizi sonuçları.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Batı Karadeniz Bölgesi'nin Bolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Gaziantep illerinde bulunan makarnalık ırmik üretim tesislerinden temin edilen iki farklı ırmik altı un örneğinden (İAU-1 ve İAU-2), ham yağ uzaklaştırma işleminden sonra, her birinden (dİAU-1 ve dİAU-2) farklı ekstraksiyon çözeltileri (distile su ve 0,15 M NaCl) kullanılarak ikişer adet protein konsantresi üretilmiştir. Buna göre, dİAU-1'den distile su ve 0,15 M NaCl kullanılarak üretilen protein konsantreleri sırasıyla PK-1S ve PK-1T; dİAU-2'den üretilen protein konsantreleri ise sırasıyla PK-2S ve PK-2T olarak tanımlanmıştır. Daha sonra protein konsantrelerinin bazı kimyasal, fiziksel ve fonksiyonel özellikleri incelenerek, kap keklerde yumurta ikamesi olarak kullanılabilirliği bu araştırmada incelenmiştir. Buna göre, çalışmada bulunan sonuçlar şöyledir:

- i. Araştırmamızda kullanılan ırmik altı unlarının (İAU-1 ve İAU-2) ham yağı uzaklaştırılmadan önce kuru madde üzerinden protein miktarları sırasıyla %14,2 ve %17,1 iken ham yağı uzaklaştırıldıktan sonra (dİAU-1 ve dİAU-2) kuru madde üzerinden protein miktarları sırasıyla %14,2 ve %17,7 olarak tespit edilmiştir. İAU-2 ve dİAU-2'nin protein miktarları İAU-1 ve dİAU-1'e kıyasla daha yüksektir (Çizelge 4.1).
- ii. İAU-2'de yaş gluten (%27,2), kuru gluten (%8,7) ve gluten indeks (%97,6) değerleri İAU-1'e göre daha yüksektir. Nişasta (%) miktarı İAU-1'de (%60,2) daha yüksekken, zedelenmiş nişasta miktarı (%) İAU-2'de (%25,4) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2).
- iii. Suda çözünür madde ve su bağlama kapasiteleri, yağı uzaklaştırılmış ırmik altı unlarında (dİAU-1 ve dİAU-2) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.4).
- iv. dİAU-2'nin ortalama partikül boyutu (185,5 µm), dİAU-1'in ortalama partikül boyutundan (171,7 µm) daha büyüktür (Çizelge 4.5).
- v. PK-1S, PK-1T, PK-2S ve PK-2T protein konsantrelerinin verim değerleri sırasıyla %4,9, %3,4, %5,7, %4,3 olarak bulunmuştur. PK-1S, PK-1T, PK-2S ve PK-2T'nin kuru madde üzerinden protein miktarları ise sırasıyla %93,4, %90,8, %88,7, %91,0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).
- vi. *L*\* parlaklık değeri en yüksek olan protein konsantresi PK-1S'dir. *b*\* sarılık değeri en yüksek protein konsantreleri PK-2S ve PK-2T'dir. En yüksek ve en düşük *a*\*

- kırmızılık değeri sırasıyla PK-2S ve PK-2T konsantrelerinde bulunmuştur (Çizelge 4.7).
- vii. Yağ absorplama kapasitesi tüm konsantrelerde benzerdir ve en yüksek değer PK-1S (3,4 g yağ/ g) konsantresinde saptanmıştır. Distile suda ekstrakte edilen konsantrelerin (PK-1S, PK-2S) su tutma kapasitesi (g su/ g örnek), tuzlu suda ekstrakte edilenlerden (PK-1T, PK-2T) daha yüksektir (Çizelge 4.8).
  - viii. Protein çözünürlüğü değerleri tüm konsantrelerde pH 2 veya pH 10'da daha yüksek gözlemlenmiştir ve bulunan değerler genellikle birbirine benzerdir. En yüksek protein çözünürlüğü PK-1S protein konsantresi ile pH 2'de (%81,9) tespit edilmiştir. En düşük protein çözünürlüğü değeri tüm örneklerde pH 6'da tespit edilmiştir ve bulunan değerler birbirine benzerdir. Protein konsantrelerinin izoelektrik noktasının pH 6 civarında olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.1, Ek C).
  - ix. Tüm konsantrelerde en yüksek emülsiyon kapasitesi değerleri pH 2, pH 4, pH 8 ve pH 10'da tespit edilmiş olup genellikle birbirine benzer bulunmuştur. En yüksek emülsiyon kapasitesi PK-1S protein konsantresi ile pH 8'de (%61,8) gözlenmiştir. En düşük emülsiyon kapasitesi değerleri çözünürlüğe bağlı olarak pH 6'da tespit edilmiştir (Şekil 4.2, Ek D).
  - x. Tüm konsantreler içinde en yüksek emülsiyon stabilitesi değerleri genellikle pH 2, pH 4, pH 8 ve pH 10'da tespit edilmiş olup genellikle birbirine yakın bulunmuştur. En yüksek emülsiyon stabilitesi PK-1S protein konsantresi ile pH 2'de (%64,2) gözlenmiştir. En düşük emülsiyon stabilitesi değerleri çözünürlüğe bağlı olarak pH 6'da tespit edilmiştir (Şekil 4.3, Ek E).
  - xi. Tüm konsantreler içinde en yüksek köpük hacmi değerleri genellikle PK-2S konsantresi ile tespit edilmiş olup bunu PK-1S konsantresi izlemiştir. En yüksek köpük hacmi PK-2S konsantresi ile pH 8'de (115,8 cm<sup>3</sup>) tespit edilmiştir. Genellikle, distile suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinin köpük hacmi tuzlu suda ekstrakte edilenlere göre daha yüksektir (Şekil 4.4, Ek F).
  - xii. Tüm konsantrelerde köpük yarı-ömrü değerleri pH 2, 4, 8 ve 10'da genellikle birbirine yakın bulunmuştur. En yüksek köpük yarı-ömrü değeri PK-1S konsantresi ile pH 2'de (116,3 sn) tespit edilmiştir. En düşük köpük yarı-ömrü değeri çözünürlüğe bağlı olarak genellikle pH 6'da saptanmıştır (Şekil 4.5, Ek G).
  - xiii. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin bazı fiziksel özellikleri incelendiğinde kontrol kekine en yakın örneğin Kap Kek 1 olduğu yani yumurta miktarı %50 oranında azaltılıp, ağırlıkça %3 oranında PK-2S protein konsantresi ile ikame edilen kek örneği olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

