

**KAVUZSUZ ARPA PROTEİN KONSANTRESİNİN BAZI FONKSİYONEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE PROTEİN MİKTARI, TUZ KONSANTRASYONU VE
ENZİM HİDROLİZİNİN ETKİLERİ**

ESRA ŞİRİN

ŞUBAT 2015

**EFFECTS OF PROTEIN CONTENT, SALT CONCENTRATION AND ENZYME
HYROLYSIS ON SOME FUNCTIONAL PROPERTIES OF HULL-LESS
BARLEY PROTEIN CONCENTRATE**

ESRA şİRİN

FEBRUARY 2015

**KAVUZSUZ ARPA PROTEİN KONSANTRESİNİN BAZI FONKSİYONEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE PROTEİN MİKTARI, TUZ KONSANTRASYONU
VE ENZİM HİDROLİZİNİN ETKİLERİ**

ESRA ŞİRİN

**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS
DERECESİ İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALARI YERİNE GETİREREK
ONAYA SUNULAN TEZ**

ŞUBAT 2015

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı

.....
Prof. Dr. Duran Karakaş

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylarım.

.....
Prof. Dr. Ömer Zorba

Bölüm Başkanı

Okuduğumuz bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak onaylanması, düşüncemize göre, amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.

.....
Doç. Dr. Erkan Yalçın

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri:

İmza

1. Doç. Dr. Erkan Yalçın

.....

2. Yrd. Doç. Dr. M. Tuğrul Masatcioğlu

.....

3. Yrd. Doç. Dr. Şule Keskin

.....

ÖZET

KAVUZSUZ ARPA PROTEİN KONSANTRESİNİN BAZI FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE PROTEİN MİKTARI, TUZ KONSANTRASYONU VE ENZİM HİDROLİZİNİN ETKİLERİ

Şirin, Esra

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Erkan Yalçın

Şubat 2015, 160 sayfa

Bu araştırmada, farklı iki pH'da (pH 9 ve pH 11.2) ekstrakte edilen kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin (sırasıyla KAPK-1 ve KAPK-2) fonksiyonel özelliklerinden protein çözünürlüğü, emülsiyon ve köpük özellikleri incelenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2'nin bazı fonksiyonel özellikleri üzerine protein miktarı (%0.25, 0.5, 1.0 (w/v)), tuz konsantrasyonu (0.1 M ve 0.25 M NaCl, %0.25 (w/v) protein) ve enzim hidroliz derecesinin etkileri pH (2-10)'nın bir fonksiyonu olarak çalışılmıştır. KAPK-1 ve KAPK-2'den %2 ve %5 hidroliz dereceli arpa protein hidrolizatları (sırasıyla APH-1 ve APH-2; APH-3 ve APH-4) hazırlanmıştır. Hidrolizatların fonksiyonel özellikleri %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve 0.25 M NaCl'de incelenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2'nin kuru madde üzerinden protein miktarları sırasıyla %70.6 ve %90.7'dir. Distile suda, KAPK-1'in protein çözünürlüğü değerleri tüm konsantrasyonlarda KAPK-2'den daha yüksektir. Genellikle tüm pH'larda KAPK-1'in emülsiyon özellikleri KAPK-2'ye göre daha yüksektir. Distile suda en iyi köpük hacmi (KH, cm³) KAPK-1 ile %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda ve en iyi köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) KAPK-2 ile tüm konsantrasyonlarda belirlenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2'nin distile suda emülsiyon ve köpük özellikleri pH 6'da en düşüktür. Tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü değerleri distile suya göre azalmıştır. KAPK-1'in tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü değerleri KAPK-2'den daha yüksektir. Tuz çözeltilerinde KAPK-1'in emülsiyon özellikleri KAPK-2'nin emülsiyon özelliklerinden yüksek bulunmuştur. Genellikle tuz çözeltilerinde ve %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda en iyi KH ve KYÖ değerleri 0.1 M NaCl çözeltilisinde KAPK-1'in çözünen proteinleri ile belirlenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2'nin enzimatik hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının distile su ve tuzlu sudaki protein çözünürlüğü değerleri artmıştır. Tuzlu suda ve distile suda en iyi protein çözünürlüğü sırasıyla APH-1 ve APH-2 hidrolizatları ile sağlanmıştır. Tüm hidrolizatların emülsiyon özellikleri her iki ortamda da azalmıştır. Hidrolizatların köpük özellikleri ortamın iyonik gücünden etkilenmiştir; KYÖ değerleri tuzlu su çözeltilisinde artarken, KH değerleri olumsuz etkilenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kavuzsuz Arpa; Protein Konsantresi; Fonksiyonel Özellikler; Protein Çözünürlüğü; Emülsiyon Özellikleri; Köpük Özellikleri; Enzim Hidrolizi.

ABSTRACT

EFFECTS OF PROTEIN CONTENT, SALT CONCENTRATION AND ENZYME HYDROLYSIS ON SOME FUNCTIONAL PROPERTIES OF HULL- LESS BARLEY PROTEIN CONCENTRATE

Şirin, Esra

**M.Sc., Department of Food Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erkan Yalçın
February 2015, 160 pages**

In this study, some functional properties (protein solubility, emulsifying and foaming properties) of hull-less barley protein concentrates (HBPC-1 and HBPC-2) produced at different extraction pHs (pH 9 and pH 11.2, respectively) were investigated. Effects of protein contents (%0.25, 0.5, 1.0 (w/v)), salt concentration (0.1 M and 0.25 M NaCl at 0.25% concentration) and degree of enzyme hydrolysis on some functional properties of HBPC-1 and HBPC-2 were studied as a function of pH (2-10). Barley protein hydrolysates (BPH) having 2% and 5% degree of hydrolysis were prepared from HBPC-1 (BPH-1 and BPH-2, respectively) and HBPC-2 (BPH-3 and BPH-4, respectively). Functional properties of hydrolysates were investigated in distilled water and 0.25 M NaCl at 0.25% protein concentration. Protein contents of HBPC-1 and HBPC-2 were 70.6% and 90.7% on dry weight basis, respectively. Protein solubility values (%) of HBPC-1 were higher at all protein concentrations than that of HBPC-2 in distilled water. Generally, at all pHs, the emulsifying properties of HBPC-1 were higher than that of the HBPC-2. In distilled water, the foam volumes (FV, cm³) of HBPC-1 at 0.5% (w/v) concentration were the highest at all pHs, besides the foam half-lives (FHL, min) of HBPC-2 were the highest at all protein concentrations and pHs. The emulsion and foaming properties of HBPC-1 and HBPC-2 in distilled water were the lowest at pH 6. The protein solubility values in salt solutions decreased according to the values obtained in distilled water. The protein solubility values of HBPC-1 were higher in salt solutions than that of the HBPC-2. The emulsifying properties of HBPC-1 were higher in salt solutions than that of the HBPC-2. Generally, among the salt solutions, the highest FV and FHL values were obtained with the soluble proteins of HBPC-1 in 0.1 M NaCl solution at 0.25% protein concentration. The protein solubility values of the hydrolysates of HBPC-1 and HBPC-2 increased in distilled water and salt solution. The highest protein solubility in salt solution and distilled water were obtained with the hydrolysates of BPH-1 and BPH-2, respectively. The emulsifying properties of all hydrolysates decreased in both solutions. The foaming properties of hydrolysates were influenced from the ionic strength of the media; as FHL values of the hydrolysates increased in salt solution, FV values were affected negatively.

Key words: Hull-less Barley; Protein Concentrate; Functional Properties; Protein Solubility; Emulsion Properties; Foaming Properties; Enzyme Hydrolysis.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Erkan YALÇIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca,

'Enzimatik Hidroliz, Sıcaklık ve Sukroz/NaCl İlavesinin Kavuzsuz Arpa Protein Konsantratinin Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Etkileri' isimli proje (Proje No: 2007.09.01.266) kapsamında tez çalışmama maddi destek sağlayan Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na (BAP),

Kavuzsuz arpa hattının (Ç-738) temin edilmesindeki katkılarından dolayı Ankara Yenimahalle Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Proje çalışmalarımın bir bölümünde kullandığım köpük özellikleri test cihazının yapılmasında ve laboratuvarımıza kazandırılmasında emeği geçen Hidroan-Hidrolik & Pnomatik Şirketi, Ankara, Genel Müdürü Sayın Musa ERTUNÇ'a,

Çalışmalarımız sırasında yardımlarını esirgemeyen Gıda Mühendisliği Bölümü'nün ve Fakültemizin değerli teknik ve idari personeline,

Höşgörü, sevgi ve manevi desteklerini her zaman gösteren Değerli Aileme ve Sevgili Eşime en içten duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
EKLER DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM	
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Arpa Proteinlerinin Sınıflandırılması ve Genel Özellikleri.....	9
2.2. Proteinlerin Fonksiyonel Özellikleri	17
2.2.1. Çözünürlük Özelliği	19
2.2.2. Emülsiyon Özelliği.....	22
2.2.3. Jel Oluşturma Özelliği	27
2.2.4. Köpük Oluşturma Özelliği.....	28
2.3. Gıda Proteinlerin Enzim Hidrolizi ile Modifikasyonu	32
3. MATERYAL VE METOT	38
3.1. Materyal	38
3.2. Metot	38

3.2.1. Kavuzsuz arpa unundan ham yağın uzaklaştırılması	38
3.2.2. Kimyasal yöntemler	39
3.2.3. Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin (KAPK) üretimi	39
3.2.4. Kavuzsuz arpa protein konsantresinin enzimatik hidrolizi ve hidrolizatların üretimi	40
3.2.5. Kavuzsuz arpa protein konsantreleri ve hidrolizatlarının fonksiyonel özellikleri tayin yöntemleri	43
3.2.5.1. Çözünürlük özelliği tayini	43
3.2.5.2. Emülsiyon özellikleri tayini	44
3.2.5.3. Köpük özellikleri tayini	46
3.2.6. İstatiksel Analiz	48
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	49
4.1. Kavuzsuz Arpa Protein Konsantrelerinin Distile Suda Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Protein Miktarı Etkisinin pH'nın Bir Fonksiyonu Bakımından İncelenmesi Hammadde Analizleri	52
4.2. Kavuzsuz Arpa Protein Konsantrelerinin Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Tuz Konsantrasyonu Etkisinin pH'nın Bir Fonksiyonu Bakımından İncelenmesi	68
4.3. Kavuzsuz Arpa Protein Konsantrelerinin Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Enzim Hidrolizi Etkisinin pH'nın Bir Fonksiyonu Bakımından İncelenmesi	83

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	128
EKLER	137
ÖZGEÇMİŞ.....	160

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	Tahılların protein bileşimleri ve gıdalarda kullanımları.....	5
Çizelge 2.2.	Arpa danesinin kimyasal kompozisyonu.....	7
Çizelge 2.3.	Kavuzlu ve kavuzsuz arpanın üç farklı protein düzeyinde bazı amino asitlerinin miktarı.....	12
Çizelge 2.4.	Arpa proteinlerinin çözünürlüklerine göre sınıflandırılması.....	13
Çizelge 2.5.	Gıdalarda proteinlerin temel fonksiyonel özellikleri.....	18
Çizelge 4.1.	Araştırmada kullanılan KAU'nun bazı kimyasal özellikleri.....	49
Çizelge 4.2.	KAPK'lerinin % verimleri ve bazı kimyasal özellikleri ile bunlardan elde edilen protein hidrolizatlarının bazı kimyasal özellikleri.....	50

Şekil 4.1.	KAPK-1'in distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	53
Şekil 4.2.	KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	54
Şekil 4.3.	KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	57
Şekil 4.4.	KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	59
Şekil 4.5.	KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük hacmi (cm ³) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	62
Şekil 4.6.	KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük yarı-ömrü (dk) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	62
Şekil 4.7.	KAPK-2'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük hacmi (cm ³) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	64

Şekil 4.8.	KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük yarı-ömrü (dk) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	65
Şekil 4.9.	KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonundaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	69
Şekil 4.10.	KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonundaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	70
Şekil 4.11.	KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi...	73
Şekil 4.12.	KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi...	74
Şekil 4.13.	KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (cm ³) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	77
Şekil 4.14.	KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	78
Şekil 4.15.	KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (cm ³) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	79

Şekil 4.16.	KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonundaki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	80
Şekil 4.17.	KAPK-1 ve KAPK-2'den Alcalase (<i>Subtilisin carlsberg</i>) enzimi (E:S oranı 1:300) ile 50 °C'de üretilen %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) arpa protein hidrolizatlarının (APH) zamana göre hidroliz derecelerindeki değişim.....	84
Şekil 4.18.	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda (dH ₂ O) ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	86
Şekil 4.19.	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'ün %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda (dH ₂ O) ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	88
Şekil 4.20.	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	93
Şekil 4.21.	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	95
Şekil 4.22.	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	97

Şekil 4.23.	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	99
Şekil 4.24.	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (cm ³) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	102
Şekil 4.25.	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	104
Şekil 4.26.	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (cm ³) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	107
Şekil 4.27.	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	110

EKLER DİZİNİ

Sayfa

EK A	Lowry et al. (1951) yöntemine göre damıtık sudaki protein miktarı tayininde kullanılan ve damıtık suda sığır (bovine) serum albümin (BSA) standart proteini ile hazırlanan standart doğru.....	137
EK B	Lowry et al. (1951) yöntemine göre 0.1 M NaCl'deki protein miktarı tayininde kullanılan ve 0.1 M NaCl'de sığır (bovine) serum albümin (BSA) standart proteini ile hazırlanan standart doğru.....	138
EK C	Lowry et al. (1951) yöntemine göre 0.25 M NaCl'deki protein miktarı tayininde kullanılan ve 0.25 M NaCl'de sığır (bovine) serum albümin (BSA) standart proteini ile hazırlanan standart doğru.....	139
EK D	KAPK-1'in distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	140
EK E	KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	141
EK F	KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	142
EK G	KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	143

EK H	KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özellikleri (köpük hacmi (KH, cm ³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk)) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	144
EK I	KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özellikleri (köpük hacmi (KH, cm ³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk)) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.....	145
EK İ	KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonundaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	146
EK J	KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonundaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	147
EK K	KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi..	148
EK L	KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi..	149
EK M	KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm ³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	150

EK N	KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm ³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.....	151
EK O	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda distile suda (dH ₂ O) protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	152
EK Ö	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	153
EK P	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'ün %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda distile suda (dH ₂ O) protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	154
EK R	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'ün %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.....	155
EK S	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).....	156
EK Ş	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).....	157

EK T	APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm ³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).....	158
EK U	APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm ³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).....	159

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Arpa (*Hordeum vulgare* L.) buğday, pirinç ve mısırdan sonra dünyadaki dördüncü önemli tahıldır (Bilgi & Çelik, 2004; Yalçın & Çelik, 2007; Zhao *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2010; Bamdad *et al.*, 2011; Limberger-Bayer *et al.*, 2014). Avrupa'da Ortaçağ'dan bu yana insan tüketimi için yaygın tahıl olarak kabul edilmemesine rağmen, son yıllarda arpanın gıda olarak kullanımına yönelik ilgi artmıştır (Dickin *et al.*, 2011). Arpa; doğal, sağlıklı, kolay ulaşılabilir olduğundan ve pahalı olmadığından, arpanın insan diyetine katılması tavsiye edilmektedir (Bilgi & Çelik, 2004).

Arpa serin iklim tahıllarından olup başakcık ekseninde danelerin sıralanışına göre iki sıralı ve altı sıralı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ekonomik açıdan öncelikle hayvan yemi ve sonra biracılık sektörü için tarımı yapılmaktadır. İnsan tüketimine yönelik kullanım amacı ise üçüncü sırada gelmektedir. Biracılıkta kullanıldıktan sonra oluşan yan ürünler yine hayvan yemi amaçlı kullanılmaktadır. Arpa danesi %8-13 ve biracılık yan ürünleri %20-30 aralığında olmak üzere düşük maliyetli ve kolay bulunabilen protein içermektedir (Wang *et al.*, 2011). Nişasta, β -glukan ya da protein açısından zengin arpa fraksiyonları elde etmek için yapılan çalışmaların sayısı günden güne artmaktadır (Bilgi & Çelik, 2004; Yalçın & Çelik, 2007).

Gıda proteinleri, izolatlar veya konsantreler şeklinde birçok gıdada belirli işlevleri yerine getirmek üzere kullanılan katkılardır. Gıda proteinleri gıdalarda belirli fonksiyonel özellikleri yerine getirirler. Proteinlerin fonksiyonel özellikleri, gıda sistemlerinde proteinlerin işleme ve davranışını etkileyen fiziko-kimyasal özelliklerdir (Bilgi & Çelik, 2004). Bu fiziko-kimyasal özellikler proteinler, diğer gıda bileşenleri ve çevrenin kompozisyon, yapı, konformasyon ve fizikokimyasal özellikleri arasındaki kompleks etkileşimleri yansıtır. Bu fonksiyonel özellikler arasında protein çözünürlüğü, diğer fonksiyonel özellikler üzerinde önemli etkisinin bulunması bakımından en önemli fonksiyonel özelliktir. Protein çözünürlüğü, yeni protein kaynaklarının geliştirilmesinde ve test edilmesinde birinci sırada bulunan fonksiyonel özelliktir. Emülsiyon ve köpük oluşturma özellikleri de proteinlerin gıdalarda sergiledikleri diğer iki önemli fonksiyonel özelliktir. Gıda proteinlerinin emülsiyon ve köpük özelliklerini proteinin kaynağı, proteinin konsantrasyonu, proteinin çözünürlüğü, ortam pH ve sıcaklığı, kullanılan ekipman ve yöntem etkilemektedir. Gıda proteinlerinin diğer fonksiyonel özellikleri su tutma ve yağ absorplama kapasitesi, jelasyon, aroma bağlama ve viskozitedir (Zayas, 1997; Bilgi & Çelik, 2004; Damodaran, 2005).

Ticari protein katkısı üretiminde son yirmi yıldaki teknolojik ilerlemeler hayvansal protein kaynakları yerine bitkisel protein kaynaklarının kullanımına odaklanmıştır (Alu'datt et al., 2012). Artan global talep sebebi ile yeni gıda protein kaynaklarının bulunması önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir (Demirhan et al., 2011). Dünya nüfusu hızla artmaktadır ve bununla beraber özellikle hayvansal kaynaklardan yiyecek elde etme maliyeti de artmaktadır. Bu

sebeple, besinsel ve fonksiyonel özellikleri mükemmel yeni protein kaynaklarını keşfetmek ve geliştirmek gıda endüstrisi için öncelikli bir hedef olmuştur. Bunun için bitkisel proteinler ile ilgili son yıllarda yapılan araştırmaların sayısında önemli bir artış olmuştur (Damodaran, 2005; Alu'datt et al., 2012).

Bununla beraber proteinlerin yüzey aktif özelliklerini geliştirmek amacıyla uygulanan enzim modifikasyonları sonucunda elde edilen protein hidrolizatlarının da doğal proteine göre fonksiyonel özellikleri geliştirdiği saptanmıştır. Enzim hidrolizi ile protein çözünürlüğü, köpük ve emülsiyon oluşturma ve jelasyon gibi teknolojik özellikler üzerinde ilgi çekici sonuçların bulunduğu bildirilmiştir (Panyam & Kilara, 1996; Demirhan et al., 2011).

Bu araştırmada, ham yağı ekstrakte edilmiş kavuzsuz arpa unundan, iki farklı ekstraksiyon pH'sında (pH 9 ve pH 11.2) elde edilen kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin (sırasıyla KPAK-1 ve KAPK-2) fonksiyonel özelliklerinden protein çözünürlüğü, emülsiyon ve köpük özellikleri model test sistemlerinde pH, protein konsantrasyonu (w/w) ve tuz konsantrasyonunun birer fonksiyonu olarak incelenmiştir. Ayrıca, KPAK'larının Alcalase (*Subtilisin Carlsberg*) enzimi ile pH 8'de ve 50°C ortam sıcaklığında sınırlı düzeyde enzim hidrolizi yapılmış ve %2 ve %5 hidroliz dereceli protein konsantresi hidrolizatları hazırlanmıştır. Daha sonra %0.25 (w/w) protein konsantrasyonunda distile su ve 0.25 M NaCl'de fonksiyonel özelliklerinden protein çözünürlüğü, emülsiyon ve köpük özellikleri model test sistemlerinde pH'nın bir fonksiyonu olarak incelenmiştir.