- xiv. Nem değerlerine göre kontrol kekine en yakın Kap Kek 2 iken, su aktivitesi ( $a_w$ ) sonuçlarına göre kontrol kekine en yakın örnek Kap Kek 1 yani yumurta miktarı %50 oranında azaltılıp sırasıyla %1,5 ve %3 oranında PK-2S protein konsantresi kullanılarak hazırlanan kekler olmuştur (Çizelge 4.10).
- xv. Tekstürel özellikler (sertlik (g), esneklik (%)) bakımından kontrol kekine en yakın kek örneği Kap Kek 4 olmuştur yani yumurta kullanılmadan yalnızca %3 oranında PK-1S protein konsantresi kullanılarak üretilen kek ile tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).
- xvi. Kap keklerin iç yüzeylerinin renk değerleri sonuçlarına göre kontrol kekine en yakın Kap Kek 3 örneği olmuştur yani yumurta miktarı %50 oranında azaltılıp %3 oranında PK-2T konsantresi kullanılan kek örneğinde saptanmıştır (Çizelge 4.12).
- xvii. Kap keklerin dış yüzeylerinin renk değerleri sonuçlarına göre  $L^*$  değeri bakımından kontrol keki ile benzer değerler tespit edilmiştir.  $a^*$  kırmızılık değeri bakımından ise kontrol kekine en yakın örnek Kap Kek 1 iken,  $b^*$  sarılık değeri bakımından kontrol kekine en yakın örnek Kap Kek 2 olmuştur (Çizelge 4.12).
- xviii. Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin duyu analiz sonuçlarına göre genellikle en yüksek puanla değerlendirilen örnek renk ve parlaklık/görünüm açısından kontrol keki olurken, diğer parametreler (yumuşaklık, ıslaklık, ufalanma, esneklik, kısa çiğnemelerde ağızda bıraktığı his, gözeneklilik, aroma (tat+koku) ve genel kabul edilebilirlik) açısından en yüksek puanla değerlendirilen örnek Kap Kek 2 olmuştur yani yumurta miktarı %50 oranında azaltılıp, ağırlıkça %1,5 oranında PK-2S konsantresi ilave edilen kek örneğinde saptanmıştır. Genel kabul edilebilirlik özelliği açısından yine en çok tercih edilen Kap Kek 2 (4,1 puan) olmuştur (Şekil 4.6, Ek H).

Bu araştırmada, makarna endüstrisi artıklarının değerlendirilmesi amacıyla irmik altı undan bitkisel kaynaklı protein konsantresi üretimi ve üretilen protein konsantrelerinin fonksiyonel özellikleri incelenerek keklerde yumurta ikamesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ekstraksiyon verimi sonuçlarına göre, distile suda ekstrakte edilen protein konsantrelerinin verim değerleri, tuzlu suda ekstrakte edilenlere göre daha yüksektir. Araştırmanın sonuçlarına göre asidik ve alkali pH'larda fonksiyonel özelliklerin protein çözünürlüğünün yüksek olmasına bağlı olarak en yüksek değerlere ulaştığı sonucuna varılmıştır. Üretilen protein konsantrelerinin keklerde yumurta yerine ikame edilmesiyle fiziksel, tekstürel, duyu ve renk özellikleri açısından kontrol kekine çok yakın kekler elde edilebilmiştir. Araştırmamızın bir sonraki aşamasında farklı kek çeşitlerinde



konsantrelerin kullanılması ve farklı katkıları eklenerek yumurta miktarı azaltılmış veya yumurtasız keklerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bitkisel proteinlerin hayvansal proteinlerin yerine kullanılması sayesinde daha geniş bir tüketici kitlesine hitap edeceği düşünülmektedir. Ayrıca, bu tür artıkların ya da yan ürünlerin protein konsantrisi üretiminde değerlendirilmesi kapsamında ülke ekonomisine katma değer yaratacağı düşünülmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

- AACCI (American Association of Cereal Chemists International) (2010) Approved Methods of Analysis, Metots No: 44-15.02, 08-01.01, 46-12.01, 30-25.01, 32-05.01, 76-33.01, 22-10.01, 10-05.01 11th edition, The Association: St. Paul, MN, USA.
- Ahmedna M, Prinyawiwatkul W ve Rao RM (1999) "Solubilized wheat protein isolate: Functional Properties and Potential Food Applications", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 1340-1345.
- Aider M ve Barbana C (2011) "Canola Proteins: Composition, Extraction, Functional Properties, Bioactivity, Applications as a Food Ingredient and Allergenicity-A Practical and Critical Review", Trends in Food Science & Technology, 22(1): 21-39.
- Akin Z ve Ozcan T (2017) "Functional Properties of Fermented Milk Produced with Plant Proteins", LWT-Food Science and Technology, 86: 25-30.
- Al-Farga A, Zhang H, Siddeeg A, Shmoon M, Chamba MV ve Al-Hajj N (2016) "Proximate Composition, Functional Properties, Amino Acid, Mineral and Vitamin Contents of A Novel Food: Alhydwan (*Boerhavia Elegana Choisy*) Seed Flour", Food Chemistry, 211: 268-273.
- Aluko RE, McIntosh T ve Reaney M (2001) "Comparative Study of the Emulsifying and Foaming Properties of Defatted Coriander (*Coriandrum sativum*) Seed Flour and Protein Concentrate", Food Research International, 34: 733-738.
- Aluko RE (2004) The Extraction and Purification of Proteins: An Introduction, In Proteins in Food Processing, Woodhead Publishing, Cambridge, England.
- Arena S, D'Ambrosio C, Vitale M, Mazzeo F, Mamone G, Di Stasio L, Maccaferri M, Curci PL, Sonnante G, Zambrano N ve Scaloni A (2017) "Differential Representation of Albumins and Globulins During Grain Development in Durum Wheat and Its Possible Functional Consequences", Journal of Proteomics, 162: 86-98.
- Arozarena I, Bertholo H, Empis J, Bunger A ve Sousa I (2001) "Study of the Total Replacement of Egg by White Lupine Protein, Emulsifiers and Xanthan Gum in Yellow Cakes", European Food Research and Technology, 213(4-5): 312-316.
- Arte E, Huang X, Nordlund E ve Katina K (2019) "Biochemical Characterization and Technofunctional Properties of Bioprocessed Wheat Bran Protein Isolates", Food Chemistry, 289: 103-111.
- Asgar MA, Fazilah A, Huda N, Bhat R ve Karim AA (2010) "Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs" Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(5), 513-529.

- Asghari AK, Norton I, Mills T, Sadd P ve Spyropoulos F (2016) "Interfacial and Foaming Characterisation of Mixed Protein-Starch Particle Systems for Food-Foam Applications", *Food Hydrocolloids*, 53: 311-319.
- Aydemir LY ve Yemenicioğlu A (2013) "Potential of Turkish Kabuli Type Chickpea and Green and Red Lentil Cultivars as Source of Soy and Animal Origin Functional Protein Alternatives", *LWT-Food Science and Technology*, 50(2): 686-694.
- Aydoğan S, şahin M, Aycacık A ve Türköz M (2010) "İleri Makarnalık Buğday Hatlarının Farklı Çevrelerde Verim ve Kalite Özellikleri Yönünden Değerlendirilmesi", *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 14(4): 23-31.
- Bamdad F ve Chen L (2013) "Antioxidant Capacities of Fractionated Barley Hordein Hydrolysates in Relation to Peptide Structures", *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(3): 493-503.
- Beleggia R, Platani C, Spano G, Monteleone M ve Cattivelli L (2009) "Metabolic Profiling and Analysis of Volatile Composition of Durum Wheat Semolina and Pasta", *Journal of Cereal Science*, 49(2): 301-309.
- Bilgi B ve Çelik S (2004) "Solubility and Emulsifying Properties of Barley Protein Concentrate", *European Food Research and Technology*, 218: 437-441.
- Boland MJ, Rae AN, Vereijken JM, Meuwissen MP, Fischer AR, Boekel MA, ve Hendriks WH (2013) "The Future Supply of Animal-Derived Protein for Human Consumption", *Trends in Food Science & Technology*, 29(1): 62-73.
- Boye JI, Aksay S, Roufik S, Ribéreau S, Mondor M, Farnworth E ve Rajamohamed SH (2010a) "Comparison of the Functional Properties of Pea, Chickpea and Lentil Protein Concentrates Processed Using Ultrafiltration and Isoelectric Precipitation Techniques", *Food Research International*, 43(2): 537-546.
- Boye J, Zare F ve Pletch A (2010b) "Pulse proteins: Processing, Characterization, Functional Properties and Applications in Food and Feed", *Food Research International*, 43(2): 414-431.
- Bučko S, Katona J, Popović L, Petrović L ve Milinković J (2016) "Influence of Enzymatic Hydrolysis on Solubility, Interfacial and Emulsifying Properties of Pumpkin (*Cucurbita pepo*) Seed Protein Isolate", *Food Hydrocolloids*, 60: 271-278.
- Campbell L, Euston SR ve Ahmed MA (2016) "Effect of Addition of Thermally Modified Cowpea Protein on Sensory Acceptability and Textural Properties of Wheat Bread and Sponge Cake", *Food Chemistry*, 194: 1230-1237.
- Capitani MI, Spotorno V, Nolasco SM ve Tomás MC (2012) "Physicochemical and Functional Characterization of By-Products from Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds of Argentina", *LWT-Food Science and Technology*, 45(1): 94-102.
- Chandi GK ve Sogi DS (2007) "Functional Properties of Rice Bran Protein Concentrates", *Journal of Food Engineering*, 79: 592-597.