BÖLÜM 2

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.), pirinç (*Oryza sativa* L.) ve mısırdan (*Zea mays* L.) sonra dünyadaki dördüncü önemli tahıldır (Bilgi & Çelik, 2004; Yalçın *et al.*, 2007; Zhao *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2010; Bamdad *et al.*, 2011; Limberger-Bayer *et al.*, 2014). Tarımı çok eskilere dayanmaktadır. Kayıtlar arpanın M.Ö 5000 ve 6000 yılları arasında Mısır'da ekilmiş olduğunu göstermektedir (Lekhi, 2004). Avrupa'da orta çağ döneminde insan beslenmesinde fazla tercih edilmemesine rağmen son yıllarda arpaya duyulan ilgi artmaktadır (Newman & Newman, 2008).

Bununla beraber kurak, yarı kurak ve nemli iklimler de dahil olmak üzere çevresel koşullar açısından geniş bir yelpazede yetişebilen mevsimlik bir üründür. Arpa, yetersiz proteinin alındığı beslenmelerde diyeti zenginleştirmek için mükemmel bir kaynaktır (Alu'datt *et al.*, 2012).

Ekonomik açıdan hem hayvan beslenmesi hem de bira sektörü için önemli bir tahıldır (Temel *et al.*, 2008; Gupta *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2011; 2012; Limberger-Bayer *et al.*, 2014). Son yıllarda yapılan bazı çalışmalar ile, çeşitli hastalıkların tedavisinde, tıbbi yararı bulunan fonksiyonel gıda bileşenleri sebebiyle arpanın insan beslenmesinde kullanılması önerilmiştir

(Alu' datt *et al.*, 2012). Çizelge 2.1'de tahılların protein bileşimleri ve gıdalarda kullanım alanları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Tahılların protein bileşimleri ve gıdalarda kullanımları (Guerrieri, 2004).

Tahıl	Protein miktarı* (%, w/w)	Gıdalarda başlıca kullanım alanları
Buğday	8.0-17.5	Ekmek, makarna, kraker, kek, bisküvi, kurabiye, kahvaltılık gevrek, bebek maması, yem sanayi
Mısır	8.8-11.9	Direk gıda olarak, mayalı içki, kahvaltılık gevrek, yem sanayi
Arpa	7.0-14.6	Yem sanayi, malt ve bira teknolojisi, direk gıda katkısı (ekmek), yüksek lif içerikli sağlıklı gıda üretimlerinde
Pirinç	7.0-10.0	Direk gıda olarak, erişte, kahvaltılık gevrek, kek, kurabiye, ekmek, bebek maması, miso (japon mutfağına özgü fermente çorba), sake üretiminde (fermente alkollü içecek).
Yulaf	8.7-16.0	Yulaf lapası, kahvaltılık gevrek, bisküvi, kurabiye, bebek maması, yem sanayi
Çavdar	7.0-14.0	Ekmek, yem sanayi
Tritikale	11.7-16.3	Yem sanayi

*Kuru ağırlık üzerinden

Arpanın, dış görünüş olarak kavuzlu ve kavuzsuz formları mevcuttur. Kavuzsuz arpa kavuz çıkarma işlemi gerektirmez ve doğrudan öğütülebilir. Bu nedenle gıda uygulamalarında bazı avantajlar sağlamaktadır. Nişasta, β -glukan ya da protein açısından zengin arpa fraksiyonları elde etmek için yapılan uygulamaların sayısı günden güne artmaktadır (Yalçın & Çelik, 2007).

Arpa proteinleri, karbonhidratları ile kıyaslandığında arpanın minör bileşenleri (%8-15) olmasına rağmen, bunların kompozisyonu ve miktarı arpanın endüstriyel kullanımını etkilemektedir. Arpa endosperminin büyük kısmını %70'lik alkolde çözünür proteinlerden *Hordeinler* oluşturmaktadır. Arpa proteini, arpa nişasta üretim sürecinin yan ürünlerinden biridir. Gıda endüstrisinde, arpa proteinlerine yeni uygulama alanları bulmak için, fonksiyonel özelliklerinin detaylı olarak araştırılması gerektiği ortaya çıkmıştır (Yalçın & Çelik, 2007).

Endosperm, protein matrisi içine gömülü halde bulunan %75-85 nişasta içerir. Endosperm hücre duvarı; karışık bağlı β -glukan, arabinoksilan (pentozanlar) ve az miktarda protein içerir. Arpa embriyosu yüksek miktarda protein, yağ, kompleks B vitaminlerinden tiamin, piridoksin, riboflavin ve pantotenik asit ve yağ içinde çözünür tokoferol ve tokotrienollerin bir karışımı olan E vitaminini içerir. Çizelge 2.2'de, tipik bir arpa danesinin kimyasal bileşimi gösterilmiştir (Lekhi, 2004). Tanenin bileşiminin genetik ve çevresel koşullara bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Genetik farklılık ve toprak özelliklerinin bazı yönlerinin kontrolü sayesinde, arzu edilen nihai ürün elde edilebilir (Lekhi, 2004; Guerrieri, 2004).

ABD Gıda İlaç Dairesi'nin (FDA) 2005 yılında belirttiği gibi arpa kalp hastalığı riskinin azaltılması gibi bir dizi sağlık yararlarına ve farklı fizyolojik işlevlere sahiptir (Ghotra *et al.*, 2009; Frost *et al.*, 2011). Bu sebeple, FDA kolesterol seviyesinin düşürülmesinin gözlemlenmesi için günde 3 g çözünebilir lif (β -glukan) içeren arpa ürünü (tam tahıl arpa ve kuru öğütülmüş arpa veya yulaf) tüketimini tavsiye etmektedir (Frost *et al.*, 2011). β -glukan, arpa endosperm

hücre duvarında bol miktarda bulunan çözünür bir besinsel lifdir. β -glukan gibi çözünebilir liflerin sağlık açısından yararı hakkında son yıllarda çok fazla çalışma yapılmıştır (Ghotra *et al.*; 2009; Limberger-Bayer *et al.*, 2014).

Çizelge 2.2. Arpa danesinin kimyasal kompozisyonu (Lekhi, 2004).

Kimyasal Bileşim	Miktarı* (% , w/w)
1-Karbonhidrat	78-83
Nişasta	63-65
Sakkaroz	1-2
Diğer şekerler	1
Suda çözünür polisakkaritler	1-1,5
Alkalide çözünür polisakkaritler	8-10
Selüloz	4-5
2-Lipidler	2-3
3-Proteinler	8-13
Albüminler ve Globülinler	2,5-4
Prolaminler (hordeinler)	2,5-4
Glutelinler	3-5
4-Protein olmayan azot (nükleik asit)	0,2-0,3
5-Minareller	2
6-Diğer	5-6

*Kuru ağırlık üzerinden

β -glukan gibi diyet lifleri gıdaların bağırsaktan geçiş süresini uzatır (Sullivan *et al.*, 2010). β -glukanın kolon kanseri riskini azalttığı (prebiyotik) ve sindirim sisteminde glukoz emilimini düşürdüğü, diğer bir deyişle kan şekeri düzeyini düzenlediği ve şeker hastalığının önlenmesinde etkili olduğu ifade edilmiştir

(Gupta *et al.*, 2011). Ek olarak kan kolestrol seviyesini düşürerek kardiyovasküler hastalıkların ortaya çıkmasını engellediği gösterilmiştir (Sullivan *et al.*, 2010; Bamdad *et al.*, 2011; Frost *et al.*, 2011; Limberger-Bayer *et al.*, 2014). Ayrıca, kepekli arpa ununun kullanıldığı gıdaların tüketilmesi tokluk hissini artırdığından kilo kaybı ile ilişkilendirilmiştir (Sullivan *et al.*, 2010).

Yüksek lifli tahıllar gıdaların fizyolojik fonksiyonlarını etkileyen birçok özellik göstermektedir. Örneğin bitkisel kaynaklardan elde edilmiş lifler kurabiyelerin renk, doku ve aromasını geliştirmek ve nihai ürünün enerjisini azaltmak için kullanılmıştır (Gupta *et al.*, 2011). Bu sebeple yüksek çözünür lif içeriği ve besleyici bileşimiyle arpa insan tüketimi için arzu edilen bir gıda olabilir. Örneğin arpa proteinlerinin kullanılabilir potansiyelini araştırmak için bu tez çalışması yapılmıştır.

Ticari protein üretiminde son yirmi yıldaki teknolojik ilerleme hayvansal protein kaynakları yerine bitkisel kaynakların kullanımına yönelik olmuştur (Demirhan *et al.*, 2011; Alu'datt *et al.*, 2012). Dünya nüfusu gün geçtikçe artmakta ve özellikle hayvansal kaynaklardan yiyecek elde etme maliyeti de bununla orantılı olarak artmaktadır. Bu sebeple, sürekli bir ihtiyaç olan proteinlerin besin ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için bitki proteinlerinin araştırılmasının hızlanması gerekmektedir (Sekul *et al.*, 1978; Alu'datt *et al.*, 2012).

2.1. ARPA PROTEİNLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Proteinler tüm bitki ve hayvan hücrelerin protoplazmasının en önemli bileşenidir ve yaşam için gerekli organik moleküllerdir. Yaşamı sürdürmedeki temel rolleri sebebiyle protein kelimesi Yunancadaki 'ilk, öncül' anlamına gelen *proteois* kelimesinden kaynaklanır (Li-Chan, 2004). Proteinler, son derece karmaşık, üç boyutlu biyolojik polimerlerdir. Biyolojik sistemlerde proteinler, biyokatalizör, hücrelerin ve organların yapısal elemanı (hücre zarı, keratin, kollajen, elastin), kontraktıl (kaslardaki aktin, miyosin, tübilin), hormon (insülin, büyüme hormonları), taşıyıcı protein (serum albümin, hemoglobin, transferrin), metal kelatörü (ferritin), antikor (immunoglobülinler) ve koruyucu (toksinler, allerjenler) özellikler gibi biyolojik fonksiyonlara sahiptirler (Damadoran, 1997; Kumagai, 2010). Proteinler gıdalarda besleyicilik özellikleri dışında bazı fonksiyonel özellikler sergileyebilir, böylece gıdaların karakteristik yapı ve stabilitesi sağlanmış olur (Foegeding *et al.*, 2011). Proteinlerin besinsel kalitesini ise dört ana faktör belirlemektedir: esansiyel amino asit kompozisyonu; sindirilebilirlik (biyoyararlılık); amino asitlerin kullanılabilme düzeyi (proteinlerin biyolojik değeri); büyüme için proteini kullanma becerikliliğidir (Lekhi,2004).

Arpa proteinleri endospermde, alöron tabakasında ve embriyoda yoğunlaşmıştır (Lekhi, 2004). Arpadaki protein miktarı son derece değişkendir. ABD Tarım Bakanlığı tarafından 10 000 farklı genotip üzerinde yapılan çalışmalarda protein miktarının %7-25 arasında değiştiği belirtilmesine rağmen normal bir arpa danesinde bu oranın genellikle %9-13

arasında olduğu rapor edilmiştir (Newman and Newman, 2008). Batı Kanada, LaBerge ve Tipples'da yapılan araştırmalarda 3817 maltlık arpa örneğinde protein içeriğinin ortalama %12.2 olduğu rapor edilmiştir. Genellikle arpa, Batı Amerika'daki kurak koşullarda yetiştirildiğinde protein oranının, Pasifik kıyı bölgesi veya yüksek orta batı bölgesinin nemli koşullarında yetiştirilenlere göre %2-3 daha yüksek bulunduğu ifade edilmiştir (Newman & Newman, 2008).

Proteinler arpa danesinde farklı formlarda bulunurlar (Newman & Newman, 2008). Arpa proteinlerinin molekül ağırlıkları ortalama 43-44 kDa olarak belirtilmiştir. Depo proteinleri, endospermde nişasta granülleri arasında bulunur ve tohumun çimlenmesi sırasında embriyo gelişimi için gerekli azotu sağlamakla sorumludurlar. Alkolde (%70 EtOH) znen proteinler prolin (Pro) ve glutamin (Gln) amino asitleri bakımından zengin olduğu için bu proteinler prolaminler olarak isimlendirilir ve depo proteinlerinin büyük bir kısmını oluştururlar (Mohamed *et al.*, 2007). Hordein, arpanın başlıca prolamin tip proteindir ve depo proteinlerinin en geniş protein fraksiyonunu (%40-50) meydana getirirler (Yalçın & elik, 2007; Mohamed *et al.*, 2007; Bamdad *et al.*, 2011).

Arpa proteinleri genellikle karbondhidratlar ve yağlar ile kompleks oluştururlar. Bunlar sırasıyla glikoproteinler ve lipoproteinler olarak adlandırılır ve bazı durumlarda yağ ve karbondhidrat fraksiyonlarını beraber içerdiklerinden, glikolipoproteinler olarak adlandırılırlar. Ayrıca, bazı arpa proteinleri minerallerden örneğın kalsiyum, fosfor, demir ve bakır gibi mineralleri içermektedir (Newman & Newman 2008).

Arpadaki protein miktarı, genellikle bir ya da daha fazla yöntem ile azot içeriğinin belirlenmesiyle tespit edilir. Bununla birlikte, danede değişen miktarlarda protein olmayan azot (Non-Protein Nitrogen, NPN) bileşikleri de mevcuttur, yani tahıllardaki tüm azot gerçek proteini yansıtmamaktadır. Bu tanıma rağmen, protein analizleri genellikle ham protein olarak yapılır. Arpada standart laboratuvar prosedürlerince belirlenen ham protein değerinin %80-85'i gerçek proteinden yani L-amino asitlerden gelen azot tarafından oluşturulur. Diğer tahıllarda da olduğu gibi arpadaki ortalama protein miktarı ve protein kalitesi kırmızı et, beyaz et ya da diğer süt ürünleri ile kıyaslandığında son derece düşüktür (Newman & Newman, 2008).

Proteinlerinin çeşitliliği, yapısı, kompozisyonu ve miktarı onların besleyicilik kalitesini ve fonksiyonel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Lekhi, 2004). Protein kalitesi, esansiyel amino asitler ile esansiyel olmayan amino asitler arasındaki denge ve miktarsal farkı gösterir. Esansiyel amino asitler insan metabolizmasında sentezlenemez ve mutlaka dışardan alınmalıdır. Hayvan türüne bağlı olarak, temel amino asitler 8-11 arasında değişmektedir. Bunlar; Lisin, İzolösin, Lösin, Fenilalanin, Tirozin, Treonin, Triptofan, Valin, Histidin ve Metyonin'dir. Esansiyel olmayan amino asitler vücutta sentezlenebildiği için dışarıdan diyetle alınması zorunlu değildir (Shewry, 2007). Arpa proteinleri içerisinde toplam 18 L-amino asit önem derecesine göre sıralanmıştır. Lisin ve Treonin hayvan gelişiminin karşılanması açısından sırası ile birinci ve ikinci sıradadır. Metyonin ve Triptofan ise sırasıyla üçüncü ve dördüncü sıradadır. Arpa kavuzunun uzaklaştırılması ile danedeki protein ve amino asit miktarı önemli düzeyde artar (Newman &

Newman, 2008). Çizelge 2.3’de kavuzlu ve kavuzsuz arpanın üç farklı protein düzeyinde bazı amino asitlerinin miktarları verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kavuzlu ve kavuzsuz arpanın üç farklı protein düzeyinde bazı amino asitlerinin miktarı (g/kg, kuru madde üzerinden, Newman & Newman, 2008).

Protein ve	1. Düzey (%16)		2. Düzey (%14)		3. Düzey (%11)	
Amino asit	Kavuzlu	Kavuzsuz	Kavuzlu	Kavuzsuz	Kavuzlu	Kavuzsuz
Protein (Nx6.25)	15,7	16,0	13,2	14,0	11,2	11,7
Histidin	0,27	0,35	0,26	0,28	0,20	0,22
İzolösin	0,544	0,53	0,43	0,46	0,34	0,37
Lösin	1,11	1,16	0,79	0,84	0,67	0,71
Lisin	0,38	0,41	0,41	0,41	0,31	0,34
Metyonin	0,39	0,40	0,20	0,28	0,15	0,17
Fenilalenin	0,83	0,86	0,68	0,73	0,51	0,53
Treonin	0,56	0,55	0,42	0,45	0,38	0,37
Triptofan	Nr	Nr	0,22	0,23	0,14	0,15
Tirozin	0,54	0,55	0,37	0,42	0,32	0,33
Valin	0,75	0,76	0,59	0,63	0,46	0,46

Osborne’ nun (1924) proteinleri çözünürlüklerine göre sınıflandırılması ile ilgili çalışmasında tahıl proteinleri albuminler, globulinler, prolaminler, glutelinler olmak üzere dört gruba ayrılmıştır (Shewry *et al.*, 1995; Qi *et al.*, 2006; Klose & Arendt, 2012; Tatham & Shewry, 2012). Albuminler suda, Globulinler seyreltik tuzlu su çözeltisinde, Prolaminler (Hordein, Gliadin, Sekalin) %60-70’lik etil alkolde çözünürler. Glutelinler yani yapı proteinleri ise diğer

çözücülerle çözünmeden kalan proteinlerdir. Glutelinlerin klasik ekstraksiyonunda seyreltilmiş asit ya da baz kullanılabilir (Shewry *et al.*, 1995; Lekhi, 2004; Mohamed *et al.*, 2007; Yalçın, 2010; Klose & Arendt, 2012; Niemi *et al.*, 2013). Buna göre arpa proteinlerinin çözünürlüklerine göre sınıflandırılması Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Arpa proteinlerinin çözünürlüklerine göre sınıflandırılması (Lekhi, 2004).

Çözücü Madde	Protein Tipi	Danedeği Bulunduğu Yer	Biyolojik Fonksiyonu	Kimyasal Kompozisyonu
Su	Albuminler (Lekozinler)	Alöron, Embriyo	Metabolik olarak aktif (enzimler)	Basit
Seyreltik Tuzlu Su	Globulinler (Edestinler)	Alöron, Embriyo	Metabolik olarak aktif (enzimler)	Basit
%70'lik Etil Alkol	Prolaminler (Hordeinler)	Endosperm	Düşük moleküler ağırlıklı depo proteini	Basit
Seyreltik Asit veya Alkali	Glutelinler	Endosperm	Yüksek moleküler ağırlıklı proteini	Basit

Son yıllarda, ekstraksiyon verimini artırmak için 2-β-merkaptotanol ve % 0.5'lik sodyum dodesil sülfat (SDS) kullanılmaktadır. Bu şekilde arpa protein ekstraksiyonu %94'e kadar çıkarılmıştır (Mohamed *et al.*, 2007).

Genel olarak arpadaki albüminlerin miktarı (toplam proteinin %3-5) düşüktür. Globülinler kayda değer miktarlarda (toplam proteinin %10-20) arpanın

endosperminde meydana gelirler. Arpanın başlıca depo proteini ise %35-55 oranındaki hordein (ayrıca prolaminler olarak adlandırılır) ve %35-45 oranındaki glutelinlerdir (Yalçın, 2010).

Osborne (1924) tarafından arpa ve diğer tahılların depo proteinlerinin (albümin, globülin, prolamin, glutelin) çözünürlük özelliklerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Buna göre klasik fraksiyonlama bir hayli heterojen bulunmuştur. Genotip ve tarımsal uygulamalar ile bu depo proteinlerinin çeşitlilik gösterebildiği belirtilmiştir (Newman and Newman, 2008).

Arpa proteinleri heterojen bir doğaya sahiptir. Osborne'un dört klasik protein fraksiyonları yerine; arpa proteinleri biyolojik fonksiyonlarına göre depo proteinleri ve depo edilemeyen proteinler olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır (Newman & Newman, 2008).

Depo proteinlerinin büyük bir kısmını alkolde çözünen prolaminler, bir kısmını glutelinler, daha az miktarını da globulinler oluşturur. Arpada bulunan prolaminler hordeinler olarak adlandırılır ve endosperm içindeki başlıca depo proteindir ve toplam tahıl proteininin %30-50'sini oluşturmaktadır (Qi *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2011).

Arpa hordeinleri kompleks ve karmaşık polipeptitlerden oluşur. Arpa hordeinleri temelinde amino asit kompozisyonuna ve elektroforetik hareketliliğine göre beş gruba ayrılmıştır: Kükürt bakımından zengin B-Hordeinler (30-50 kDa); Kükürt bakımından fakir C-Hordeinler (55-80 kDa); Sülfürce zengin γ -Hordeinler; Yüksek moleküler ağırlıklı D-Hordeinler (80-90

kDa); Çok düşük moleküler ağırlıklı A- Hordeinlerdir (15 kDa) (Howard *et al.*, 1996; Zhao *et al.*, 2010).