- Cheli F, Campagnoli A, Ventura V, Brera C, Berdini C, Palmaccio E ve Dell'Orto V (2010) "Effects Of Industrial Processing on the Distributions of Deoxynivalenol, Cadmium and Lead in Durum Wheat Milling Fractions", *LWT-Food Science and Technology*, 43(7): 1050-1057.
- Damodaran S (2005) "Protein Stabilization of Emulsions and Foams", *Journal of Food Science*, 70(3): 54-66.
- Day L (2013) "Proteins from Land Plants - Potential Resources for Human Nutrition and Food Security", *Trends in Food Science & Technology*, 32(1): 25-42.
- De La Hera E, Ruiz-París E, Oliete B ve Gómez M (2012) "Studies of the Quality of Cakes Made with Wheat-Lentil Composite Flours", *LWT-Food Science and Technology*, 49(1): 48-54.
- De Santis MA, Kosik O, Passmore D, Flagella Z, Shewry PR ve Lovegrove A (2018) "Comparison of the Dietary Fibre Composition of Old and Modern Durum Wheat (*Triticum turgidum* spp. *durum*) Genotypes", *Food Chemistry*, 244: 304-310.
- Dickinson E (2015) "Structuring of Colloidal Particles at Interfaces and the Relationship to Food Emulsion and Foam Stability", *Journal of Colloid and Interface Science*, 449: 38-45.
- El Nasri NA ve El Tinay AH (2007) "Functional Properties of Fenugreek (*Trigonella Foenum Graecum*) Protein Concentrate", *Food Chemistry*, 103(2): 582-589.
- Ercan R ve Bildik E (1993) "Türkiye'de Yetiştirilen Başlıca Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Kalitesi", *Gıda/The Journal of Food*, 18(1): 3-11.
- Ertop MH, Kutluk K, Çoşkun K ve Canlı S (2016) "Gıda Endüstrisi Yan Ürünleri Kullanımıyla Cips Üretimine Yeni Bir Yaklaşım: Zenginleştirilmiş Gluten Cipsi", *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 14(4): 398-406.
- Esmaili M, Rafe A, Shahidi SA ve Hasan-Saraei AG (2016) "Functional Properties of Rice Bran Protein Isolate at Different pH Levels", *Cereal Chemistry*, 93(1): 58-63.
- Evlice AK ve Özkaya H (2011) "Makarnalık Buğdayda Farklı Cihazlarla Saptanan Renk Değerinin Kalite Yönünden Değerlendirilmesi", *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(2): 33-40.
- Flagella Z, Giuliani MM, Giuzio L, Volpi C ve Masci S (2010) "Influence of Water Deficit on Durum Wheat Storage Protein Composition and Technological Quality", *European Journal of Agronomy*, 33(3): 197-207.
- Fu BX, Assefaw EG, Sarkar AK ve Carson GR (2006) "Evaluation of Durum Wheat Fine Flour for Alkaline Noodle Processing", *Cereal Foods World*, 51(4): 178-183.
- Fu BX, Chiremba C, Pozniak C, Wang K ve Nam S (2017) "Total Phenolic and Yellow Pigment Contents and Antioxidant Activities of Durum Wheat Milling Fractions", *Antioxidants*, 6(4): 78.

- Fu BX, Wang K, Dupuis B, Taylor D ve Nam S (2018) "Kernel Vitreousness and Protein Content: Relationship, Interaction and Synergistic Effects on Durum Wheat Quality", *Journal of Cereal Science*, 79: 210-217.
- Ghribi AM, Gafsi IM, Blecker C, Danthine S, Attia H ve Besbes S (2015) "Effect of Drying Methods on Physico-Chemical and Functional Properties of Chickpea Protein Concentrates", *Journal of Food Engineering*, 165: 179-188.
- Giunta F, Pruneddu G, Zuddas M ve Motzo R (2019) "Bread and Durum Wheat: Intra- and Inter-Specific Variation in Grain Yield and Protein Concentration of Modern Italian Cultivars", *European Journal of Agronomy*, 105: 119-128.
- Göçmen D (2001) "Ticari bir Değirmendeki Ekmeklik Buğday Unu Pasajlarının Kimyasal Bileşim ve Kalite Kriterleri", *Gıda/The Journal of Food*, 26(3): 171-178.
- Green AJ, Littlejohn KA, Hooley P ve Cox PW (2013) "Formation and Stability of Food Foams and Aerated Emulsions: Hydrophobins as Novel Functional Ingredients", *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 18(4): 292-301.
- GSO (Gaziantep Sanayi Odası) (2019) "Öğütülmüş Hububat ve Sebze Ürünleri İmalatı" [http://www.gso.org.tr/userfiles/file/grup3116%20yeni%20\(1\).pdf](http://www.gso.org.tr/userfiles/file/grup3116%20yeni%20(1).pdf), 25 Mart 2019.
- Güleç TE, Sönmezoglu ÖA ve Yıldırım A (2010) "Makarnalık Buğdaylarda Kalite ve Kaliteyi Etkileyen Faktörler", *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1): 113-120.
- He R, He HY, Chao D, Ju X ve Aluko R (2014) "Effects of High Pressure and Heat Treatments on Physicochemical and Gelation Properties of Rapeseed Protein Isolate", *Food and Bioprocess Technology*, 7(5): 1344-1353.
- Hu H, Fan T, Zhao X, Zhang X, Sun Y ve Liu H (2017) "Influence of pH and Salt Concentration on Functional Properties of Walnut Protein from Different Extraction Methods", *Journal of Food Science and Technology*, 54(9): 2833-2841.
- İbanoğlu E ve İbanoğlu Ş (1999) "Foaming Behaviour of EDTA-treated  $\alpha$ -lactalbumin", *Food Chemistry*, 66: 477-481.
- Jarpa-Parra M (2018) "Lentil Protein: A Review of Functional Properties and Food Application. An Overview of Lentil Protein Functionality", *International Journal of Food Science & Technology*, 53(4): 892-903.
- Jarpa-Parra M, Wong L, Wismer W, Temelli F, Han J, Huang W ve Chen L (2017) "Quality Characteristics of Angel Food Cake and Muffin Using Lentil Protein as Egg/Milk Replacer", *International Journal of Food Science & Technology*, 52(7): 1604-1613.
- Karaca AC, Low N ve Nickerson M (2011) "Emulsifying Properties of Chickpea, Faba Bean, Lentil and Pea Proteins Produced by Isoelectric Precipitation and Salt Extraction", *Food Research International*, 44(9): 2742-2750.

- Kaushik R, Kumar N, Sihag MK ve Ray A (2015) "Isolation, Characterization of Wheat Gluten and its Regeneration Properties", *Journal of Food Science and Technology*, 52(9): 5930-5937.
- Kemahloğlu K ve Ünal S (2001) "İrmikaltı Unlarının Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi", *Gıda/The Journal of Food*, 26(5): 315-321.
- Kizzie-Hayford N, Jaros D, Schneider Y ve Rohm H (2015) "Physico-Chemical Properties of Globular Tiger Nut Proteins", *European Food Research and Technology*, 241(6): 835-841.
- Köksel H, Sivri D, Özboy Ö, Başman A ve Karacan HD (2000) *Hububat Laboratuvarı El Kitabı*, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın no:47, Ankara.
- Kristensen MD, Bendsen NT, Christensen SM, Astrup A ve Raben A (2016) "Meals Based on Vegetable Protein Sources (Beans and Peas) are More Satiating than Meals Based on Animal Protein Sources (Veal and Pork)-A Randomized Cross-Over Meal Test Study", *Food & Nutrition Research*, 60(1): 32634.
- Laino P, Shelton D, Finnie C, De Leonardis AM, Mastrangelo AM, Svensson B ve Masci S (2010) "Comparative Proteome Analysis of Metabolic Proteins from Seeds of Durum Wheat (cv. Svevo) Subjected to Heat Stress", *Proteomics*, 10(12): 2359-2368.
- Lam ACY, Warkentin TD, Tyler RT ve Nickerson MT (2017) "Physicochemical and Functional Properties of Protein Isolates Obtained from Several Pea Cultivars", *Cereal Chemistry*, 94(1): 89-97.
- Levent H ve Bilgiçli N (2013) "Quality Evaluation of Wheat Germ Cake Prepared with Different Emulsifiers", *Journal of Food Quality*, 36: 334-341.
- Liao L, Wang Q ve Zhao MM (2013) "Functional, Conformational and Topographical Changes of Succinic Acid Deamidated Wheat Gluten Upon Freeze-and Spray-Drying: A Comparative Study", *LWT-Food Science and Technology*, 50(1): 177-184.
- Lin M, Tay SH, Yang H, Yang B ve Li H (2017a) "Development of Eggless Cakes Suitable for Lacto-Vegetarians Using Isolated Pea Proteins", *Food Hydrocolloids*, 69: 440-449.
- Lin M, Tay SH, Yang H, Yang B ve Li H (2017b) "Replacement of Eggs with Soybean Protein Isolates and Polysaccharides to Prepare Yellow Cakes Suitable for Vegetarians", *Food Chemistry*, 229: 663-673.
- Lin SY, Chen HH, Lu S ve Chen YT (2012) "Effects of Incorporation of Clear Flour on the Quality of Chinese Noodles", *Italian Journal of Food Science*, 24(4): 332-338.
- López DN, Galante M, Raimundo G, Spelzini D ve Boeris V (2019) "Functional Properties of Amaranth, Quinoa and Chia Proteins and the Biological Activities of their Hydrolyzates", *Food Research International*, 116: 419-429.

- Lowry OH, Rosenbrough NJ, Fair AL ve Randall RJ (1951) "Protein measurement with the Folin–phenol reagent", *Journal of Biological Chemistry*, 193: 265–275.
- Mao X ve Hua Y (2012) "Composition, Structure and Functional Properties of Protein Concentrates and Isolates Produced from Walnut (*Juglans regia* L.)", *International Journal of Molecular Sciences*, 13(2): 1561-1581.
- Mercier S, Villeneuve S, Mondor M ve Des Marchais LP (2011) "Evolution of Porosity, Shrinkage and Density of Pasta Fortified with Pea Protein Concentrate During Drying" *LWT-Food Science and Technology*, 44(4): 883-890.
- Miquelim JN, Lannes SC ve Mezzenga R (2010) "pH Influence on the Stability of Foams with Protein-Polysaccharide Complexes at their Interfaces", *Food Hydrocolloids*, 24(4): 398-405.
- Murray BS, Durga K, Yusoff A ve Stoyanov SD (2011) "Stabilization of Foams and Emulsions by Mixtures of Surface Active Food-Grade Particles and Proteins", *Food Hydrocolloids*, 25(4): 627-638.
- Özboy Ö ve Saldamlı İ (1997) "Hububat Endüstrisi Artık ve Yan Ürünleri", *Gıda/The Journal of Food*, 22(5): 383-387.
- Padalino L, Mastromatteo M, Lecce L, Spinelli S, Contò F ve Del Nobile MA (2014) "Chemical Composition, Sensory and Cooking Quality Evaluation of Durum Wheat Spaghetti Enriched with Pea Flour", *International Journal of Food Science & Technology*, 49(6): 1544-1556.
- Partanen R, Sibakov J, Rommi K, Hakala T, Holopainen-Mantila U, Lahtinen P ve Lantto R (2016) "Dispersion Stability of Non-Refined Turnip Rapeseed (*Brassica Rapa*) Protein Concentrate: Impact of Thermal, Mechanical and Enzymatic Treatment", *Food and Bioproducts Processing*, 99: 29-37.
- Pasqualone A, Gambacorta G, Summo C, Caponio F, Di Miceli G, Flagella Z ve Lenucci MS (2016) "Functional, Textural and Sensory Properties of Dry Pasta Supplemented with Lyophilized Tomato Matrix or With Durum Wheat Bran Extracts Produced by Supercritical Carbon Dioxide or Ultrasound", *Food Chemistry*, 213: 545-553.
- Pasqualone A, Laddomada B, Centomani I, Paradiso VM, Minervini D, Caponio F ve Summo C (2017) "Bread Making Aptitude of Mixtures of Re-Milled Semolina and Selected Durum Wheat Milling By-Products", *LWT-Food Science and Technology*, 78: 151-159.
- Pichereaux C, Laurent EA, Gargaros A, Viudes S, Durieu C, Lamaze T ve Bulet-Schiltz O (2019) "Analysis of Durum Wheat Proteome Changes Under Marine and Fungal Biostimulant Treatments Using Large-Scale Quantitative Proteomics: A Useful Dataset of Durum Wheat Proteins", *Journal of Proteomics*, 200: 28-39.
- Rocco M, Tartaglia M, Izzo FP, Varricchio E, Arena S, Scaloni A ve Marra M (2019). "Comparative Proteomic Analysis of Durum Wheat Shoots from Modern and Ancient Cultivars", *Plant Physiology and Biochemistry*, 135: 253-262.