Toplam hordein fraksiyonunun yaklaşık %79-90'nını B-Hordeinler, yaklaşık %10-30'unu C-Hordeinler, yaklaşık %1-2'sini γ -Hordeinler ve yaklaşık %2-4'ünü D-Hordeinler oluşturmaktadır (Shewry & Tatham, 1990; Howard *et al.*, 1996; Molina-Cano *et al.*, 2001; Qi *et al.*, 2006; Yalçın, 2010; Zhao *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2011).

Glutelinler, arpa depo proteinleri içerisinde hordeinden sonra en bol bulunan kısımdır (toplam depo proteininin %35-45). Glutelinlerin amino asit bileşimlerine bakıldığında en yüksek oran ile glutamin (%20.2), daha sonra prolin (%11.2) ve glisin (%8.4) gelmektedir. Buna ilaveten, arpa glutelinleri hidrofobik amino asitler bakımından da zengindir (toplam amino asitlerin yaklaşık %35'i). Bu amino asitlerden prolin, lösin, alanin ve valin en yüksek miktarda bulunanlardır. Arpa glutelini yapısında polar ve polar olmayan amino asitleri dengeli bir seviyede bulundurması sebebiyle çok iyi emülsiyon oluşturma özelliği gösterdiği ifade edilmiştir (Zhao *et al.*, 2011).

Glutelinler ilk başlarda proteinlerin farklı bir grubu olarak düşünülmüş yine de yapısal olarak prolaminlere benzeyen birçok glutelin proteininin olduğu belirlenmiştir (Shewry & Tatham, 1990). Glutelinler hordein ekstraksiyonundan sonra, alkalide çözünebilen protein olarak tanımlanırlar. Fakat hordeinlerden tamamen arındırılmış bir glutelin hazırlamak mümkün değildir, çünkü hordein ve glutelin fraksiyonları oldukça hidrofobiklik gösterirler (Wang *et al.*, 2011). Ayrıca, arpa glutelinleri; albuminler ve

globulinlerden az, prolaminlerden ise daha fazla miktarda lizin (Lys) amino asiti içerir (Newman & Newman, 2008).

Depo edilemeyen proteinler, yani albuminler ve globulinler hücre duvarının yapısal bileşenidir. Örneğin enzimler bu tip metabolik proteinlerdir. Depo edilemeyen proteinler ağırlıklı olarak alöron tabakasında ya da embriyoda bulunmaktadır ve toplam tahıl azotunun %15-30'unu oluşturmaktadır (Newman & Newman, 2008).

Albuminler ve globulinlerin %5-7'sini lizin (Lys) amino asiti oluşturmaktadır. Tam tersine arpadaki hordeinlerde lizin miktarı %1'den daha azdır. Glutelinlerde ise lizin miktarı ikisinin arasındadır. Treonin (Thr) amino asiti de albuminler ve globulinlerde yüksek konsantrasyonda bulunur. Sonuç olarak, lizin ve treonin amino asitleri, depo edilemeyen proteinlerde, depo proteinlerine göre besinsel açıdan daha yeterli düzeydedir (Newman & Newman, 2008).

Arpadaki protein ve amino asit miktarı arpanın genetik çeşitliliğine, yetiştirildiği toprağın kimyasına ve özellikle yetiştirme koşullarına bağlıdır. Yeterli miktarda azot içeren toprak; protein ve amino asit düzeylerini etkileyen önemli bir çevre faktörüdür. Bazı çalışmalar arpadaki protein oranının azotlu gübreleme ile artış gösterdiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda; azotlu gübreleme uygulamasında azot miktarı 50 kg/ha'dan 200 kg/ha'a çıkarıldığında, arpa tohumundaki protein miktarının %64 oranında arttığı tespit edilmiştir (Lekhi, 2004). Ayrıca, azotlu toprakta depo proteinlerinin (özellikle hordeinlerin) miktarında artış görülmüştür (Shewry, 2007; Newman

& Newman, 2008). Genellikle azotlu gübreleme ile glutamik asit (Glu), prolin (Pro), glutamin (Gln) gibi esansiyel olmayan amino asitlerde yüksek seviyede, Lisin (Lys) ve Treonin (Thr) başta olmak üzere esansiyel amino asitlerde ise düşük seviyede artış meydana geldiği belirtilmiştir (Newman & Newman, 2008).

2.2. PROTEİNLERİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Hem bitkisel hem de hayvansal kaynaklı gıda proteinleri, insan beslenmesi için kritik önem taşımaktadır. Bu geleneksel rolü bir tarafa, gıda formülasyonlarında proteinler fonksiyonel özelliklerini sergileyerek, tüketicilerin gıdayı beğenmelerindeki etkinliğini artırır. Gıda proteinleri; gıdaların işlenmesi, depolanması ve tüketimi sırasında performans ve gıdadaki davranışlarını yöneten fizikokimyasal özelliklere sahiptirler. Bu fizikokimyasal özellikler fonksiyonel özellikler olarak isimlendirilmiştir. Bu özellikler, aynı zamanda proteinlerin gıda uygulamalarında katkı maddesi olarak kullanımları için temel sağlamaktadır (Lamsal *et al.*, 2007). Yalçın & Çelik (2006) proteinlerin fonksiyonel özelliklerini, gıdaların hazırlanmasında, işlenmesinde, depolanmasında ve tüketiminde proteinlerin davranışını etkileyen fiziko-kimyasal özellikler olarak tanımlamışlardır. Bu sebeple arpa proteinlerinin gıda sanayinde, endüstriyel proseslerde kullanılmadan önce fonksiyonel özelliklerinin detaylı olarak araştırılması gerekir.

Proteinlerin adsorpsiyon, yapısal, mekanik özellikler gibi ara yüzey davranışları onların fiziksel, kimyasal ve yapısal özelliklerine yani boyut, şekil, amino asit kompozisyonu ve dizisi, yük ve yük dağılımı gibi özelliklerine bağlıdır ve bu özellikler pH, iyonik güç, sıcaklık, kimyasal ve fiziksel protein

modifikasyonları veya enzimatik modifikasyonlar gibi dış faktörlerden etkilendirler (Ruiz-Henestrosa *et al.*, 2009).

Lekhi (2004)'ye göre proteinlerin gıdalarda sergiledikleri fonksiyonel özellikleri Çizelge 2.5'de verilmiştir. Ayrıca, proteinlerin fonksiyonel özelliklerinden bazılarını aşağıda kısaca değinilmiştir.

Çizelge 2.5. Gıdalarda proteinlerin temel fonksiyonel özellikleri (Lekhi,2004).

Fonksiyonel Özellikler	Etki Mekanizması/Şekli	Görüldüğü Sistemleri	Gıda
Çözünürlük	Protein çözünürlüğü	İçecekler	
Su absorpsiyonu ve tutulması	Suyu içirme/Su ile hidrojen bağı kurma	Et, sosisler, ekmekler ve kekler	
Viskozite	Kıvamlaştırma, su bağlama	Çorbalar ve soslar	
Jelasyon	Protein matriksi oluşturma	Et, peynir ve diğer süt ürünleri	
Kohezyon-Adhezyon	Proteinler bağlayıcı/tutucu olarak görev alırlar	Et, sosis, makarna ve fırında pişmiş ürünler	
Esneklik	Glutende hidrofobik bağ oluşumu, jellerde disülfid bağları	Et ve fırıncılık ürünleri	
Emülsiyon	Katı/sıvı yağ emülsiyonlarının oluşumu ve stabilizasyonu	Sosis, sucuk, çorba ve kekler	
Yağ absorpsiyonu	Serbest yağların bağlanması	Et, sosis ve donatlar	
Aroma bağlama	Lezzet bileşenlerinin adsorpsiyonu, içerilmesi ve serbest bırakılması	Taklit et ürünleri, fırınlanmış gıdalar	
Köpük oluşturma	Gaz hücrelerinin etrafında film tabakası oluşturma ve stabilizasyonunun sağlanması	Krem şantiler, kekler, kahve kremaları	

Bitkisel proteinler oldukça düşük maliyetli, kolay üretilebilir ve tüketilebilir özelliktedir. Bu sebeple, bazı kimyasal yüzey aktif maddeler ve stabilizatörlere alternatif olarak kullanılabilirler (Majzoobi *et al.*, 2012). Proteinler, protein izolatları veya protein konsantreleri halinde gıdalarda önemli fonksiyonel özellikleri yerine getirirler ve gıda sanayi için önemli katkı maddeleridir (Mohamed *et al.* 2007). Çözünürlük, emülsiyon, jelasyon, köpük oluşturma, su tutma ve yağ absorplama, adhezyon-kohezyon, aroma maddelerini bağlama proteinlerin gıdalarda sergiledikleri başlıca fonksiyonel özellikleridir (Sekul *et al.*, 1978; Damadoran, 1997; Yalçın *et al.*, 2008; Alu'datt *et al.*, 2012).

2.2.1. Çözünürlük Özelliği

Protein çözünürlüğü, diğer fonksiyonel özellikler ile mutlak ilişkili olan bir fizikokimyasal özelliktir (Krause *et al.*, 2002; Arntfield, 2004). Proteinlerin fonksiyonel özelliklerinden en önemlisi çözünürlüktür. Çünkü çözünürlüğün diğer fonksiyonel özellikler üzerine önemli etkisi bulunmaktadır (Bilgi & Çelik, 2004; Yalçın & Çelik, 2007). Örneğin yüksek çözünürlüğe sahip proteinler emülsiyon ve köpük oluşturma özelliklerini daha mükemmel sergilerler (Ventureira *et al.*, 2012). Bu sebeple yeni protein kaynaklarının geliştirilmesinde ve test edilmesinde üzerinde durulan ilk fonksiyonel özellik protein çözünürlüğüdür (Zayas, 1997; Bilgi & Çelik, 2004). Proteinlerin çözünürlüğü özel koşullar altında çözünür halde olan bir protein ürünü içindeki azot oranı olarak kabul edilir. Çözünürlük, protein örneğinin çözelti içinde çözünen protein miktarını verir. Gıda proteinleri su içinde kısmen veya tamamen çözünmez formda olabilir (Zayas, 1997).

Proteinin amino asit kompozisyonu (polar/ nonpolar veya hidrofilik/ hidrofobik amino asitler) ve sırası, molekül ağırlığı, konformasyonu protein çözünürlüğünü etkiler (Zayas, 1997). Ayrıca, protein çözünürlüğü çevresel faktörlerden etkilenmektedir; bunlar iyonik güç, çözücü özelliği, pH, sıcaklık, işleme koşullarıdır (Mahmoud, 1994; Zayas, 1997).

Protein çözünürlüğünü belirleyici faktörlerden en önemlisi ortam pH'sıdır. Sulu bir ortam içinde protein çözünürlüğünün derecesini protein molekülleri arasındaki elektrostatik ve hidrofobik etkileşimler belirlemektedir. Moleküller arasındaki elektrostatik itme hidrofobik etkileşimden daha yüksek ise çözünürlük artar. Proteinler arasındaki elektrostatik itme hidrofobik etkileşimlerden daha büyük olduğunda, protein çözünürlüğü itici ve çekici moleküller arasındaki hassas denge tarafından etkilenir ve proteinler çözünür forma geçer (Kinsella, 1976). Protein çözünürlüğünün ve protein ekstraksiyon veriminin bazik pH'da, asit pH'ya göre daha fazla olduğu bildirilmiştir. Diğer bir ifadeyle proteinlerin net elektrik yükü (+ veya – yükler) artırılarak çözünürlük ve ekstraksiyon verimi artırılabilir (Zayas, 1997).

Protein çözünürlüğü üzerinde iyonik kuvvetin etki mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır ve muhtemelen çözünme, elektrostatik, düşük tuz konsantrasyonunda çözünme (*salting in*) ve yüksek tuz konsantrasyonunda çökelme (*salting out*) durumlarını kapsar. Klorür iyonları elektrostatik itme ile pozitif yüklü protein gruplarını bağlayarak çözünürlüğünü artırır. Genellikle 0,15 M gibi düşük konsantrasyonda nötr tuz çözeltisi proteinlerin çözünürlüğünü artırırken; 0,5-1,0 M üzerindeki konsantrasyonlarda çözünürlük azalır. Tuz çözeltileri başlangıçta çözünürlüğü artırır (*salting in*

veya çözünme) ve maksimum çözünürlük sonrasında çözünürlük azalmaya başlar (*salting out* veya çökelme). Yüksek tuz konsantrasyonunda tuz iyonları su moleküllerine kuvvetlice bağlanma eğilimi gösterir ve su molekülleri için tuz iyonları ve protein molekülleri arasında bir rekabet başlar. Sonucunda protein ile su etkileşimi gerçekleşemeyeceğinden, protein molekülleri çökelme eğilimi gösterecektir (Zayas, 1997).

Sıcaklık ile protein çözünürlüğündeki değişim, proteinin üç boyutlu yapısındaki değişimin kanıtıdır. Çeşitli proteinlerin çözünürlüğü, ısıtma sıcaklığı ve süresi ile farklı oranlarda azalır. Proteinin üç boyutlu yapısındaki değişim farklı ve karmaşık protein koagülasyonları (çökelme) ile sonuçlanır. Isıl işlem sonrasında meydana gelen protein çökmesinin mekanizmasını anlamak ve üzerinde çalışmak zordur, çünkü bu işlem geri dönüşümsüzdür. Çözünürlük üzerinde nemli ısı, kuru ısıya göre daha karmaşık etkiye sahiptir. Burada pH değeri ve iyonik kuvvet de önemli etkide bulunur. Sulu ortamda birçok proteinin moleküler yapısı sıcaklık değişimine duyarlıdır. Protein çözünürlüğü, sıcaklık derecesinin 50°C'ye kadar yükselmesi ile etkilenir, 50°C'den yüksek sıcaklıklarda protein çözünürlüğü doğal proteinlerden daha az olmaktadır. Isıl işlem ve protein denaturasyonu sonucunda protein çözünürlüğü belirgin ve geri dönüşümsüz bir şekilde azalmaktadır (Zayas, 1997).

Protein çözünürlüğü, kısmen ya da tamamen proteini çözünür hale getirme işlem koşullarını yansıtmaktadır. İşlem koşulları örneğin ekstraksiyon pH'sı, presipitasyon (çöktürme) ve kurutma öncesi nötralizasyon işlemleri protein çözünürlüğünü etkilemektedir. Protein içeren ürünlerin protein çözünürlüğü,

protein moleküllerinin fizikokimyasal durumuna bağlıdır. Ekstraksiyon sırasında uygulanan olumlu veya olumsuz koşullar özellikle ısı, mekanik muamele (emülsiyon, öğütme, ufalama) ve kurutma işlemleri protein çözünürlüğünü etkiler. Protein çözünürlüğü, ayrıca, karıştırma veya çalkalama hızının derecesinden de etkilenir (Zayas, 1997).

Çözünürlük, proteinlerin sıvı gıdalarda ve içeceklerde kullanımını belirleyen en temel fonksiyonel özelliktir. Örneğin asidik, alkolsüz içeceklerin stabilizasyonu için çözünür proteinlere ihtiyaç vardır. Bu ürünlerde yüksek çözünürlüğe sahip proteinlerin kullanımı daha uygundur (Krause *et al.*, 2002).

2.2.2. Emülsiyon Özelliği

Emülsiyon, termodinamik açıdan birbiri ile karışmayan iki sıvının, dışardan enerji uygulayarak birinin diğeri içine küçük damlacıklar halinde dağıtılması olarak tanımlanır. Emülsiyon oluşturma işlemi, birçok hazır gıdanın üretiminde kaliteyi belirleyen önemli bir işlem basamağıdır (Fellows, 2000). Genellikle emülsiyon, yağ globüllerinin heterojen karışımını temsil eder. Gıda emülsiyonları su içinde yağ (oil in water veya o/w) veya yağ içinde su (water in oil veya w/o) tipinde olabilir. Su içinde yağ tipi emülsiyonlarda sulu ortam sürekli faz iken, yağ damlacıkları dağılmış fazdır. Mayonez dâhil olmak üzere çoğu gıda emülsiyonları bu kategoride yer alır. Yağ içinde su tipi emülsiyonlarda ise yağ sürekli faz iken su damlacıkları dağılmış fazdır. Bu tip emülsiyona margarin iyi bir örnektir. Her iki durumda da, dağılmış faz mikron veya daha düşük boyutlu parçacıklar ya da damlacıklar halinde dağılmıştır. Bu nedenle bu sistemler genellikle kolloidal dispersiyonlar olarak adlandırılır (Damodaran, 2005).

Emülsiyon yapımı birçok formüle gıdanın üretiminde en önemli işlemlerden biridir. Gıda emülsiyonları 0,2-50 µm arasında yağ damlacık boyutu ile makro-emülsiyonlar olarak tanımlanırlar (Zayas, 1997).

Emülsiyon özelliği, emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi olarak iki parametre tarafından karakterize edilmektedir (Yalçın, 2004).

Emülsiyon sıvı, yarı-katı ya da katı olabilir. Emülsiyonda iki fazın dağıtılması için kullanılan enerji düzeyi, disperse edilmiş fazın birleşmesini önlemek içinde gereklidir. Bu enerji düzeyi emülgatörler (yüzey aktif maddeler) tarafından sağlanmaktadır ve proteinler makro moleküler yüzey aktif maddelerdir. Proteinler iki fazın ayrılarak krema oluşturmalarını geciktirirler ve proteinler tarafından stabilize edilen emülsiyonlar uzun süre ayrılmadan kalır. Emülsiyonlar yarı kararlı sistemlerdir ve emülsiyon stabilitesini bozan faktörler: kremaj ya da krema oluşumu (*creaming*), topaklanma (*flocculation*), küçük yağ globüllerinin büyükler ile bütünleşerek daha büyük yağ globüllerini meydana getirmesi (*coalescence*) ve fazların geri ayrışmasıdır (*reverse phase separation*) (Kilara & Vaghela, 2004).

Kremalaşma, bir emülsiyon içinde yağ damlacıklarının yerçekimine karşı hareket etmesidir. Bu esas olarak, dağılmış faz ve sürekli faz arasındaki yoğunluk farkı ile ilişkilidir. Küçük damlacıklar şeklinde su içinde yağ dispersiyonu enerji yoğunluklu bir işlemdir. Kremalaşma, esas olarak geri dönüşlü bir süreçtir. Flokülasyon veya bütünleşme zamanına kadar kremada, damlacıkları, damlacıklar arasındaki ince bir sıvı film ayrı tutar. Damlacıklar hafif bir sallama ile sürekli faz içinde dağıtılabilmektedir (Damodaran, 2005).

Flokülasyon parçacıklar arası bir çekim kuvveti ile yağ damlacıklarının gevşek olarak birleştirilmesi anlamına gelir (Damodaran, 2005).

Yağ damlacıklarının bütünleşmesi (*coalescence*), tek bir büyük damlacık oluşturulması için iki ya da daha fazla küçük yağ damlacığının birleşerek bütünleşmesine karşılık gelir. Bütünleşmenin meydana gelmesi için, damlacıkların uzun bir süre boyunca yakın durması gerekir. Bu durum, kremalaşma veya flokülasyon tipi emülsiyonlarda meydana gelir. Bütünleşme geri dönüşü olmayan bir süreçtir. Bu, konsantre bir emülsiyonda ya da bir krem içinde dağılmış yağ damlacıklarını ayıran sürekli faz içinde, ince sıvı filmin yırtılmasını içerir (Damodaran, 2005).

Proteinin emülsiyon oluşturma aktivitesi, proteinlerin emülsiyon oluşumuna katılma ve yeni oluşturulan emülsiyonu stabilize etme yeteneğidir. Emülsiyon oluşturma kapasitesi, protein çözeltisinin veya süspansiyonunun yağı emülsiyon haline getirme yeteneğidir. Proteinlerin birçok gıda emülsiyonları içinde önemli rolü vardır (Zayas, 1974). Mayonez, krema, sos, salam, kek karışımı, salata sosları, tatlılar, dondurma, çeşitli içecekler ve et ürünleri gibi çok sayıda gıda emülsiyon ve köpük tip gıdalara örnek verilebilir. Bu sistemlerde proteinler, karbonhidratlar ve lipidlerle (lipidler, fosfolipidler, lesitin, monogliseridler) beraber önemli stabilizatörlerdir (Zayas, 1997; Zorba *et al.*, 1998; Damodaran, 2005; Ventureira *et al.*, 2010).

Hem hidrofilik hem de hidrofobik bölgelere sahip proteinler, sistemin termodinamik açıdan daha kararlı halde olduğu yağ-su ara yüzeyinde adsorbe edilirler. Proteinler ara yüzey üzerinde uzun süre korunabilecek

emülsiyon film oluştururlar. Bu filmin özellikleri proteinin yapısına bağlıdır ve farklı işlemler ile değişebilir. , protein özellikleri iyonik kuvvet ve pH gibi çevresel koşullara karşı duyarlıdır (Ventureira *et al.*, 2010).