- Rodsamran P ve Sothornvit R (2018) "Physicochemical and Functional Properties of Protein Concentrate from By-Product of Coconut Processing", *Food Chemistry*, 241: 364-371.
- Sadat A, Corradini MG ve Joye IJ (2019) "Molecular Spectroscopy to Assess Protein Structures within Cereal Systems", *Current Opinion in Food Science*, 25: 42-51.
- Sayaslan A, Koyuncu M, Türker S, Irklı Y, Serin A ve Orhan FG (2018) "Use of Durum Wheat Clear Flour in Vital Gluten and Bioethanol Production", *Journal of Cereal Science*, 80: 50-56.
- Schmidt I, Novales B, Boué F ve Axelos MA (2010) "Foaming Properties of Protein/Pectin Electrostatic Complexes and Foam Structure at Nanoscale", *Journal of Colloid and Interface Science*, 345(2): 316-324.
- Schmidt JM, Damgaard H, Greve-Poulsen M, Larsen LB ve Hammershøj M (2018) "Foam and Emulsion Properties of Potato Protein Isolate and Purified Fractions", *Food Hydrocolloids*, 74: 367-378.
- Schutyser MAI ve Van der Goot AJ (2011) "The Potential of Dry Fractionation Processes for Sustainable Plant Protein Production", *Trends in Food Science & Technology*, 22(4): 154-164.
- Singh J ve Singh N (2003) "Studies on the Morphological and Rheological Properties of Granular Cold Water Soluble Corn and Potato Starches", *Food Hydrocolloids*, 17: 63-72.
- Sissons MJ, Batey IL, Balfe S, Hare R ve MacRitchie F (2008) "Use of Durum Residue Flour, A Lower Value Product of Durum Milling, by Incorporation into Wheat Flour Dough Without Deterioration in Baking Quality", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(7): 1194-1200.
- Soylu S ve Sade B (2003) "Makarnalık Buğday (*T. Durum*) Melezlerinde Bazı Agronomik Özellikler için Tek Dizi Analiziyle Genotipik Değerlendirme", *Uludağ Uni. Ziraat Fak. Der.*, 17(1): 47-57.
- Söderberg J (2013) "Functional Properties of Legume Proteins Compared to Egg Proteins and their Potential as Egg Replacers in Vegan Food". [https://stud.epsilon.slu.se/6240/7/soderberg\\_j\\_131101.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/6240/7/soderberg_j_131101.pdf), 8 Nisan 2019.
- Steffolani ME, Villacorta P, Morales-Soriano ER, Repo-Carrasco R, León AE ve Pérez, GT (2016) "Physicochemical and Functional Characterization of Protein Isolated from Different Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.)", *Cereal Chemistry*, 93(3): 275-281.
- Thewissen BG, Celus I, Brijs K ve Delcour JA (2011) "Foaming Properties of Wheat Gliadin", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(4): 1370-1375.
- TOBB (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği) (2019), Un ve Unlu Mamuller Raporu <http://www.tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Documents/KapasiteKriterleri/2-%C4%B0rmik.pdf>, 11 Mart 2019.



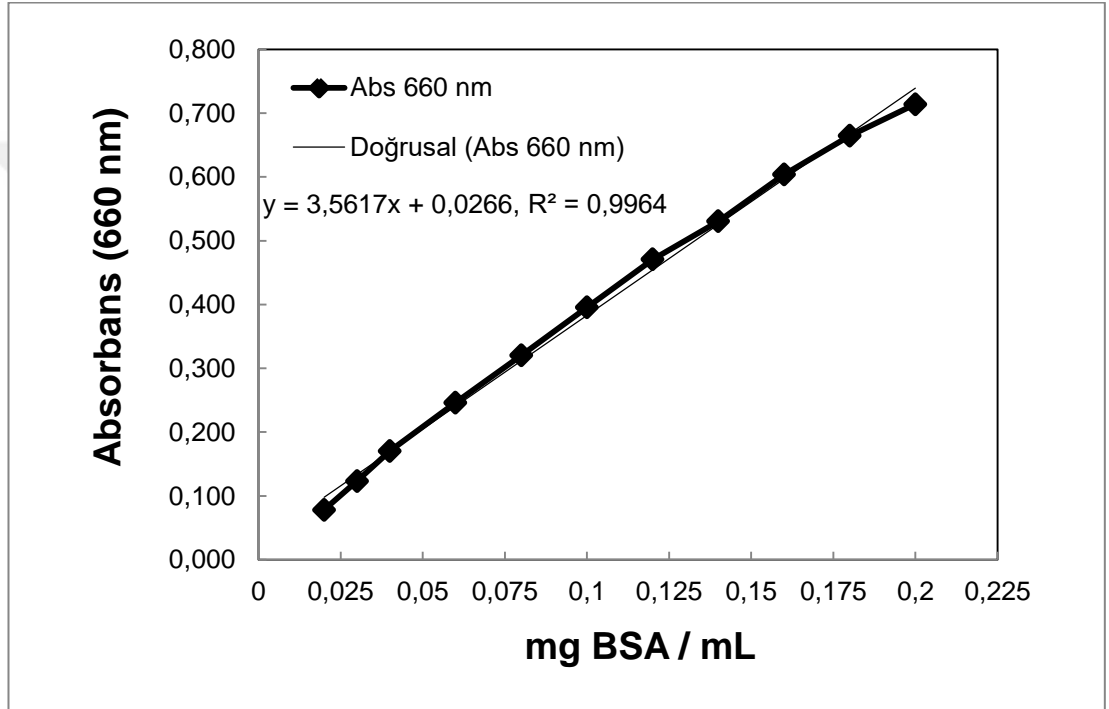
- Wang R, Tian Z ve Chen L (2011) "A Novel Process for Microencapsulation of Fish Oil with Barley Protein", *Food Research International*, 44(9): 2735-2741.
- Wu H, Wang Q, Ma T ve Ren J (2009) "Comparative Studies on the Functional Properties of Various Protein Concentrate Preparations of Peanut Protein", *Food Research International*, 42(3): 343-348.
- Yağcı S ve Gogus F (2009) "Selected Physical Properties of Expanded Extrudates from the Blends of Hazelnut Flour-Durum Clear Flour-Rice", *International Journal of Food Properties*, 12(2): 405-413.
- Yağcı S (2008) *The Use of Durum Clear Flour in Combination with Hazelnut Cake and Different Pomaces in the Production of Extruded Food*, Doktora Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Yalçın E ve Çelik S (2007) "Solubility Properties of Barley Flour, Barley Protein Isolate and Hydrolysates", *Food Chemistry*, 104: 1641-1647.
- Yalçın E, Çelik S ve İbanoğlu E (2008) "Foaming Properties of Barley Protein Isolates and Hydrolysates", *European Food Research and Technology*, 226(5): 967-974.
- Yaman K (2012) "Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi", *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2): 339-348.
- Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T ve Ishii K (1972) "Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products", *Agricultural and Biological Chemistry*, 36(5): 719-727.
- Yüksel F, Koyuncu M ve Sayaslan A (2011) "Makarnalık Buğday (*Triticum durum*) Kalitesi", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2): 5-31.
- Zhu KX, Sun XH, Chen ZC, Peng W, Qian HF ve Zhou HM (2010) "Comparison of Functional Properties and Secondary Structures of Defatted Wheat Germ Proteins Separated by Reverse Micelles and Alkaline Extraction and Isoelectric Precipitation", *Food Chemistry*, 123(4): 1163-1169.
- Zou L, Xie A, Zhu Y ve McClements DJ (2019) "Cereal Proteins in Nanotechnology: Formulation of Encapsulation and Delivery Systems", *Current Opinion in Food Science*, 25: 28-34.