İyonik kuvvet de proteinlerin emülsiyon stabilitesi ve kapasitesini etkileyen diğer bir çevresel faktördür (Zayas, 1997).

Bazı proteinler (yumurta akı ve jelatin) optimal emülsiyon özelliğini izoelektrik noktada gösterirler. Bazıları ise izoelektrik noktalarından uzak pH değerlerinde daha iyi performans gösterirler, örneğin arpa, soya fasulyesi, yerfıştığı proteinleri verilebilir. pH, dolaylı olarak çözünürlük, konformasyon ve yüzey özelliklerini etkileyerek proteinlerin emülsiyon kapasitesini etkilerler. Çeşitli proteinlerin pH-emülsiyon kapasitesi/stabilitesi ve pH-protein znrlğı grafiği benzerlik göstermektedir. Ortam pH'sındaki değişme ara yüzeydeki protein filminin bütünlüğünü ve ara yüzey reolojisini kontrol eden protein yükü ve elektrostatik etkileşimleri etkiler (Philips *et al.*, 1994).

Emülsiyon oluşumunda diğer bir kritik faktör sıcaklıktır, sıcaklığın kontrollü olarak artışı ara yüzeydeki stabilizatörün adsorpsiyonunu artırır. Proteinlerin yüzey aktivitesi denatürasyon sonucu artabilir. Proteinlerin emülsifiye edici özelliklerinin ısı denatürasyon ile geliştiği bildirilmiştir. Artan yüzey hidrofobisitesi ile emülsiyon özellikleri doğrusal şekilde ilişkilendirilmiştir. Isıl uygulama ile proteinlerin viskozitesi artarak emülsiyon özelliklerinde iyileşme görülmüştür. Isıl işlem görmüş protein çözeltisinde protein denatürasyonu görülür ve sürekli fazın viskozitesini artırarak jelleşmeye sebep olabilir (Zayas, 1997).

Proteinin stabil emülsiyon oluşturma özelliğini etkileyen diğer faktörlerden biri protein çözeltisinin bileşimidir. Gıda proteinleri genellikle çeşitli proteinlerin karışımlarını içerirler. Emülsifikasyon işlemi sırasında, karışımdaki protein bileşenleri ara yüzeyde adsorbe olabilmek için birbirleriyle rekabet ederler. Ara yüzeyde oluşan protein filmin bileşimi, karışımı oluşturan protein bileşenlerinin bağıl yüzey aktivitelerine bağlıdır (Damodaran, 2005). Rekabetçi adsorpsiyon (*competitive adsorption*) prensibine göre yüzey aktivitesi yüksek protein, yüzey aktivitesi düşük bileşen ile konsantrasyona bağlı olarak yer değiştirerek ara yüzeyde daha büyük bir alanı kaplayabilmektedir (Philips *et al.*, 1994).

Proteinlerin ve polipeptidlerin özellikle boyut, yük, moleküler esneklik ve yüzey hidrofobikliği, polar grupların hidrasyonu gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri emülsiyon özelliklerini etkiler. Kararlı emülsiyonlar oluşturabilecek proteinin suda çözünür olması, ara yüzeye hızlı şekilde adsorpsiyon yeteneğine sahip olması, homojen yük yoğunluğuna ve kuvvetli film oluşturma yeteneğine sahip olması gerekir. Misel yapılı kazein ve peynir altı suyu proteinleri yukarıda sıralanan özelliklere sahip olduğu için kararlı emülsiyonlar oluşturmak için kullanılabilir (Zayas, 1997).

Faz ayrılması, emülsiyon ve köpük sistemlerde önemli bir problemdir. Çünkü sıvı emülsiyonlarda büyük bir moleküler hareketlilik vardır. Dondurma, salata sosları, süt esaslı bebek formülleri, geriatrik (yaşlı) gıdalar ve benzeri gıda ürünlerinde, depolama esnasında disperse olan partikül stabilitesinin bozulmaması ve gıdanın tüketiminde kabul edilebilirliği olumsuz etkilememesi gerekir (Damodaran, 2005).

2.2.3. Jel Oluşturma zelliği

Jel, hem sıvı hem de katı gibi davranan ara bir faz olarak tanımlanabilir. Doğru koşullar altında polimer-polimer ve polimer-su etkileşimleri sonucu oluşan denge jeli ağ yapıların oluşumu ile sonuçlanır. Jeller, su ve ağ içindeki diğer besleyici öğeleri büyük miktarda tutma kapasitesine sahip bulunmaktadır. Jel oluşumu işlemi iki adımda gerçekleşmektedir. İlk adım proteinlerin denatürasyonunu kapsamaktadır. İkinci adım bir araya gelme ve ağ oluşumuna yol açan denatüre moleküllerin yeniden düzenlenmesidir (Kilara & Vaghela, 2004).

Gıda proteinlerinin jel oluşturma kapasitesi, gıda sanayisi için önemli bir fonksiyonel özelliktir. Bu sebeple birçok gıdanın hazırlanmasında jel oluşumu önemli rol oynar (Zayas, 1997). Bu gıdalara örnek olarak fırıncılık ürünleri, işlenmiş et ürünleri, surimi, tatlı, ve ekşi krema uygulamaları verilebilir (Kilara & Vaghela, 2004).

Jelleşme ile gıdanın katılaşma özellikleri artırılır, gıdanın viskoelastik özelliklerinde artış, bununla birlikte viskozite, yapışkanlık özelliklerinde artış ve su tutma kabiliyetinde iyileşme sağlanır (Zayas, 1997).

Proteinlerin jel oluşturma özellikleri, gıdanın tekstürel özelliklerini belirleyen önemli bir fizikokimyasal özelliktir. Jelasyon ısıl işlemle gerçekleştirilebilir fakat ısıl işlem genellikle bazı besinsel özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir. Isıl işlem ile proteinlerdeki zayıf bağ etkileşimleri teşvik edilerek jel oluşumu sağlanır (Gençcelep, 2008).

Tahıllar içerisinde, arpa depo proteinlerinden jel oluşturanlar yüksek moleküler ağırlıklı (95 kDa) D- Hordeinler ve düşük moleküler ağırlıklı (40 kDa) B-Hordeinlerdir (Pöyri *et al.*, 2002).

2.2.4. Köpük Oluşturma Özelliği

Köpükler sıvı içinde gaz (g/s) dispersiyonları ya da katı materyal içinde gaz (g/k) olarak tanımlanırlar. Basit haliyle, köpük, dağılmış gaz kabarcıklarının sürekli bir fazla çevrelenmesi ile oluşmaktadır (Kilara & Vaghela, 2004).

Köpük sistemler, beze (G / S) ve ekmek (G / K) gibi birçok gıdanın tekstürünü oluştururlar. Köpük sistemlerde proteinler, hem sürekli faz hem de hava/su ara yüzeyinde bulunmaktadır. Düşük moleküler ağırlıklı yüzey aktif maddeler ara yüzeyde adsorbe olmuş proteinler ile etkileşime girerek ara yüzey filmi oluşturabilme yeteneğine sahiptirler fakat burada proteinler kolaylıkla ayırt edilirler. Bu şekilde bir ara yüzey filminin kalınlık, gaz geçirgenliği, kesme (shear) viskoelastikliği, genleşme viskoelastikliği gibi özellikleri vardır (Foegeding & Davis, 2011).

Proteinlerin köpürme özellikleri proteinin kaynağı, proteinin elde edilme yöntemi, ekstraksiyon sıcaklığı ve pH'sı, protein konsantrasyonu, köpük oluşturma yöntemi ve kullanılan gazdan etkilenir (Yalçın *et al.*, 2008).

Değişen yoğunluklardaki gıda köpükleri kremşanti, dondurma, unlu mamuller (ekmek, kek, bisküvi, pandispanya), içecekler (bira, siyah bira, şampanya, alkolsüz içecekler), tatlılar (sufle, fondan, dondurulmuş krema, hazır puding), şekerlemeler (koz helvası, lokuma benzer şekerlemeler, beze), sosis, tereyağı, peynir gibi havalandırılmış birçok gıdada arzu edilen yapıyı

sağlamak için oluşturulmaktadır (Owusu-Apenten, 2004; Rodriguez Patino *et al.*, 2007; Ruiz-Henestrosa *et al.*, 2009).

Yukarıda bahsedilen ürünlerin tüketici tarafından kaliteli kabul edilebilmesi ürünlerin görünüşü ile tamamen doğru orantılıdır. Yani ürünün görünüşünün kararlı olması tüketici tarafından beklenmektedir. İyi bir köpük için köpük oluşturma ve stabilizasyon mekanizmasının iyi bilinmesi gereklidir (Rodriguez Patino *et al.*, 2007). Köpükler termodinamik açıdan kararsızdır ve onların bağıl stabiliteleri drenaj, disproporsinasyon (*disproportionation*: küçük gaz kabarcıklarının büyük kabarcıklarına doğru hareketi), koalesens (*coalescence*: protein ara yüzey filminin yırtılması ile iki kabarcık arasındaki sürekli fazın drenajı sonucu kabarcıkların birleşmesi), flokülasyon (*flocculation*: ara yüzey filminde yırtılma olmadan gaz kabarcıkları arasında meydana gelen yüzey etkileşimi) ve kremaj (*creaming*: gaz kabarcıklarının sürekli faz ve gaz arasındaki büyük yoğunluk farkından dolayı hızlı bir şekilde yükselmesi ve gaz kabarcıklarının genişleme eğilimi) gibi stabilizeyi olumsuz etkileyen etmenler tarafından bozulur (Damodaran, 2005, Rodriguez Patino *et al.*, 2007; Ruiz-Henestrosa *et al.*, 2009; Foegeding & Davis, 2011).

Köpük oluşumunda, hava-su ara yüzeyine köpük ajanının hızlı şekilde adsorpsiyonu gereklidir. Böylece ara yüzey gerilimi (surface tension) hızlı bir şekilde düşürülür. Bu tür bir köpük stabilizasyonu için ara yüzeyde moleküller arası etkileşimler ile stabil bir viskoelastik filmin oluşması gerekmektedir. Yüzey aktif moleküllerin kimyasal ve fiziksel özellikleri, dağılmış halde bulunan hava kabarcıklarının kolloidal stabilitesinin sağlanması için önemlidir (Rodriguez Patino *et al.*, 2007; Martinez *et al.*, 2009).

Köpük; ince, sürekli bir sıvı tabaka ile birbirinden ayrılmış hava hücrelerinden oluşan iki fazlı bir sistem olarak tanımlanabilir. Gıda köpükleri genellikle gaz, sıvı, katı ve yüzey aktif maddelerin bir karışımı olmak üzere çok karmaşık sistemlerdir. Köpük içindeki hava kabarcıklarının büyüklüğünün dağılımı köpük ürünün görünümünü ve tekstürel özelliklerini etkiler (Zayas, 1997).

Küçük hava kabarcıklarının düzgün dağılımı ile köpükler gıdaya gövde, pürüzsüzlük ve hafiflik verirler. Köpük sistemlerin stabilitesini sağlayan proteinler, ince hava hücrelerinin homojen dağılımına katkıda bulunurlar. Gıdada bulunan hava kabarcıkları aroma maddelerinin buharlaşmasını sağlayarak gıdaların lezzetini geliştirirler (Zayas, 1997).

En yaygın olarak kullanılan protein temelli köpük ajanları yumurta akı, jelatinler, kazein, diğer süt proteinleri, soya proteinleri ve glutendir. Proteinlerin köpürme özellikleri önemli ölçüde değişkendir; örneğin, saflaştırılmış ovalbumin zayıf, serum albümini ise mükemmel bir köpük ajanıdır. Protein yapısındaki köpük ajanları aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır: i. Düşük konsantrasyonlarda hızlı ve etkin köpük oluşturmali ve stabilize etmelidir, ii. Çeşitli pH aralığındaki gıdalarda etkin bir köpük oluşturma eğilimi göstermelidir, iii. Yağ, alkol, lezzet verici maddeler gibi köpük önleyiciler ile aynı ortam içinde iken yine etkin bir köpük maddesi olarak hareket etmelidir (Zayas, 1997).

Protein temelli köpük oluşumu üç aşamada incelenebilir: İlk aşamada çözünür globuler proteinler hava / su ara yüzeyine adsorbe olarak tutunurlar, konsantre olurlar ve yüzey gerilimini azaltırlar. İkinci olarak, proteinlerin polar

kısımları su fazına, apolar kısımları ise hava fazına doğru yönelerek ara yüzeyde yayılırlar. Üçüncü olarak, polipeptidler olası kısmi denatürasyon ve koagülasyon olayları ile ara yüzeyde viskoelastik film oluşturmak üzere etkileşime girerler. Proteinler hızlı bir şekilde ara yüzeyde adsorbe edilirler ve köpük oluşumuna katılan hava kabarcıklarının çevresinde stabilize edici bir yüzey oluştururlar (Zayas, 1997).

Köpük, sürekli bir faz içinde dağılmış hava kabarcıklarının ince bir film tabaka (lamellae) ile ayrılarak belirli bir düzen içinde bulunmalarıdır. Su temelli bir köpükte, bitişik hava kabarcıkları, çözünmüş solütler veya partiküllerden (şekerler, yağ damlacıkları, buz kristalleri, düşük molekül ağırlıklı emülsifiye ediciler, jelleşmeyen kıvamlaştırıcılar, nişasta ve/veya protein) oluşan saat camı şeklindeki bir film tabakası ile ayrılırlar (Owusu-Apenten, 2004).

Proteinlerin köpük özellikleri köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi olarak ifade edilmektedir. Köpük kapasitesi, köpük sistemde içerilen gaz fazın hacmidir. Yüksek köpük kapasitesi için gaz-su ara yüzeyinde hızla adsorbe olabilecek proteinlere ihtiyaç vardır. Köpük stabilitesi ise sıvı fazın köpük içinde muhafaza edilebilme derecesidir ve bunun için hava kabarcıklarını hapsedebilen kohezif (yapışkan) protein filmine ihtiyaç vardır (Owusu-Apenten, 2004; Yalçın *et al.*, 2008).

Proteinlerin köpük oluşturma özellikleri çeşitli gıdalarda kalite özelliklerini etkilemektedir. Proteinlerin stabil köpük oluşturma özelliklerinden gıda sanayinde ekmek, kek, çırpılmış krema, dondurma ve bira gibi ürünlerde yararlanılmaktadır. Köpük, hava hücrelerinin ince ve sürekli bir sıvı faz ile

ayrıldığı iki fazlı bir sistemdir. Köpükteki gaz kabarcıklarının boyut dağılımı ürünün görünümünü ve dokusal özelliklerini etkiler. Küçük hava kabarcıklarının homojen dağılımı ürüne pürüzsüzlük sağlar. Köpük oluşturma özelliğine sahip proteinlerin, düşük konsantrasyonlarda ve farklı pH aralıklarında hızlı ve etkili olarak köpük oluşturabilme yeteneğine sahip olması istenir. Ayrıca, yağ, alkol ve aroma bileşenleri gibi köpük inhibitörlerinin mevcut olduğu ortamlarda da etkin olabilmelidirler (İbanoğlu & Karataş, 2001).

2.3. GIDA PROTEİNLERİN ENZİM HİDROLİZİ İLE MODİFİKASYONU

Doğal yapıdaki birçok protein belirli bir fonksiyonel özelliğe sahiptir, ancak bu özelliklerin genellikle gıdanın işlenmesi sırasında kaybolduğu belirtilmiştir (Adler-Nissen, 1977). Kimyasal, fiziksel ve enzimatik modifikasyonlar proteinlerin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için proteinlerin doğal üç boyutlu yapılarına uygulanan başlıca yöntemlerdir (Sekul *et al.*, 1978; İbanoğlu & Karataş, 2001; Rodriguez Patino *et al.*, 2007; Ventureira *et al.*, 2010; Ventureira *et al.*, 2012; Du *et al.*, 2013). Son yıllarda, fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için gıda proteinlerinin enzimatik hidrolizi çok dikkat çekmiştir. Elde edilen protein hidrolizatının, genellikle orijinal proteinler ile karşılaştırıldığında daha üstün fiziksel, kimyasal, besleyici ve fonksiyonel özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Mohamed *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2008; Yalçın *et al.*, 2008; Ventureira *et al.*, 2010). Bitkisel proteinlerin fonksiyonel özellikleri genellikle hayvansal kaynaklı proteinlerden daha düşük olduğu için özellikle bu proteinlerin enzimatik modifikasyonu önerilmiştir (Wang *et al.*, 2008).

Proteinlerin enzim hidrolizi ile köpük, emülsiyon, jelasyon ve çözünürlük gibi teknolojik özelliklerde önemli değişikliklerin olduğu bildirilmiştir. Genel olarak gıda proteinleri birçok sebepten dolayı hidroliz edilebilir. Besleyici değeri ve fonksiyonel özellikleri geliştirmek, toksik ya da anti-besinsel bileşenlerin uzaklaştırılması, tekstürel özelliklerden tat ve kokunun geliştirilmesidir. Enzim hidrolizi uygulanan en yaygın protein kaynakları kazein, whey proteinleri ve soya proteinleri olarak bildirilmiştir (Hrckova *et al.*, 2002).

Proteinlerin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için çeşitli kimyasal modifikasyonlar önerilmiştir, bunlardan asit (süksinilleme) yada hafif alkali hidrolizi başlıcalarıdır (Adler-Nissen, 1977; Sekul *et al.*, 1978). Bununla birlikte, bu kimyasal yöntemlerin çeşitli sakıncaları bulunmaktadır. Esansiyel amino asitlerin bloke olması yada parçalanması ile sonuçlanan besin kalitesindeki kayıplar bu duruma örnek olarak verilebilir. Bitkisel proteinlerin besinsel kalitesindeki bu azalma hayvansal protein kaynaklarına alternatif olarak kullanımlarını engellemektedir (Adler-Nissen, 1977). Ek olarak, proteinlerin asit veya baz ile hidrolizi sonucunda son ürünün nötralizasyonu gerekmektedir. Nötralizasyon, tuz konsantrasyonunun artmasına sebep olduğundan son üründe istenmemektedir (Sekul *et al.*, 1978).

Enzimatik modifikasyonlar biyolojik sistemlerde ılıman koşullar altında meydana getirilir. Burada amaç proteinin seçici hidrolizidir. Hidroliz, proteindeki belirli peptit bağları kırmak için seçilen proteolitik enzimlerin aktivasyonu ile başlar. Proteoliz sonucu üretilen peptitlerin moleküler ağırlığı daha küçüktür ve proteinin doğal halinden daha az ikincil yapıları gösterir. Bununla beraber bu peptitlerin, izoelektrik noktaya yakın pH

değerlerinde daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu bildirilmiştir (Yalçın & Çelik, 2007; Puppo *et al.*, 2008).

Gıda sanayii için protein hidrolizatları üretimi sırasında acı peptitlerin oluşumu temel sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Acı peptitlerin bazı istenmeyen yan reaksiyonlar sonucu oluştuğu bildirilmiştir. Örneğin kontrolsüz koşullar altında yapılan enzim hidrolizi sonucu bu tür peptitler meydana gelebilir (Adler-Nissen, 1977; Sekul *et al.*, 1978). Bir proteinin hidrofobik amino asit içeriği daha yüksek olduğunda acı tada sahip hidrolizat oluşturma eğilimi daha fazladır. Hidroliz uygulamasında belirli bir enzim kullanımının oluşacak acılık seviyesinde etkiye sahip olduğu görülmüştür, ancak protein daha önemli bir belirleyici faktördür. Genel olarak bu problem süt proteinleri ve soya proteinlerinin enzim hidrolizi sırasında görülmektedir (Adler-Nissen, 1977).

Sonuçta protein hidrolizatı besin değerini korumaktadır ve bu sebeple birçok araştırmacı enzimatik hidrolizasyonun gıda proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmede uygun bir yöntem olduğunu ifade etmiştir (Adler-Nissen, 1977; Zayas, 1997). Enzim hidrolizi metodu yaygın olarak kullanılmaktadır. Puppo *et al.*, (2008) birçok bitki protein izolat ve hidrolizatının farklı fonksiyonel özellikler sergileyen yüksek kaliteli katkı maddesi olarak önerildiğini bildirmiştir.