# **EKLER**

## 7. EKLER

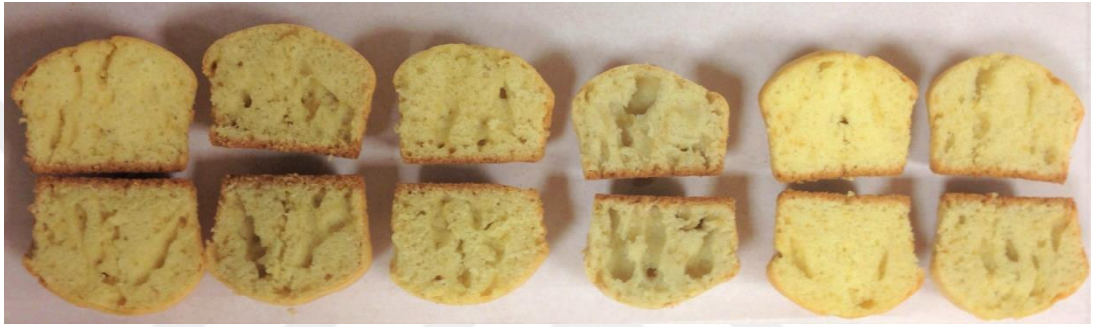
**EK A** Lowry vd. (1951) yöntemine göre damıtık sudaki protein miktarı tayininde kullanılan ve yine damıtık suda siğir serum albümin (*bovine serum albumin*-BSA) proteini ile hazırlanan standart doğru.



**EK B** Araştırmada üretilen kontrol ve yumurta yerine İAU protein konsantresi ikameli kap keklerin genel görünüşleri



Kontrol Kap Kek 1 Kap Kek 2 Kap Kek 4 Kontrol Kap Kek 3



Kontrol Kap Kek 1 Kap Kek 2 Kap Kek 4 Kontrol Kap Kek 3



Kontrol Kap Kek 1 Kap Kek 2 Kap Kek 4 Kontrol Kap Kek 3



Kontrol Kap Kek 1 Kap Kek 2 Kap Kek 4 Kontrol Kap Kek 3

**EK C** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü (%) değerleri üzerine pH'nın etkisi

Protein Konsantresi	pH	Protein Çözünürlüğü*(%)
<b>PK-1S</b>	2	81,9±2,57a
	4	45,9±3,47ef
	6	4,5±0,58lm
	7	8,2±0,06kl
	8	26,9±1,01i
	10	65,4±4,28d
<b>PK-2S</b>	2	67,7±0,96cd
	4	24,6±0,67i
	6	3,0±0,38m
	7	17,0±3,41j
	8	44,5±2,59f
<b>PK-1T</b>	10	71,9±2,56b
	2	68,7±1,21bcd
	4	48,7±2,87e
	6	7,8±1,27kl
	7	10,0±0,55k
<b>PK-2T</b>	8	33,1±2,15h
	10	70,5±1,34bc
	2	68,1±2,38bcd
	4	36,8±4,97g
	6	5,5±0,17lm
<b>PK-2T</b>	7	14,9±1,03j
	8	37,1±0,42g
	10	66,8±1,44cd

\*Ortalama±ss; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

**EK D** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilen proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (%) değerleri

<b>Protein Konsantresi</b>	<b>pH</b>	<b>Emülsiyon Kapasitesi* (%)</b>
<b>PK-1S</b>	2	57,5±0,89abc
	4	52,6±0,74d
	6	1,4±0,01f
	8	61,8±0,52a
	10	54,0±0,95cd
<b>PK-2S</b>	2	57,4±0,55abc
	4	53,5±0,82cd
	6	1,4±0,01f
	8	55,6±1,53cd
	10	57,4±1,11abc
<b>PK-1T</b>	2	61,2±0,00a
	4	60,6±4,25a
	6	1,3±0,00f
	8	56,0±4,86bcd
	10	55,7±1,51cd
<b>PK-2T</b>	2	60,1±2,86ab
	4	53,4±2,29cd
	6	1,4±0,00f
	8	48,4±2,22e
	10	54,7±1,10cd