Enzimatik hidroliz için genellikle farklı proteolitik enzimler kullanılmaktadır. Bunlar; pepsin, tripsin, fisin, papain, bromelain, subtilisin (*AlcalaseTM*), bakteriyel ve fungal proteazlardır. Farklı proteazların modifikasyonlardaki farklı davranışları substratları üzerindeki spesifik peptit bağlarını hidroliz

etmelerinden kaynaklanmaktadır (Bernardi Don *et al.*, 1991). Enzimatik hidroliz ile protein molekülü içinde gömülü hidrofobik bölgeler sulu faza doğru yönelerek molekülde önemli yapısal düzenlemeler teşvik edilir. Hidrolizatlar bu sebeple doğal proteinlerden çok farklı olabilir ve yeni besinsel, fonksiyonel veya biyolojik özelliklere sahip olabilirler. Enzim hidrolizatları böylece gıda sanayi, kimya ve eczacılıkta kullanılabilirler (Kong *et al.*, 2007).

Kilara & Vaghela (2004) proteinlerin moleküler özelliklerini değiştirmek için endopeptidazlar ile hidrolize edilebileceğini bildirmiştir. Endopeptidazlar bir proteinin primer dizisi içindeki peptit bağlarını ayırır ve zayıf iki ya da daha çok peptidi açığa çıkarırlar. Proteinlerin kısmi hidrolizi ile üretilen peptitler, daha küçük moleküler büyüklüğe ve doğal proteinden daha az sekonder yapıya sahiptirler. Ayrıca, iyonlaşabilir grupların artışı ve hidrofobik grupların açığa çıkmasına yol açar. Bunlara bağlı olarak fonksiyonel özelliklerde meydana gelen değişiklikler de enzim hidrolizinin doğrudan sonucudur. Proteinlerin enzimatik hidrolizi enzim spesifikliğı, protein substratının denatürasyon derecesi, enzim konsantrasyonu, pH, sıcaklık, iyonik kuvvet ve inhibitörlerin varlığı ya da yokluğundan etkilenmektedir. Bir enzimin spesifikliğı hidrolize peptit bağlarının sayısını ve konumunu belirleyen önemli bir faktördür (Bandyopadhyay & Ghosh, 2002; Kilara & Vaghela, 2004).

Proteinler bağırsak mukozasından hem peptit hem de amino asit formunda emilebilirler. Peptitlerin bağırsak mukozasından taşınma mekanizmaları serbest amino asitlerden farklıdır. Protein hidrolizatı emiliminin, amino asitlerden daha hızlı ve etkin olabileceğı ve önemli fizyolojik avantajlar

sağlayabileceği bildirilmektedir. Bu sebeple protein hidrolizatları özel tıbbi diyetlerde, örneğin düşük emilim yüzeyine sahip ya da sindirim problemi yaşayan hastaların diyetlerinde ve alerjik olmayan gıdaların üretiminde kullanılabilir. Bununla beraber kilo problemi yaşayanlar, yaşlılar, sporcular gibi protein ihtiyacı olan insanların diyetinde de gıda takviyesi olarak kullanılabilirler (Bandyopadhyay & Ghosh, 2002; Netto *et al.*, 1998).

Proteinlerin çözünürlük, emülsiyon ve köpük özellikleri sınırlı enzim hidrolizi ile geliştirilebilir. Fakat proteinlerin aşırı düzeyde hidrolize uğraması sonucu bu fonksiyonel özelliklerde kayıplar oluşmaya başlamaktadır (Bandyopadhyay & Ghosh, 2002). Çünkü aşırı düzeyde protein hidrolizi ile moleküler boyut daha da azalacaktır. Bunun sonucunda polipeptitlerin ara yüzeydeki etkileşim mekanizmasında azalma olacaktır. Böylece, zayıf viskoelastik filmler köpük stabilitesi veya emülsiyon stabilitesinde azalmaya sebep olacaktır. İşte bu yüzden hidrolize proteinlerin köpük stabilitesinin azaldığı ifade edilmiştir. Köpük stabilitesinin artırmanın bir yolu olarak polisakkaritlerin ortama ilavesinin gerekli olabileceği bildirilmiştir (Martinez *et al.*, 2011).

Son zamanlarda, gıda protein hidrolizatlarının doğal antioksidan olarak kullanılabileceği konusu ilgi çekmektedir. Protein hidrolizatlarının reaktif oksijen türlerini inaktive edebileceği, serbest radikalleri süpürebileceği, ön-oksidatif geçiş metalleri ile kelat yapabileceği, hidroperoksitleri azaltabileceği, enzimatik olarak spesifik oksidantları yok edebileceği ve fiziksel bir bariyer görevi üstlenerek gıda katkı maddelerini reaktif türlerden ayırabileceği ifade edilmiştir (Marambe *et al.*, 2008; Bamdad *et al.*, 2011). Bamdad *et al.*

(2011)'in yapmış olduğu bir çalışmasında, orta ve büyük moleküler ağırlıklı hordein hidrolizatlarının önemli antioksidan aktiviteye sahip olduğu, elde edilen antioksidan peptitlerin gıda ve ntrosotik amaçlı kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Protein hidrolizatları yaygın olarak besin takviyesi, fonksiyonel katkı maddesi, gıdalarda lezzet geliştirici, kahve yumuşatıcısı, kozmetik, kişisel bakım ürünü ve şekerleme ürünlerinde, alkolsüz içecek ve meyve sularının desteklenmesinde kullanılmaktadır. Ek olarak, protein hidrolizatlarının çorba, sos, et suyu, çerez, et ürünleri ve diğer lezzet uygulamalarında da kullanıldığı ifade edilmiştir (Bandyopadhyay & Ghosh, 2002).

BÖLÜM 3

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu araştırmada, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden (Yenimahalle, Ankara) temin edilen yazlık arpa bölge verim denemesinde bulunan, çeşit olmaya aday, protein miktarı ve verimi yüksek 738 nolu kavuzsuz arpa hattı kullanılmıştır. Kavuzsuz arpa %14.5 nem esasına göre tavlandıktan sonra altı pasajlı otomatik laboratuvar tip Bühler AG (Uzwil, İsviçre) valsli değirmende kepeğinden ayrılarak öğütülmüştür. Öğütmede değirmene verilen örnek akış hızı 75 g/dak olarak ayarlanmıştır. Öğütme sırasında kırma ve öğütme ununa kepek fırçasından geçen kaba ve ince kepek unları da eklenerek randıman artırılmıştır. Elde edilen kavuzsuz arpa unu +4 °C'de saklanmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Kavuzsuz arpa unundan ham yağın uzaklaştırılması

Ham-yag uzaklaştırma işlemi; kavuzsuz arpa unu:hegzan karışımının (1:5 oranında) oda sıcaklığında 3 saat magnetik karıştırıcıda karıştırılması ve daha sonra karışımın oda sıcaklığında 1 saat bekletilerek un partiküllerinin çökmesinin beklenmesi, üstte kalan hegzanın yavaşça uzaklaştırılması ve

ıslak arpa ununun 24 saat havadar ortamda kurutulması ile yapılmıştır. Daha sonra yağsız, kavuzsuz arpa unu +4°C’de saklanmıştır.

3.2.2. Kimyasal yöntemler

Kavuzsuz arpa unu, yağsız kavuzsuz arpa unu, kavuzsuz arpa protein konsantratları ve protein hidrolizatlarının nem, protein ve ham yağ miktarları aşağıdaki metotlara göre belirlenmiştir:

Nem miktarı tayini

Nem miktarı, AACC Metot No. 44-15 (AACC, 2000)’e göre belirlenmiştir.

Protein miktarı tayini

Protein miktarı, AACC Metot No. 46-12 (AACC, 2000)’ye göre belirlenmiştir.

Ham yağ miktarı tayini

Ham yağ miktarı, AACC Metot No. 30-25 (AACC, 2000)’ e göre belirlenmiştir.

3.2.3. Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin (KAPK) üretimi

Araştırmamızda ham yağı uzaklaştırılmış kavuzsuz arpa unundan farklı ekstraksiyon yöntemleri izlenilerek iki farklı protein konsantresi (KAPK-1 ve KAPK-2) üretilmiştir.

KAPK-1’in elde edilmesinde Wu *et al.* (1979), Aluko *et al.* (2001) ve Chandi & Sogi (2007) tarafından geliştirilen metodlar modifiye edilerek kullanılmıştır. Buna göre, 50 gr yağsız kavuzsuz arpa unu karışım oranı 1:10 olacak şekilde 500 ml 0.15 M NaCl ile karıştırılmış ve karışımın pH’sı 9’a ayarlanmıştır. Bu pH’da 2 saat süreyle karıştırılmaya bırakılmıştır. Süre sonunda karışım 9000xg’de 15 dakika santrifüj (Nüve, NF 1200 Model, Ankara) edilerek

süpernatant toplanmıştır. Daha sonra süpernatantın pH'sı 5'e ayarlanarak 30 dakika bu pH'da karıştırılmış ve tekrar 9000xg'de 20 dakika santrüfjü edilmiştir. Santrifjüden sonra çökelti (protein) toplanarak distile suda çözündürölmüş ve pH'sı 7'ye ayarlanarak nötralizasyon işlemi yapılmıştır. Daha sonra proteinler dondurarak kurutma tekniğı (*liyofilizasyon*) ile toz formda elde edilmiştir. Elde edilen protein konsantresi +4°C'deki buzdolabında fonksiyonel özelliklerini çalışmak üzere depolanmıştır.

Yağısız kavuzsuz arpa unundan KAPK-2 protein konsantresinin üretimi ise Wu *et al.* (1979) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre, 50 gr yağsız kavuzsuz arpa unu 1000 ml 0.06 N NaOH ile 1:20 oranında karıştırılarak, karışımın pH'sı 11.2'ye ayarlanmış ve bu pH'da 25 dakika süreyle magnetik karıştırıcıda karıştırmaya bırakılmıştır. Süre sonunda karışım 3300xg'de 15 dakika santrüfjü yapılarak süpernatant toplanmıştır. Daha sonra süpernatantın pH'sı 5.4'e ayarlanarak 15 dakika karıştırılmış ve tekrar 3300xg'de 15 dakika santrüfjü yapılarak çökelen proteinler toplanmıştır. Çöken protein konsantresi üzerine bir miktar distile su ilave edilmiş ve pH'sı 7'ye ayarlanmak suretiyle nötralizasyon işlemi yapılmıştır. Daha sonra proteinler dondurarak kurutma tekniğı (*liyofilizasyon*) ile toz formda elde edilmiştir. Elde edilen protein konsantresi +4°C'de fonksiyonel özelliklerini çalışmak üzere depolanmıştır.

3.2.4. Kavuzsuz arpa protein konsantresinin enzimatik hidrolizi ve hidrolizatların üretimi

KAPK-1 ve KAPK-2'nin sınırlı enzim hidrolizi ile fonksiyonel özelliklerindeki değişimin incelenmesi amacıyla yapılan enzimatik modifikasyon Adler-Nissen (1986) metoduna göre, pH-stat yöntemi izlenilerek, Mettler-Toledo T50 model

otomatik titratör (Schwerzenbach, İsviçre) cihazında gerçekleştirilmiştir. Bunun için protein konsantresi, bakteriyal kaynaklı (*Bacillus licheniformis*) bir proteaz olan *Subtilisin Carlsberg* (Sigma P5380) veya ticari ismi *Alcalase* ile kısmi hidrolize uğratılmıştır. Öncelikle otomatik titratörün dijital ekranından, pH-stat yöntemi için gerekli parametreler girilmiştir. pH-stat yöntemi, enzimatik hidrolizin sabit bir pH noktasında gerçekleştirilerek, parçalanmış peptid bağı sayısı üzerinden istenilen hidrolizasyon derecesinin hesaplanmasını sağlamaktadır (Adler-Nissen, 1986). Proteindeki peptit bağlarının parçalanması ile açığa çıkan serbest H^+ iyonları sayesinde eğilim asidik yöne doğru olacağından, tekrar istenilen pH'ya çekmek için ortama belli konsantrasyonda baz ilave edilmektedir ve ilave edilen baz miktarı otomatik titratör tarafından kaydedilmektedir. Enzimatik hidroliz düzeneği şu kısımlardan meydana gelmektedir: Otomatik titratör (10 ml kapasiteli pompa, karıştırıcı ve dijital göstergeli klavyeden oluşmaktadır), özel kapaklı ve ısı yalıtımlı cam reaksiyon kabı, belli normalitedeki NaOH tankı.

Enzimatik hidroliz için KAPK-1 ve KAPK-2 protein konsantrelerinden kütlece sırasıyla %6,1 ve %6,3 (w/v) olacak şekilde 70 ml protein konsantresi çözeltisi distile suda hazırlanmıştır. Daha sonra reaksiyon kabına ilave edilerek karışımın pH'sı otomatik titratörde 8'e ayarlanmıştır. Otomatik titratörün pH-stat yöntemiyle enzim hidrolizini yapabilmesi için cihaz pH 8'e programlanmıştır. Daha sonra enzim:substrat oranı 1/300 olacak şekilde Alcalase enzimi ortama ilave edilir edilmez cihaz çalıştırılmıştır. Enzimatik hidroliz 50°C'de dijital göstergeli su banyosu kontrolünde yapılmıştır. Reaksiyonda oluşan serbest H^+ iyonlarını titre etmek ve düşen pH'yı tekrar pH

8'e çekmek için ortama gereken miktarda 0.3N NaOH otomatik pompadan ilave edilmiş ve eklenen baz miktarı (ml) cihaz tarafından kaydedilmiştir. İstenen hidrolizasyon derecesine ulaşıldığında cihaz durdurularak, enzim inaktivasyonunun sağlanması amacıyla reaksiyon karışımı bir başka cam kaba alınarak 100 °C'deki kaynar suda 5 dakika bekletilmiştir.

Adler-Nissen (1986)'e göre hidrolizasyon derecesi (%), kırılan veya parçalanan peptit bağlarının sayısı olarak ifade edilmiştir. Eklenen 0.3 N NaOH miktarından enzim hidroliz derecesi (HD,%) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$HD (\%) = \frac{B \times N_b}{\alpha \times M_p \times h_{tot}} \times 100$$

Burada;

h_{tot} = proteindeki toplam peptit bağı sayısı, meqv / g protein

B = harcanan baz miktarı, L

N_b = bazın normalitesi, N

α = α -NH₂ gruplarının ortalama dissosiasyon katsayısı (50 °C'de)

M_p = protein miktarı, (N * 6.25), Kg/L

Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin sınırlı enzimatik hidrolizi sonucunda, %2 ve %5 hidrolizasyon derecesine sahip arpa protein hidrolizatları (APH) üretilmiştir. KAPK-1'den üretilen %2 ve %5 hidroliz dereceli protein hidrolizatları sırasıyla APH-1 ve APH-2 şeklinde, KAPK-2'den üretilen %2 ve %5 hidroliz dereceli protein hidrolizatları ise sırasıyla APH-3 ve APH-4

şeklinde tanımlanmıştır. Hidrolizatlar liyofilize edildikten sonra buzdolabı sıcaklığında (+4 °C) saklanmıştır.

3.2.5. Kavuzsuz arpa protein konsantreleri ve hidrolizatlarının fonksiyonel özellikleri tayin yöntemleri

3.2.5.1. Çözünürlük özelliği tayini

Protein çözünürlüğü temelde Casella & Whitaker (1990) metoduna göre olmakla birlikte Yalçın & Çelik (2007) metoduna göre belirlenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2 örneklerinin protein çözünürlüğü distile suda %0.25, %0.5 ve %1.0 (w/v) protein konsantrasyonlarında belirlenmiştir. Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü üzerine tuz konsantrasyonunun etkisi 0.1 M NaCl ve 0.25M NaCl çözeltilerinde %0.25 (w/v) oranında protein içerecek şekilde hazırlanan süspansiyonlarda çalışılmıştır. Protein hidrolizatlarının (APH-1-4) protein çözünürlüğü, distile suda ve 0.25M NaCl'de %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda incelenmiştir. Buna göre, tüm örneklerin protein çözünürlüğü, pH'nın bir fonksiyonu olarak pH 2-4-6-8-10'da incelenmiştir. Belirlenen konsantrasyonda distile su ve tuz çözeltilerinde hazırlanan örneklerin pH'sı istenilen noktaya ayarlandıktan sonra oda sıcaklığında 1 saat karıştırılmaya bırakılmıştır. Bu süre boyunca seyreltik HCl asit veya seyreltik NaOH eklenerek pH istenilen noktada sabit tutulmuştur. Bir saat sonunda 4000xg'de 10 dk oda sıcaklığında santrifüj edildikten sonra süpernatant Whatman No:1 filtre kağıdından süzölmüştür. Süzöntüdeki protein miktarı Lowry *et al.* (1951)'in metoduna göre UV/VIS spektrofotometrede (Shimadzu, 1700 Model, Japonya) 660 nm'de absorbans değerleri okunduktan sonra protein miktarları saptanmıştır. Distile su ve tuzlu

su ortamlarındaki protein çözünürlüğünün hesaplanmasında kullanılan standart doğrular sığır serum albumin (BSA) (Sigma A7906, St.Louis,USA) ile hazırlanmıştır (Ek A, Ek B ve Ek C). Sonuçlar (%) protein çözünürlüğü olarak aşağıda verildiği şekilde hesaplanmıştır:

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

Burada, örneğin protein miktarı (g) Kjeldahl metodu ile belirlenen toplam protein miktarıdır. Tüm örneklerde protein çözünürlüğü tayini için üç tekrar yapılmıştır.

3.2.5.2. Emülsiyon özellikleri tayini

Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin (KAPK) emülsiyon özelliklerinin tespitinde Ahmedna *et al.* (1999)'un metodu temel alınmakla birlikte Bilgi & Çelik (2004) metodu kullanılmıştır. Bu metotlara göre, emülsiyon kapasitesi (EK) ve emülsiyon stabilitesi (ES) Yasumatsu *et al.* (1972)'nin yöntemi esas alınarak belirlenmiştir. Araştırmada suda yağ (o/w) emülsiyonları çalışılmıştır. KAPK-1 ve KAPK-2 örneklerinin distile suda ve tuzlu sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri pH'nın (pH 2, 4, 6, 8, 10) bir fonksiyonu olarak çalışılmıştır. Buna göre, protein konsantreleri %0.25, %0.5 ve %1.0 (w/v) oranında protein içerecek şekilde distile suda, %0.25 (w/v) oranında protein içerecek şekilde 0.1 M ve 0.25 M NaCl'de hazırlandıktan sonra çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri incelenmiştir. Protein hidrolizatlarının (APH-1-4) ise %0.25 (w/v) oranında protein içerecek şekilde distile su ve 0.25 M NaCl'de hazırlandıktan sonra emülsiyon özellikleri yine

pH'nın (pH 2, 4, 6, 8, 10) bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Tüm emülsiyon deneylerinde pH'ya göre protein çözünürlüğünün tespit edilmesinde elde edilen süzölmüş berrak çözeltilerde bulunan çözünür proteinlerin miktarı tespit edildikten sonra aynı berrak protein çözeltisi emülsiyon çalışmalarında kullanılmıştır. Araştırmada suda yağ emülsiyonlarının hazırlanmasında mısır yağı (Sırma, Unikom Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.) kullanılmıştır. 10 ml protein çözeltisi-sıvı yağ karışımı, %50 (v/v) oranında yağ içerecek şekilde 20 ml'lik tüplere aktarılmıştır. Karışım, oda sıcaklığında 25000 rpm'de 90 sn homojenize (Art-Micra D-8, Germany) edilerek emülsiyonlar oluşturulmuştur. Elde edilen emülsiyonlar polipropilen deney tüplerine (1.5 cm çap x 10 cm uzunluk) aktarılmış ve emülsiyon kapasitesi (EK,%) ve emülsiyon stabilitesi (ES,%) özellikleri tayini yapılmıştır.

Emülsiyon kapasitesini belirlemek üzere deney tüplerine aktarılan emülsiyonlar 2800xg'de 20 dakika santrifüjlenmiştir (Nüve, Türkiye). Daha sonra tüplerdeki emülsifiye olmuş tabakanın yüksekliği ve toplam sıvı yüksekliği kaydedilmiş ve emülsiyon kapasitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

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

Burada,

EK: Emülsiyon kapasitesi, %

H₁: Emülsifiye olan tabakanın yüksekliği, cm

H_T: Tüpteki toplam sıvı yüksekliği, cm

Tüm örneklerde emülsiyon kapasitesi tayini için iki tekrar yapılmıştır.

Emülsiyon stabilitesini belirlemek üzere deney tüplerine aktarılan emülsiyon örnekleri (10 ml) 80 °C'deki su banyosunda (Memmert, Germany) 30 dakika bekletilmiş ve sonrasında oda sıcaklığına (23 °C) soğutulmuştur. Daha sonra emülsiyonlar 2800xg'de 20 dakika santrifüjlenmiştir (Nüve, Türkiye). Tüplerdeki emülsifiye olmuş tabakanın yüksekliği ve toplam sıvı yüksekliği kaydedilmiş ve emülsiyon stabilitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

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

Burada,

ES: Emülsiyon stabilitesi, %

H₂: Emülsifiye olan tabakanın yüksekliği, cm

H_T: Tüpteki toplam sıvı yüksekliği, cm

Tüm örneklerde emülsiyon stabilitesi tayini için iki tekrar yapılmıştır. Sonuçlar hesaplanan ortalamalar ile standart sapmaları şeklinde gösterilmiştir.

3.2.5.3. Köpük özellikleri tayini

Kavuzsuz arpa protein konsantreleri ve hidrolizatlarının köpük özellikleri İbanoğlu & İbanoğlu (1999) metodu modifiye edilerek Yalçın *et al.* (2008) metoduna göre belirlenmiştir. Buna göre, protein konsantrelerinin %0.25, %0.5 ve %1 (w/v) oranında protein içerecek şekilde distile suda, %0.25 (w/v) oranında protein içerecek şekilde 0.1 M ve 0.25 M NaCl'de çözünür proteinleri hazırlandıktan sonra köpük özellikleri incelenmiştir. Arpa protein hidrolizatlarının (APH1-4) ise %0.25 (w/v) oranında protein içerecek şekilde

distile su ve 0.25 M NaCl'de çözünür proteinleri hazırlandıktan sonra köpük özellikleri çalışılmıştır. Köpük özellikleri pH'nın (pH 2, 4, 6, 8, 10) bir fonksiyonu olarak incelenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2 distile suda istenilen konsantrasyonda hazırlandıktan sonra pH'ları seyreltik HCl veya NaOH ile istenen değere ayarlanmış ve oda sıcaklığında 1 saat boyunca pH değeri sabit tutulmak koşuluyla karıştırılmıştır. Karışan örnekler 4000xg'de 10 dakika santrifüj (Nüve, Türkiye) edilmiştir. Süpernatantlar Whatman No.1 filtre kağıdından süzöldükten sonra, çözünür proteinlerinin köpük özellikleri çalışılmıştır.

Kavuzsuz arpa protein konsantre ve hidrolizatlarının köpük özelliklerinin test edilmesi için özel bir düzenek, Hidroan Ltd. Şti.'nin (Ankara) katkılarıyla tasarlanmıştır. KAPK'lerinin köpük özelliklerinin incelenmesinde 21 cm uzunluğunda, iç çapı 5 cm olan sinter filtreli borosilikat, silindirik cam kolon kullanılmıştır. Kolonlardaki sinter filtrenin gözenek çapı 16-40 µm'dir. Köpük özelliklerinin belirlenmesinde 5 cm çaplı kolona 10 ml protein çözeltisi oda sıcaklığında tatbik edilmiştir. Kolondaki sinter filtre üzerine ilave edilen protein solusyonunu köpürtmek için alttan 10 sn süreyle, hava akış ölçerde (Cole Palmer, USA) akış hızı sabitlenmiş (0.5 L/dak), kuru hava verilmiştir. Sisteme verilen hava, basınç ayarlı hava kompresöründen (TODAY'S Oil-less Compress, Model: Rocker 420, Taiwan) sağlanmıştır. Bu sürenin sonunda, verilen hava, üç yollu vana sistemiyle kesilerek, köpüğün ulaştığı maksimum yükseklik kolon üzerindeki cetveldan okunmuştur. Proteinlerin köpük özellikleri, köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi ile ifade edilmektedir (Zayas, 1997). Köpüğün 10 sn süre sonunda ulaştığı maksimum yükseklikten köpük

hacmi (cm^3) hesaplanmıştır. Protein konsantrelerinin köpük kapasitesi, köpük hacmi olarak ifade edilmiştir. Köpük stabilitesi ise, köpüğün ulaştığı maksimum yüksekliğin yarısına düşmesi için geçen zaman veya köpük yarı-ömrü (dk) şeklinde ifade edilmiştir. Tüm örneklerde köpük özellikleri tayini için dört tekrar yapılmıştır. Sonuçlar hesaplanan ortalamalar ile standart sapmaları şeklinde gösterilmiştir.

3.2.6. İstatiksel Analiz

Protein çözünürlüğü analiz sonuçları SPSS (Version 20.0 for Windows) istatistik analiz paket programı kullanılarak One-Way ANOVA ile değerlendirilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında DUNCAN çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Emülsiyon ve köpük özellikleri analiz sonuçlarının ise Microsoft Office 2010 Excell programında ortalaması alınmış, standart sapmaları (ss) hesaplanmış ve grafik üzerinde hata çubukları olarak, tablolarda ise $\pm ss$ şeklinde gösterilmiştir.

BÖLÜM 4

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırmamızda kullanılan kavuzsuz arpa ununun (KAU) ham yağı uzaklaştırılmadan önce ve ham yağı uzaklaştırıldıktan sonraki bazı kimyasal özellikleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Ham yağ miktarı KAU’da az olmasına rağmen proteinlerinin ekstraksiyonunu ve fonksiyonel özelliklerini olumsuz etkileyebileceği göz önünde bulundurularak KAU’dan ham yağ hegzan ile uzaklaştırılmıştır.

Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan KAU’nun bazı kimyasal özellikleri.

	Nem	Protein*	Ham Yağ*	Nem^D	Protein*^D
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
KAU	11.3 ± 0.02	13.7 ± 0.05	2.2 ± 0.02	10.9 ± 0.07	13.6 ± 0.00

*Kuru madde üzerinden verilmiştir.

^DHam yağ uzaklaştırıldıktan sonraki nem ve protein değerleri.

Araştırmamızda yağsız kavuzsuz arpa unundan pH 9 ve pH 11.2’de ekstrakte edilen ve iki farklı pH (~pI) noktasında (sırasıyla pH 5 ve 5.4) presipitasyonu yapılarak kavuzsuz arpa protein konsantreleri (KAPK) izole edilmiştir, bunlar sırasıyla KAPK-1 ve KAPK-2 olarak tanımlanmıştır. KAPK-1 ve KAPK-2’nin % verimleri ve bazı kimyasal özellikleri ile bunlardan elde

edilen protein konsantresi hidrolizatlarının (sırasıyla APH-1 ve APH-2; APH-3 ve APH-4) bazı kimyasal özellikleri Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Verim hesaplamalarında 50 gr yağsız arpa unundan elde edilen liyofilize formdaki protein konsantresinin ağırlığı temel alınmıştır. Buna göre, KAPK'lerinin ve hidrolizatlarının liyofilizasyon işleminden sonraki nem miktarları ortalama %5 civarındadır. KAPK-2'nin % verim miktarı daha yüksek bulunmuştur (%9.33). KAPK-1 ve KAPK-2'nin kuru madde üzerinden protein miktarları ise sırasıyla %70.6 ve %90.7 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. KAPK'lerinin % verimleri ve bazı kimyasal özellikleri ile bunlardan elde edilen protein hidrolizatlarının bazı kimyasal özellikleri.

Kavuzsuz Arpa			
Protein Konsantresi ve Hidrolizatları	Verim^a (%)	Nem (%)	Protein^b (%)
KAPK-1	1,22 ± 0,015	5,4 ± 0,21	70,6 ± 0,14
APH-1 (%2 HD)	-	5,1 ± 0,19	68,7 ± 0,14
APH-2 (%5 HD)	-	5,2 ± 0,10	69,4 ± 0,42
KAPK-2	9,33 ± 0,250	4,0 ± 0,19	90,7 ± 0,18
APH-3 (%2 HD)	-	5,0 ± 0,00	90,7 ± 0,11
APH-4 (%5 HD)	-	5,0 ± 0,00	89,3 ± 0,38

^aLiyofilizasyon işleminden sonraki kuru ağırlığın ekstraksiyonda kullanılan kavuzsuz arpa ununa göre % oranıdır.

^bKuru madde üzerinden verilmiştir.

KAPK-1'in üretim yöntemine göre protein veriminin düşük olduğu görülmektedir. Bunun başlıca sebeplerini şöyle açıklayabiliriz: ekstraksiyonda disülfid bağlarını parçalayarak ekstraksiyon verimini artırıcı herhangi bir indirgeyici kimyasal bileşik (L-sistein veya β-merkaptetanol gibi) kullanılmamıştır.

İndirgeyici bileşiklerin bazılarının gıdalarda kullanımına izin verilmemektedir, örneğin β -merkaptöetanol gibi. Bu sebeple indirgeyici kimyasal kullanılmadan protein konsantresi üretim olanakları bu araştırmada çalışılmıştır. Ayrıca, KAPK-1 ekstraksiyonu sırasında kavuzsuz arpa unu 0.15 M NaCl ile pH 9'da 2 saat boyunca karıştırılmıştır. Araştırmamızın bu aşamasında, amacımız ekstraksiyonu aşırı bazik ortamlarda değil daha düşük alkali ortamda yaparak kavuzsuz arpa proteinlerinde kısmi hidrolizin önlenmesidir. Kompakt veya küresel yapıdaki globüler proteinlerin de ekstraksiyonunun yapılabilmesi 0.15 M NaCl 'ün kullanılması ile mümkündür. Diğer bir deyişle, protein konsantresi ekstraksiyonu düşük alkali ortamda ve seyreltik tuz çözeltisinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ekstraksiyondan sonra süpernatanttaki proteinlerin yine düşük asitli pH'da (pH 5) izoelektrik çöktürülmesi sağlanmıştır. Bunda ise amaç, asitliği yüksek pH'da meydana gelebilecek protein hidrolizinin önüne geçmektir. Wu *et al.* (1979)'un arpa protein konsantresi üretimi ile ilgili yaptığı bir çalışmada proteinlerin ekstraksiyonu 0.06 N NaOH ile pH 11.2'de yapılmış, çözünür proteinlerinin izoelektrik çöktürmesi ise pH 5.4'te gerçekleştirilmiştir. Nitekim KAPK-2'nin ekstraksiyonu Wu *et al.* (1979) yöntemine göre yapılmıştır, burada protein konsantresinin veriminin yüksek olmasında aşırı bazik pH'da ekstraksiyonun uygulanmış olmasıdır.

KAPK'leri ve APH'larının genel kimyasal özellikleri belirlendikten sonra bazı fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, KAPK'leri ve APH'larının fonksiyonel özelliklerinden protein çözünürlüğü, emülsiyon özellikleri ve köpük özellikleri farklı konsantrasyon ve ortam koşullarında incelenmiştir. KAPK'leri ve APH'ları gibi protein yapısındaki maddelerin emülsiyon ve

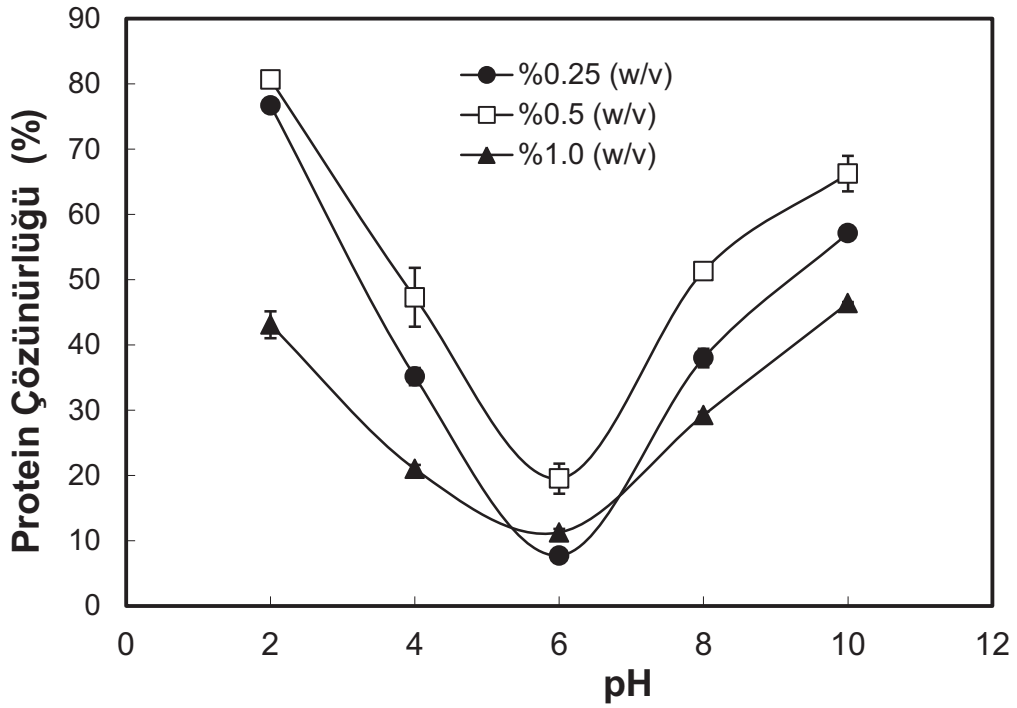
köpük oluşturma özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için protein çözünürlüğünün önemli bir fonksiyonel özellik olduğu bildirilmiştir (Zayas, 1997; Ruiz-Henestrosa *et al.*, 2009). Bu araştırmamızda, farklı yöntemlerle ekstrakte edilen kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin protein çözünürlüğü, emülsiyon özellikleri ve köpük özellikleri üzerine protein konsantresi miktarı (% w/v), farklı tuz konsantrasyonu (M NaCl) ve enzim hidroliz derecesi (%) etkileri pH'nın bir fonksiyonu olarak incelenmiştir.

4.1. Kavuzsuz Arpa Protein Konsantrelerinin Distile Suda Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Protein Miktarı Etkisinin pH'nın Bir Fonksiyonu Bakımından İncelenmesi

KAPK-1 ve KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiştir. Araştırmada bulunan sonuçlar ayrıca Ek D ve Ek E'de verilmiştir.

KAPK-1'in distile sudaki protein çözünürlüğü üzerine protein konsantrasyonunun ve ortam pH'sının etkisi incelendiğinde, en yüksek protein çözünürlüğü değerleri tüm pH'larda %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda saptanmıştır (Şekil 4.1). En yüksek protein çözünürlüğü değeri %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda pH 2'de tespit edilmiştir (%80.7). Bunu %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda ve yine pH 2'de elde edilen protein çözünürlüğü sonucu izlemiştir (%76.7). Her iki protein çözünürlüğü sonuçları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) ve tüm pH noktalarında, protein konsantrasyonunun %1 (w/v)' e

ıkarılmasıyla protein çözünürlüğü genellikle en düşük bulunmuştur. Tüm protein konsantrasyonlarında en yüksek protein çözünürlüğü sonuçları pH 2'de gözlenirken bunu sırasıyla pH 10'da elde edilen protein çözünürlüğü değerleri izlemiştir.

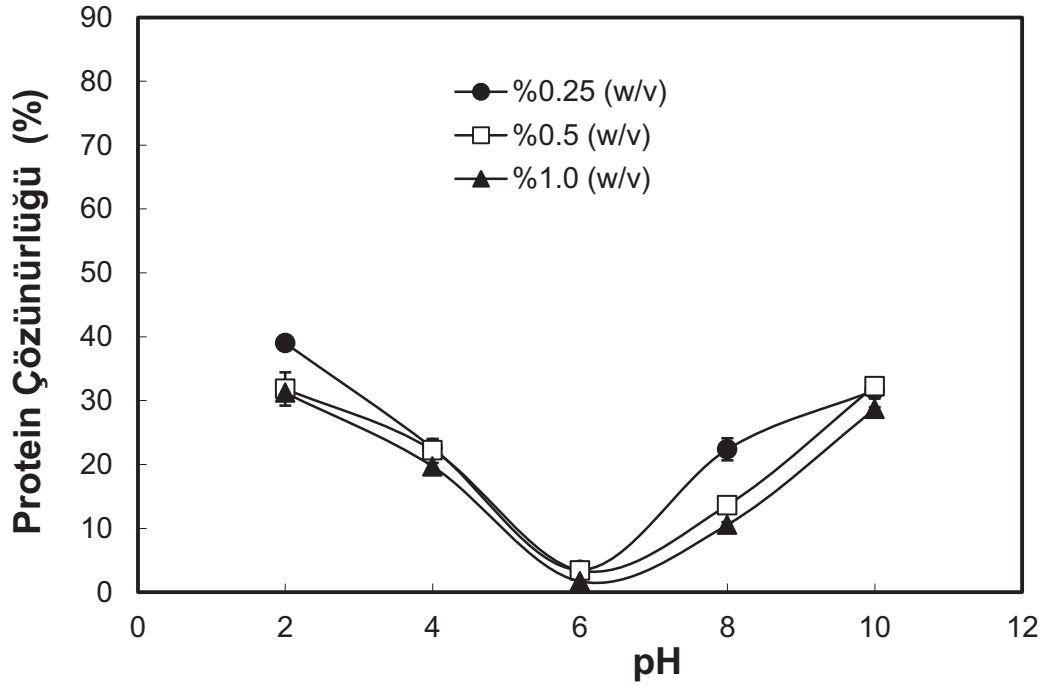


Şekil 4.1. KAPK-1'in distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü üzerine protein konsantrasyonunun ve ortam pH'sının etkisi incelendiğinde, protein çözünürlüğü değerleri %50'nin altında kalmıştır (Şekil 4.2).

Genellikle tüm protein konsantrasyonlarında protein çözünürlüğü değerleri tüm pH'larda birbirine yakın çıkmıştır. En yüksek protein çözünürlüğü %0.25 protein konsantrasyonunda ve pH 2'de belirlenmiştir (%39.0, $p < 0.05$). Aynı pH değerinde %0.5 ve %1 protein konsantrasyonlarında bulunan protein

çözünürlüğü değerleri sırasıyla %31.8 ve %31.2'dir ($p>0.05$). KAPK-2'nin %0.25, %0.5 ve %1.0 protein konsantrasyonlarında ve pH 10'daki protein çözünürlüğü değerleri sırasıyla %31.6, %32.3 ($p>0.05$) ve %28.7'dir ($p<0.05$). En düşük protein çözünürlüğü değerleri tüm konsantrasyonlar içerisinde %1 (w/v) protein konsantrasyonunda saptanmıştır.