\*Ortalama±ss; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

**EK E** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilen proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (%) değerleri

<b>Protein Konsantresi</b>	<b>pH</b>	<b>Emülsiyon Stabilitesi* (%)</b>
<b>PK-1S</b>	2	64,2±1,57a
	4	57,1±2,02bc
	6	1,4±0,01g
	8	54,5±0,10cd
	10	57,7±1,75bc
<b>PK-2S</b>	2	54,9±1,74cd
	4	51,9±1,46d
	6	45,9±0,63e
	8	57,2±1,14bc
	10	57,8±0,78bc
<b>PK-1T</b>	2	56,9±0,00bc
	4	53,1±0,71d
	6	1,3±0,00g
	8	41,3±2,12f
	10	57,8±3,38bc
<b>PK-2T</b>	2	58,3±0,82bc
	4	53,0±0,00d
	6	1,4±0,00g
	8	51,6±4,34d
	10	59,2±1,80b

\*Ortalama±ss; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

**EK F** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilen proteinlerinin köpük hacmi (cm<sup>3</sup>) değerleri

<b>Protein Konsantresi</b>	<b>pH</b>	<b>Köpük Hacmi* (cm<sup>3</sup>)</b>
<b>PK-1S</b>	2	108,6±1,15abcd
	4	107,3±4,50bcd
	6	107,9±1,95bcd
	8	111,2±4,93abc
	10	112,5±3,00abc
<b>PK-2S</b>	2	112,5±3,00abc
	4	111,2±6,32abc
	6	107,9±5,18bcd
	8	115,8±3,90a
	10	114,5±4,93ab
<b>PK-1T</b>	2	107,9±1,95bcd
	4	103,4±1,10d
	6	105,3±4,93cd
	8	111,9±1,95abc
	10	109,2±1,15abcd
<b>PK-2T</b>	2	90,3±3,41e
	4	96,2±5,23e
	6	82,4±1,95f
	8	81,1±3,00f
	10	112,5±4,98abc

\*Ortalama±ss; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).



**EK G** Distile suda (PK-1S, PK-2S) veya tuzlu suda (PK-1T, PK-2T) ekstrakte edilen protein konsantrelerinin farklı pH'larda çözünebilen proteinlerinin köpük yarı-ömrü (sn) değerleri

Protein Konsantresi	pH	Köpük Yarı-Ömrü* (sn)
<b>PK-1S</b>	2	116,3±12,10a
	4	70,7±7,23de
	6	24,0±10,15gh
	8	84,0±15,39bcd
	10	42,0±15,52f
<b>PK-2S</b>	2	61,3±15,95e
	4	75,7±13,50cde
	6	43,7±13,28f
	8	43,7±7,23f
	10	69,3±8,74de
<b>PK-1T</b>	2	62,7±8,02e
	4	68,0±1,00de
	6	31,7±5,51fgh
	8	82,7±4,04bcd
	10	37,3±5,69fg
<b>PK-2T</b>	2	73,3±5,51cde
	4	95,3±8,50b
	6	15,7±1,53h
	8	88,7±5,69bc
	10	68,7±6,03de

\*Ortalama±ss; n:3; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

EK H Kontrol keki ve yumurta miktarı azaltılarak üretilen kap keklerin duyusal analiz sonuçları

Duyusal özellik*	Kontrol	Kap Kek 1	Kap Kek 2	Kap Kek 3	Kap Kek 4
Yumuşaklık	2,9±1,23b	3,6±0,93ab	4,1±0,77a	3,6±0,93ab	3,6±0,93ab
Islaklık	2,9±1,00b	3,6±1,02ab	4,1±1,27a	3,6±1,08ab	3,9±1,10a
Ufalanma	3,2±1,42a	3,5±1,29a	3,9±0,83a	3,2±1,31a	3,1±1,07a
Esneklik	3,2±1,37a	3,2±1,42a	4,1±0,95a	3,4±1,09a	3,8±1,19a
Kısa Çiğnemelerde Ağızda Bıraktığı His	3,4±1,01a	3,6±1,01a	3,8±0,80a	3,4±1,22a	3,4±1,01a
Gözenek Yapısı	3,8±1,25a	3,6±1,28a	3,9±0,77a	3,3±1,07a	3,2±0,97a
Renk	4,1±1,00a	4±0,96a	3,9±0,83a	3,5±0,94a	3,4±0,94a
Parlaklık/Görünüm	3,9±0,95a	3,6±1,16a	3,8±0,58a	3,6±0,84a	3,3±0,83a
Aroma (Tat+Koku)	3,4±1,08a	3,6±1,22a	4±0,96a	3,4±1,09a	3,1±1,03a
Genel Kabul Edilebilirlik	3,4±0,94a	3,7±0,91a	4,1±0,83a	3,5±0,85a	3,4±0,84a

\*Ortalama ± standart sapma; n:14; Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

## 8. ÖZGEÇMİŞ

**Adı-Soyadı** : Seda FİDAN

**Doğum Yeri ve Tarihi** : Bolu - 19.02.1992

**Lisans Eğitimi** : Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık  
Fakültesi, Gıda Mühendisliği

**E-posta** : seda.fidan@outlook.com

**Bilimsel Yayınları** :

### **Özeti Basılan Ulusal Bildiriler:**

**S. Fidan**, S. Ceylan, E. Yalçın **2015**. Buğday Zararlısı Böcek Proteazlarının Buğday Tarımı, Değirmencilik ve Fırıncılık Endüstrilerindeki Önemi. 5. Gıda Güvenliği Kongresi, İstanbul, 07-08 Mayıs 2015.