Şekil 4.2. KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

Araştırmamızda KAPK-1 pH 9'da ve seyreltik tuz çözeltisinde, KAPK-2 ise aşırı alkali ortamda (pH 11.2) ekstrakte edilmelerinden dolayı çözünür protein miktarlarında önemli bazı farklılıklar gözlenmiştir. Buna göre tüm konsantrasyonlarda ve tüm pH değerlerinde KAPK-1'in protein çözünürlüğü değerleri KAPK-2'den daha yüksek bulunmuştur. En yüksek protein çözünürlüğü değerleri KAPK-1 ile %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda tüm pH'larda gözlenmiştir. KAPK-1'in protein konsantrasyonun %1.0'e çıkarılması

ile protein çözünürlüğü değerleri genellikle azalmıştır. KAPK-2'nin tüm pH'larda protein çözünürlüğü üzerine protein konsantrasyonunun önemli bir etkisi olmamıştır, tam tersine protein çözünürlüğü azalmıştır. KAPK-1 ve KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü değerleri tüm protein konsantrasyonlarında pH 2'den pH 6'ya doğru azalma eğilimi gösterirken, pH 6'dan pH 10'a doğru bir artış göstermiştir. Protein konsantrelerinin her ikisinde de en düşük protein çözünürlüğü pH 6'da gözlenmiştir. Protein konsantrelerinin izoelektrik noktasının pH 6 civarında olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

Ahmedna *et al.*, (1999), protein çözünürlüğünün; pH, sıcaklık ve iyonik güç gibi çevresel koşullardan etkilenebileceğini ve sıvı veya rekonstüte gıdalar ve içeceklerde kullanılmak üzere seçilen proteinlerin başlıca karakteristiği olduğunu bildirmiştir. Proteindeki ve proteinler arasındaki yük ve elektrostatik dengeyi pH etkilemektedir. Net yük sıfır olduğunda, proteinin çözünürlüğü izoelektrik noktasında minimum olmaktadır. Çekim kuvvetleri baskındır ve moleküller bir araya gelme eğilimindedir. Birçok araştırmada bitki proteinlerinin izoelektrik noktasının pH 4-5 arasında olduğu ve bu aralıkta çoğunlukla proteinlerin çökme eğiliminde olduğu bildirilmiştir (Bilgi, 2002; Yalçın, 2004). İzoelektrik noktadan uzaklaşıldığında, protein molekülleri net elektrik yüküyle yüklenirler ve proteinlerin dispersiyonu ve çözünürlüğü artar. Asidik pH aralığında proteinler net pozitif yüke sahiptir, bununla birlikte bazik pH aralığında proteinler net negatif yüke sahiptirler (Bilgi, 2002; Yalçın, 2004). Arpa protein konsantresi ve arpa protein izolatının çözünürlük özelliklerinin incelendiği çalışmalarda da pH'ya karşı damıtık sudaki

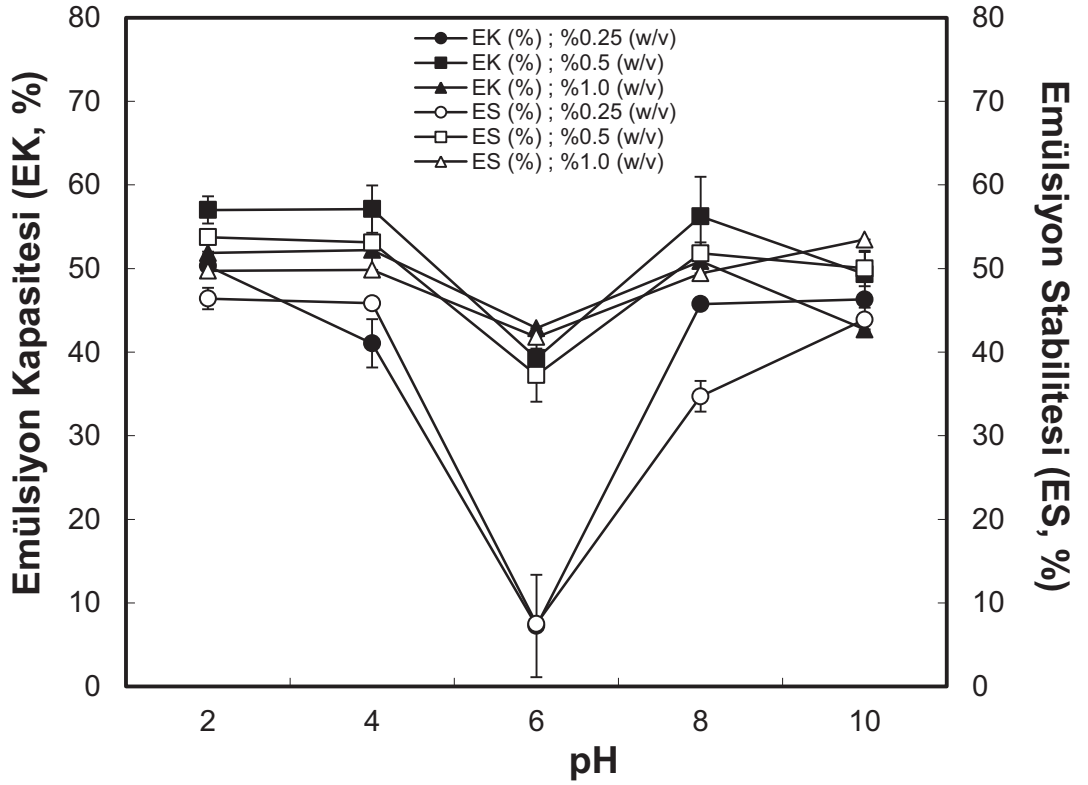
çözünürlük eğilimlerinin bizim sonuçlarımızla benzer olduğu saptanmıştır (Wu *et al.*, 1979; Bilgi & Çelik, 2004; Yalçın & Çelik, 2007). Aynı çalışmalarda izoelektrik noktanın pH 6 civarında olduğu ve izoelektrik pH değerinin aşağısında ve üzerinde protein çözünürlüğünün yükseldiği bildirilmiştir.

Proteinlerin çözünürlük özelliğini etkileyen diğer bir faktör de konsantrasyondur. Araştırmamızda konsantrasyonun %1.0 (w/v)'e çıkarılmasıyla KAPK'lerinin çözünürlük özelliği azalmıştır. Bunu, Harris & Angal (1989), yüksek protein konsantrasyonlarında protein agregasyonunun artacağı şeklinde açıklamıştır. Ayrıca, farklı araştırmalarda protein konsantrasyonu artışının protein çözünürlüğünü farklı etkilediği bildirilmiştir. Örneğin Bolnedi & Zayas (1993) çeşitli bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinlerin çözünürlüğünün, konsantrasyonun %1'den %8'e çıkartılması ile arttığını ifade etmiştir (Zayas, 1997). Cepeda *et al.* (1998) ise liyofilize ve püskürtülerek kurutulan bakla proteininin, %1-4 protein konsantrasyonu aralığında çözünürlüğünün, protein konsantrasyonu artışına karşılık azaldığını belirlemişlerdir (Bilgi, 2002; Yalçın, 2004).

KAPK-1 ve KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine protein konsantresi konsantrasyonu (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi sırasıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de, ayrıca Ek F ve Ek G'de gösterilmiştir. Şekillerde ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiştir.

Buna göre Şekil 4.3'de KAPK-1'in distile suda çözünen proteinlerinin EK değerleri incelendiğinde, genellikle en yüksek EK değerleri tüm pH'larda

%0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda saptanmıştır. En yüksek EK değeri %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda pH 4'te (%57.1) elde edilmiştir, bunu pH 2 ve pH 8'de bulunan benzer sonuçlar (sırasıyla %57 ve %56.2) izlemiştir. Genellikle, en düşük EK değerleri pH 10 hariç %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda belirlenmiştir ve EK değerleri genellikle %50'nin altındadır. Tüm konsantrasyonlarda en düşük EK değerleri pH 6'da saptanmıştır, bunun yanında pH 6'da konsantrasyon artışı ile birlikte EK değerleri yükselmiştir. Özellikle %0.5 (w/v) ve %1.0 (w/v) protein konsantrasyonlarında ve asidik pH'larda (pH 2 ve 4) saptanan EK değerleri bazik pH değerlerinde (pH 8 ve 10) bulunan değerlerden daha yüksektir.



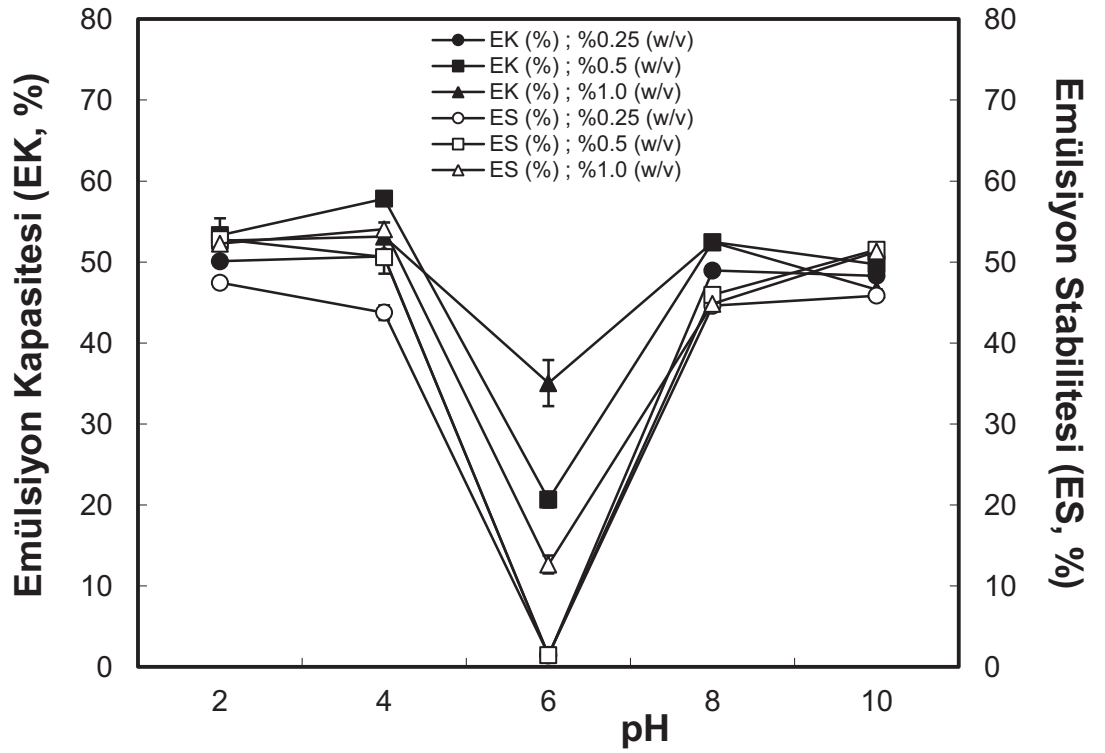
Şekil 4.3. KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

KAPK-1'in distile suda çözünen proteinlerinin ES değerleri incelendiğinde (Şekil 4.3), genellikle en yüksek ES değerleri, pH 6 ve pH 10'da bulunan değerler hariç, %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda belirlenmiştir (Şekil 4.3). Aynı konsantrasyonda ES değerleri pH 6'da bulunan değer hariç %50 ve üzerindedir. En yüksek ES değeri %0.5 (w/v) konsantrasyonda pH 2'de belirlenmiştir (%53.8), bunu %1.0 ve %0.5 (w/v) protein konsantrasyonlarında sırasıyla pH 10 (%53.5) ve pH 4'de (%53.1) belirlenen benzer sonuçlar izlemiştir. Tüm pH değerlerinde en düşük ES değerleri %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda saptanmıştır. Tüm konsantrasyonlarda en düşük ES değerleri pH 6'da bulunmuştur, ancak pH 6'da ES değerleri konsantrasyon artışı ile yükselmiştir. Bununla birlikte, konsantrasyon artışına bağlı olarak pH 10'da da ES değerleri artmıştır. Genellikle, %1 ve %0.5 (w/v) protein konsantrasyonlarında, asidik ve bazik pH'larda bulunan ES değerleri birbirine benzerdir.

Şekil 4.4'de KAPK-2'nin distile suda çözünen proteinlerinin EK değerleri incelendiğinde, en yüksek EK değerleri pH 6 hariç tüm pH'larda genellikle %0.5 protein konsantrasyonunda saptanmıştır. Buna göre en yüksek EK değeri %0.5 protein konsantrasyonunda pH 4'de belirlenmiştir (%57.8). Tüm konsantrasyonlarda EK değerleri pH 2, 4 ve 8'de genellikle %50 ve üzerindedir, bulunan değerler birbirine benzerdir. Tüm konsantrasyonlarda EK değerleri pH 6 ve pH 10'da %50'nin altında kalmıştır. En düşük EK değerleri tüm konsantrasyonlarda pH 6'da gözlenmiştir, fakat bu pH'da EK değerleri protein konsantrasyonu artışı ile yükselmiştir. Tüm konsantrasyonlarda ve pH 6 hariç diğer tüm pH'larda EK değerleri %46.6-

57.8 arasında değişmiştir. Buna ek olarak, tüm konsantrasyonlarda asidik pH değerlerindeki EK değerleri bazik pH değerlerinden yüksek bulunmuştur.

KAPK-2'nin distile suda çözünen proteinlerinin ES sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.4), tüm pH'larda genellikle protein konsantrasyonu artışı ile ES değerlerinde bir artma meydana gelmekle birlikte, %0.5 ve %1 (w/v) konsantrasyonlarında bulunan ES değerleri pH 6 hariç birbirine çok yakındır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. KAPK-2'nin distile sudaki çözünen proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

Bu konsantrasyonlarda ve pH 6 hariç tüm pH'larda ES değerleri %44.8-54.0 arasında değişmektedir. Tüm konsantrasyonlarda pH 6'da bulunan emülsiyon stabilitesi değerleri en düşüktür. KAPK-2'nin ES değerleri %0.5

ve %1.0 (w/v) konsantrasyonlarında ve pH 2, 4 ve 10'da %50'nin üzerinde belirlenmiştir. Protein konsantrasyonları içerisinde %0.25 konsantrasyonda ve tüm pH'larda en düşük ES değerleri saptanmıştır.

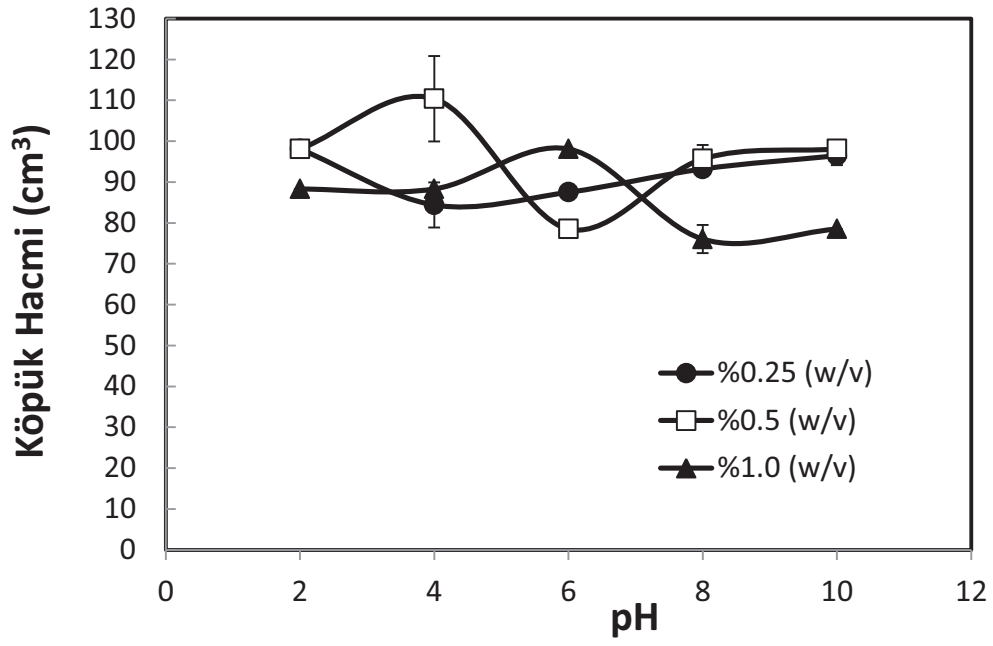
Araştırmamızda üretilen KAPK-1 ve KAPK-2 konsantrelerinin farklı koşullarda üretilmesinden dolayı farklı konsantrasyonlarda hazırlanan süspansiyonlarındaki protein çözünürlüğü değerlerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2). Ancak, görüldüğü üzere her iki protein konsantresinin emülsiyon özellikleri genellikle asidik ve bazik pH'larda birbirine yakın bulunmuştur (Şekil 4.3 ve 4.4). En iyi EK değerleri her iki protein konsantresi ile asidik pH'larda %0.5 ve %1.0 protein konsantrasyonlarında elde edilmiştir, bu koşullarda EK değerleri birbirine benzer olmakla birlikte %50'nin üzerindedir. Her iki protein konsantresinin EK değerleri tüm konsantrasyonlarda pH 6 ve 10'da %50'nin altında kalmıştır. En iyi ES değerleri KAPK-1 protein konsantresi ile asidik pH'larda ve %0.5 protein konsantrasyonunda sağlanırken, KAPK-2 protein konsantresi ile yine asidik pH'larda %0.5 ve %1.0 protein konsantrasyonlarında elde edilmiştir, bu koşullarda her iki protein konsantresinde ES değerleri birbirine benzer olmakla birlikte %50'nin üzerindedir. Araştırmada üretilen protein konsantrelerinin en uygun kullanım miktarının %0.5 (w/v) konsantrasyon olduğu ve asidik pH'larda daha etkin emülsiyon özellikleri sergileyebilecekleri görülmüştür. Genellikle tüm pH'larda KAPK-1'in emülsiyon özellikleri KAPK-2'ye göre daha yüksektir.

Araştırmamızda, emülsiyon özellikleri pH'ya bağlı bir eğilim göstermektedir. Genellikle, pH'ya göre emülsiyon kapasitesi ve stabilitesindeki değişimi

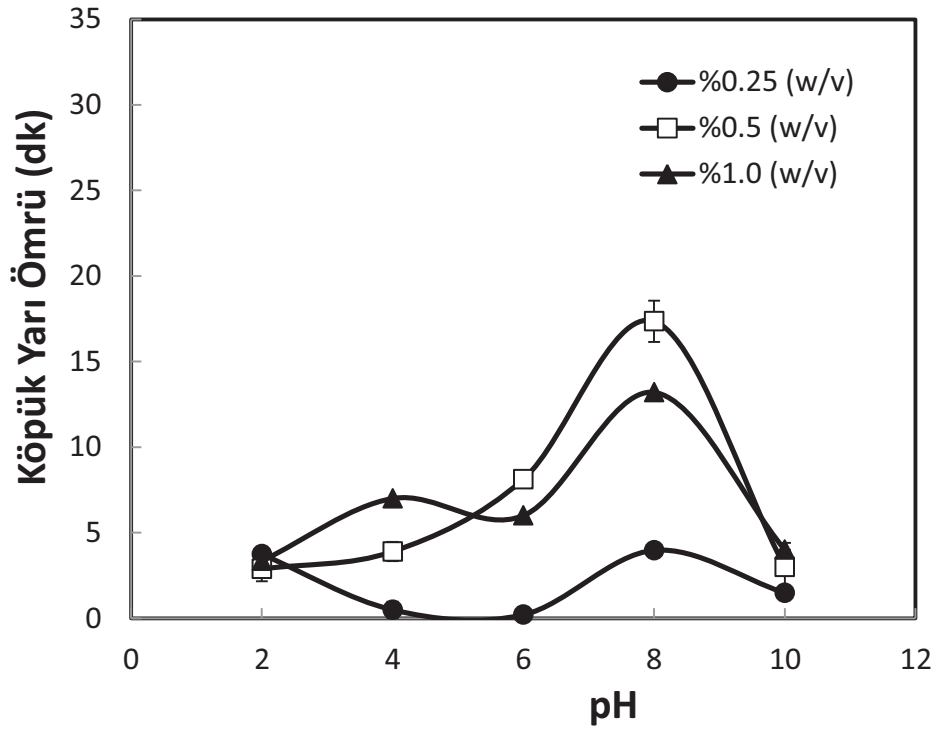
gösteren grafikler, pH-protein çözünürlüğü grafiğine benzemektedir. Çözünürlüğün en az olduğu pH 6 civarında emülsiyon özellikleri en düşük düzeydedir. Baklagil unları (Chel-Guerrero *et al.*, 2002), arpa protein konsantresi (Bilgi & Çelik, 2004) ve arpa protein izolatının (Yalçın, 2004) emülsiyon özelliklerinin çalışıldığı çeşitli araştırmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Bir araştırmada, fonksiyonel özelliklerin sadece proteinlere yüklenemeyeceğini, karbonhidrat bileşenlerinin de katkıda bulunabileceği, bunun da muhtemelen protein-karbonhidrat etkileşimleri ile olabileceği belirtilmiştir (Deshpande *et al.*, 1982).

KAPK-1 ve KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine protein konsantresi konsantrasyonu (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi sırasıyla Şekil 4.5 ve 4.6; Şekil 4.7 ve 4.8'de, ayrıca Ek H ve Ek I'da gösterilmiştir. Şekillerde ortalamalar arası standart sapma, hata çubukları ile gösterilmiştir.

Buna göre KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.5), en yüksek KH değeri %0.5 protein konsantrasyonunda ve pH 4'te saptanmıştır (110.4 cm³). Bulunan bu en yüksek değer dışında KH değerleri 78.5 cm³ ile 98.1 cm³ arasında değişmiştir. Bazik pH değerlerinde protein konsantrasyonunun %1'e çıkarılması ile en düşük KH değerleri (pH 8'de 76.1 cm³, pH 10'da 78.5 cm³) bulunmuştur. Çalışmamızda %0.25 ve %0.5 (w/v) protein konsantrasyonlarında ve pH 2, 8 ve 10'da bulunan KH değerleri birbirine benzerdir. Çalışılan tüm protein konsantrasyonları içerisinde, pH 6'da en yüksek KH değeri %1 (w/v) konsantrasyon ile belirlenmiştir (98.1 cm³).



Şekil 4.5. KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük hacmi (cm^3) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.



Şekil 4.6. KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük yarı-ömrü (dk) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

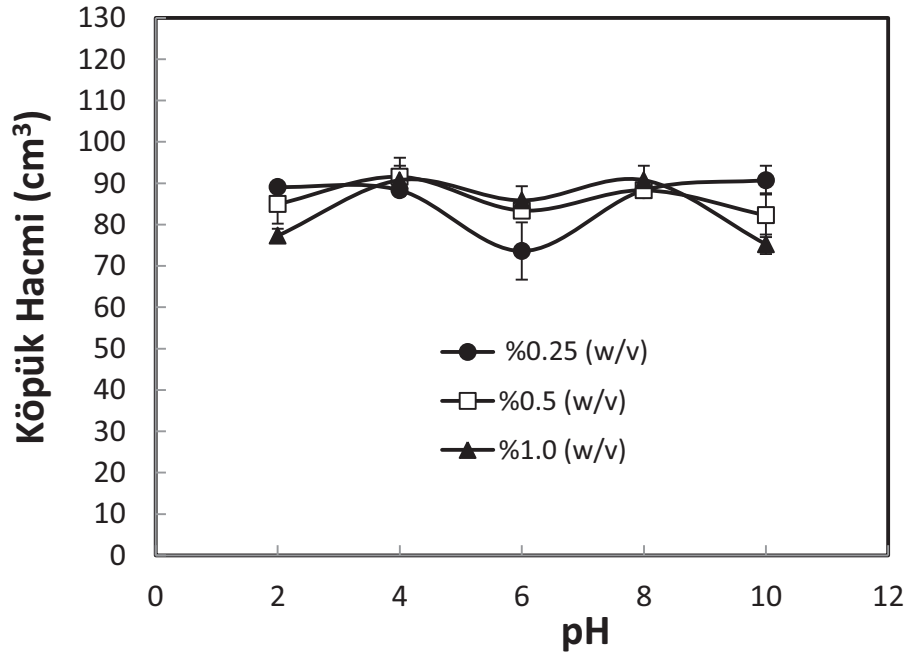
KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.6), çalışılan tüm konsantrasyonlarda en yüksek KYÖ değerleri pH 8'de saptanmıştır. Buna göre, en yüksek KYÖ değeri pH 8'de %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda belirlenmiştir (17.4 dk), bunu yine aynı pH'da ve %1 (w/v) protein konsantrasyonunda saptanan KYÖ değeri (13.2 dk) ve %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda bulunan KYÖ değeri (4.0 dk) izlemiştir.

Genellikle, %0.5 ve %1 (w/v) protein konsantrasyonlarında KYÖ değerleri pH 2'den pH 8'e kadar artarken, pH 10'da KYÖ değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Tüm protein konsantrasyonlarında, pH 2 ve pH 10'da bulunan KYÖ değerleri birbirine benzerdir. Çalışmada, pH 4'te konsantrasyona bağlı olarak bir artış gözlenmekle birlikte, KYÖ değerleri sırasıyla 0.5 dk, 3.9 dk ve 7.0 dk olarak bulunmuştur. KAPK-1 ve KAPK-2'nin izoelektrik noktasının pH 6 civarında olduğu düşünülmektedir, bu pH'da en yüksek KYÖ değeri %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda bulunmuştur (8.1 dk), bunu %1 (w/v) protein konsantrasyonunda saptanan KYÖ değeri (6.0 dk) izlemiştir. En düşük KYÖ değerleri genellikle %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda görülmüştür (Şekil 4.6).

KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.7), tüm protein konsantrasyonlarında KH değerleri tüm pH'larda birbirine yakın bulunmuştur. En yüksek ve en düşük KH değerleri sırasıyla %0.5 ve %0.25 protein konsantrasyonlarında 91.6 cm³ ve 73.6 cm³ olarak bulunmuştur. pH 2 ve pH 10'da protein konsantrasyonunun artırılması ile birlikte KH değerlerinde azalma meydana

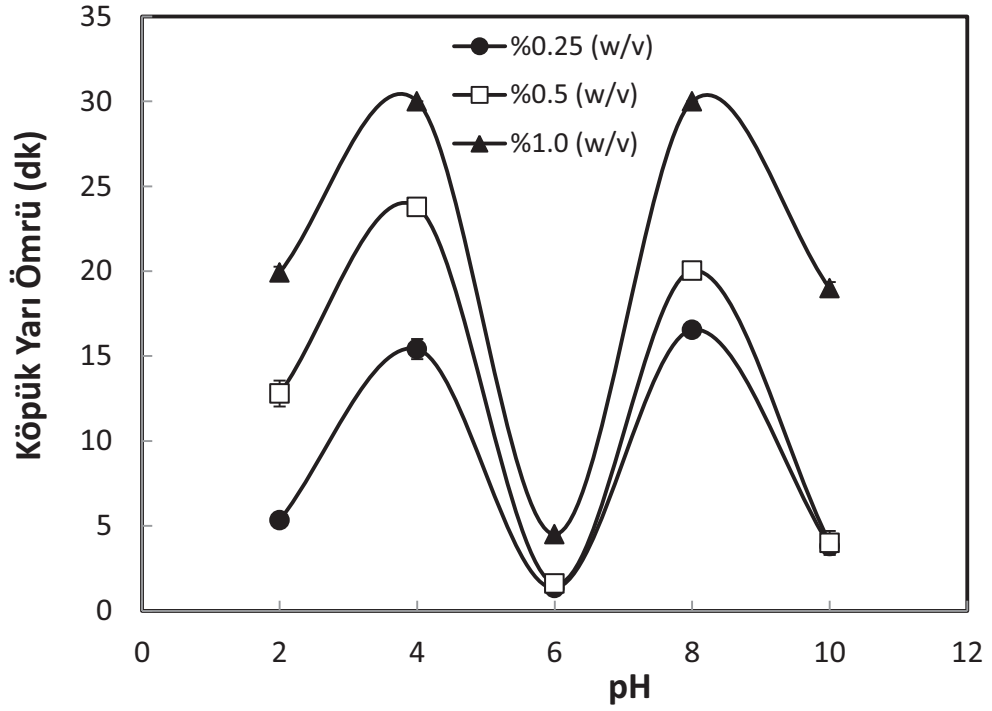
gelmiştir. Konsantrasyon artışı ile birlikte pH 6 ve pH 8’de bulunan KH değerlerinde çok az bir artış meydana gelmiştir, fakat bulunan değerler arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Hem aşırı asidik hem de aşırı bazik pH’larda en yüksek KH değerleri %0.25 protein konsantrasyonunda saptanmıştır, bulunan değerler sırasıyla 89.1 cm^3 ve 90.8 cm^3 ‘tür.

KAPK-2’nin distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.8), farklı pH’larda çalışılan tüm protein konsantrasyonlarında bulunan KYÖ değerlerinde benzer bir değişimin olduğu görülmüştür. Buna göre, genellikle, çalışılan tüm pH’larda protein konsantrasyonunun artırılması ile KYÖ değerlerinde de önemli bir artışın meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.7. KAPK-2’in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük hacmi (cm^3) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH’sının etkisi.

KAPK-2'nin çalışılan tüm pH'larda en yüksek KYÖ değerleri %1.0 (w/v) protein konsantrasyonunda saptanmıştır. Buna göre, %1 (w/v) protein konsantrasyonunda en yüksek KYÖ değerleri pH 4 ve pH 8'de 30 dk olarak bulunmuştur. Bu değerleri %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda yine pH 4 ve pH 8'de belirlenen KYÖ değerleri, sırasıyla 23.8 dk ve 20 dk izlemiştir. Çalışılan tüm konsantrasyonlarında en düşük KYÖ değerleri pH 6'da saptanmıştır. Bu pH'da protein çözünürlüğü en düşüktür ve dolayısıyla KYÖ'nün (köpük stabilitesinin) de en düşük değerde olması beklenmektedir.



Şekil 4.8. KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özelliklerinden köpük yarı-ömrü (dk) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

Araştırmada çalışılan her iki protein konsantresinin distile sudaki KH sonuçlarına bakıldığında (Şekil 4.5 ve Şekil 4.7), en iyi KH sonuçlarının pH 6 hariç diğer tüm pH'larda KAPK-1'in %0.5 (w/v) konsantrasyonunda

hazırlanan süspansiyonlarında çözünen proteinler ile belirlendiği görülmüştür. Genel olarak her iki protein konsantresinin KH değerleri üzerine protein konsantrasyonu ve ortam pH'sının etkisi benzer bulunmuştur. KAPK-2'nin KH değerleri üzerine protein konsantrasyonu ve pH'nın önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Diğer yandan KAPK-1 ve KAPK-2'nin KYÖ sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.6 ve Şekil 4.8), özellikle KAPK-2'nin KYÖ sonuçları üzerine protein konsantrasyonu ve pH'nın önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. En yüksek KYÖ değerleri tüm konsantrasyonlarda ve pH 6 hariç diğer tüm pH'larda KAPK-2 protein konsantresi ile belirlenmiştir. KAPK-2'nin asidik ve bazik pH'lardaki KYÖ değerleri daha yüksek bulunmuştur. KAPK-2 ile çalışılan tüm pH'larda protein konsantrasyonunun artırılması ile KYÖ değerlerinde de önemli bir artışın meydana geldiği belirlenmiştir.

Araştırmamızda, KAPK-2'nin KH sonuçları hariç, protein konsantrelerinin distile suda köpük özellikleri üzerine protein konsantrasyonu ve pH'nın etkili olduğu saptanmıştır. Kavuzlu ve kavuzsuz arpa unlarından üretilen arpa protein izolatlarının köpük oluşturma özelliklerinin ortam pH'sı ve protein konsantrasyonundan büyük ölçüde etkilendiği ifade edilmiştir (Yalçın *et al.*, 2008). Yapılan çalışmada, protein konsantrasyonu ve pH değerinin iki izolatın da köpük stabilitesini etkilediği bildirilmiştir, ayrıca protein izolatlarının tüm protein konsantrasyonlarında, pH 6'da köpük kapasitesi ve stabilitesinin en düşük olduğu gözlemlenmiştir. İzoelektrik nokta civarında protein çözünürlüğünün en düşük olmasından dolayı köpük oluşumuna katılacak ve hava/su ara yüzeyinde stabil bir film oluşturacak çözünür protein miktarı da azalmaktadır, bu ise düşük köpük kapasitesinin ve stabilitesinin meydana

gelmesine sebep olmaktadır (Hettiarachchy *et al.*, 1996; Yalçın *et al.*, 2008). Akintayo *et al.* (1999) güvercin bezelyesi protein konsantrasyonunun köpük kapasitesinin pH'ya bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Genellikle asidik ve bazik pH derecelerinde köpük kapasitesinin yükseldiğini, fakat izoelektrik nokta civarında en az düzeyde köpük kapasitesi tespit etmişlerdir. Çünkü proteinler asidik ve bazik pH derecelerinde yüksek çözünürlük özellikleri sergilerler. Aynı durum, köpük stabilitesi için de geçerlidir (Yalçın, 2004).

Köpük özelliklerinin izoelektrik pH'da azaldığı, asit ve alkali bölgelerde arttığı yine bezelye (Mwasaru *et al.*, 2000), susam tohumu (Khalid *et al.*, 2003) proteinleri gibi bitkisel proteinlerle yapılan araştırmalarda da gösterilmiştir.

Graham & Phillips (1976) iyi bir köpük oluşumu için hava/su ara yüzeyindeki yüzey gerilimini düşürebilme yeteneğinin tamamıyla protein molekülünün esnekliği ile ilgili olduğunu söylemiştir. Adebowale & Lawal (2004) aşırı asidik ve bazik pH'larda köpük kapasitesinin artmasının, protein üzerindeki net yük sayesinde protein molekülündeki esnekliğin artmasıyla açıklamışlardır, böylece esnek protein molekülleri hava/su ara yüzeyine hızlıca difüze olmakta ve hava kabarcıklarını sarabilmekte ve sonucunda köpük kapasitesi veya hacmi artmaktadır (Yalçın *et al.*, 2008).

Köpük özelliklerinin protein konsantrasyonundan etkilendiği patates proteinleri ile ilgili yapılan araştırmada da ifade edilmiştir (Van Koningsveld *et al.*, 2002; Yalçın, 2004).

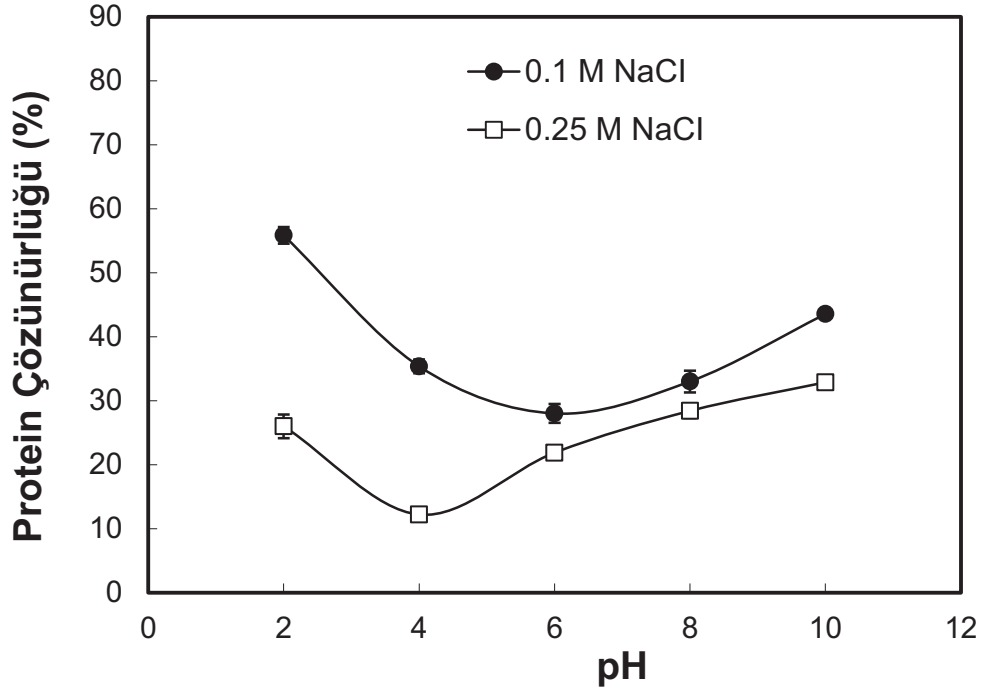
4.2. Kavuzsuz Arpa Protein Konsantrelerinin Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Tuz Konsantrasyonu Etkisinin pH'nın Bir Fonksiyonu Bakımından İncelenmesi

Araştırmamızda üretilen KAPK-1 ve KAPK-2 protein konsantrelerinin fonksiyonel özelliklerinden protein çözünürlüğü, emülsiyon ve köpük özellikleri %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda, 0.1 M ve 0.25 M NaCl çözeltilerinde pH'nın bir fonksiyonu olarak çalışılmıştır. KAPK-1 ve KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarının protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi Şekil 4.9 ve 4.10.'da, ayrıca Ek İ ve Ek J'de gösterilmiştir.

Buna göre, Şekil 4.9 ve Ek İ incelendiğinde tuz konsantrasyonunun 0.1 M'dan 0.25 M'a yükseltilmesiyle tüm pH'larda protein çözünürlüğü azalmıştır, protein çözünürlüğündeki bu düşüş asidik pH noktalarında daha fazla olmuştur. KAPK-1 ile tuzlu suda en yüksek protein çözünürlüğü 0.1 M NaCl'de pH 2'de saptanmıştır (%55.8, $p<0.05$). Bu değer dışında bulunan tüm protein çözünürlüğü değerleri %50'nin altında kalmıştır. Her iki tuz çözeltisinde çalışılan tüm pH'larda belirlenen protein çözünürlüğü değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). 0.1 M tuz çözeltisinde, protein çözünürlüğü, aşırı asidik pH'dan izoelektrik pH (~pI 6)'ya doğru azalırken bazik pH değerlerine doğru tekrar bir artış göstermektedir.

Tuz konsantrasyonunun artırılması ile KAPK-1'in izoelektrik noktası pH 4 civarına kaymıştır. Tuzlu su çözeltilerinde saptanan en düşük protein

çözünürlüğü değeri 0.25 M NaCl'de pH 4'te bulunmuştur (%12.2). 0.1 M NaCl'de bulunan en düşük protein çözünürlüğü değeri ise pH 6'da belirlenmiştir (%28.0). Genel olarak, tuz konsantrasyonunun artırılması ile özellikle asidik pH'lardaki protein çözünürlüğü olumsuz etkilenmiştir.

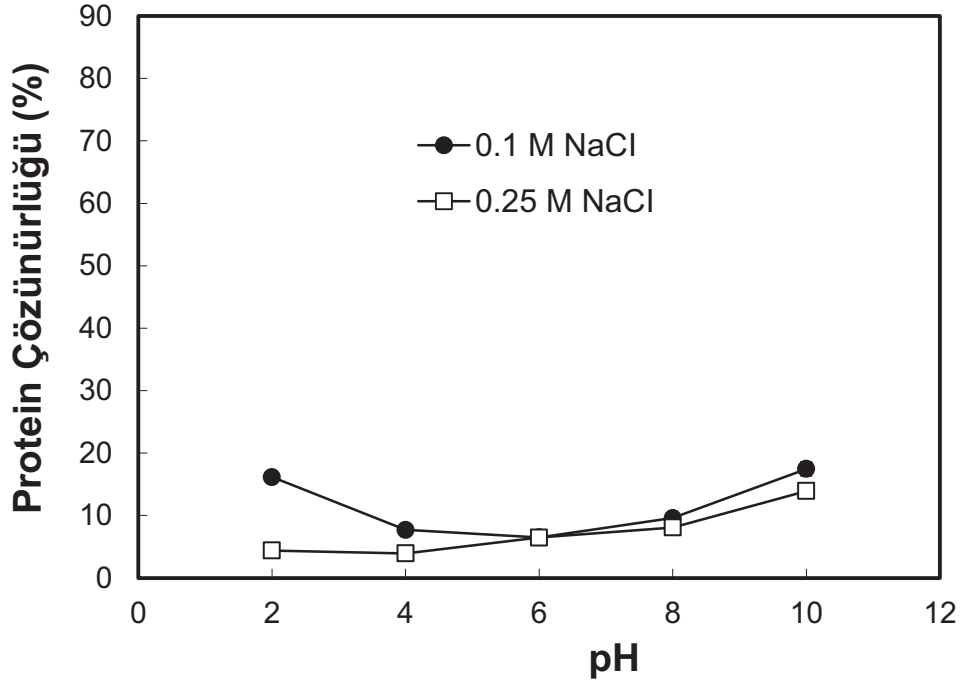


Şekil 4.9. KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyondaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

Şekil 4.10 ve Ek 11 incelendiğinde, KAPK-2'nin tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü değerleri KAPK-1 ile karşılaştırıldığında tüm pH'larda en düşük bulunmuştur. KAPK-2 ile tüm tuz çözeltilerinde ve çalışılan tüm pH'larda protein çözünürlüğü değerleri %20'nin altında kalmıştır.

Bu protein konsantresi ile en yüksek protein çözünürlüğü 0.1 M NaCl'de pH 10'da saptanmıştır (%17.5), bunu yine aynı tuz çözeltisinde pH 2'de belirlenen değer (%16.2) izlemiştir, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli

bulunmuştur ($p<0.05$). Genel olarak KAPK-2'nin seyrek tuz çözeltilerindeki (0.1 M) protein çözünürlüğü pH 6 hariç diğer tüm pH'larda daha yüksektir, fakat protein çözünürlüğü istenilen düzeyde değildir.



Şekil 4.10. KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyondaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

KAPK-1 ve KAPK-2'nin protein çözünürlüğü üzerine tuz konsantrasyonunun etkisi pH'nın bir fonksiyonu olarak çalışılmıştır (sırasıyla Ek İ ve Ek J). Buna göre, KAPK-1'in tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü değerleri KAPK-2'den daha yüksek bulunmuştur. En yüksek protein çözünürlüğü KAPK-1 ile 0.1 M NaCl'de ve pH 2'de (%55.8) gözlenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2'nin tuzlu su çözeltilerindeki protein çözünürlüğü genellikle %50'nin altında kalmıştır. Ayrıca, tuz konsantrasyonunun artırılması ile her iki protein konsantrasyonunun izoelektrik noktasının pH 4 civarına kaydığı düşünülmektedir.

Literatürde protein çözünürlüğüne pH ve iyonik gücün etkisinin incelendiği çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Bilgi & Çelik (2004)'in arpa protein konsantrelerinin tuzlu su çözeltilerindeki protein çözünürlüğünün test edildiği çalışmalarında da protein çözünürlüğü tüm pH'larda önemli düzeyde azalmıştır. Özellikle asidik pH'larda protein çözünürlüğü belirgin şekilde azalmıştır. Asidik pH'da proteinler protonlanmış haldedir ve net pozitif yük taşırlar, ortamdaki iyonik konsantrasyonun artırılması yani ortama daha fazla NaCl'ün ilavesi ile pozitif yüklü proteinler ile negatif yüklü Cl⁻ iyonları arasında daha fazla etkileşim olacağından, bu durum proteinler arası elektrostatik itmeyi azaltacak ve hidrofobik etkileşimleri artıracaktır. Böylece proteinler çözünmeyen agregatlar oluşturarak çözünürlükleri azalacaktır (Aluko & Yada, 1995; Mwasaru et al., 2000; Bilgi & Çelik, 2004; Yalçın & Çelik, 2007). Araştırma sonuçlarımızda da KAPK'lerinin çözünürlükleri iyonik güç

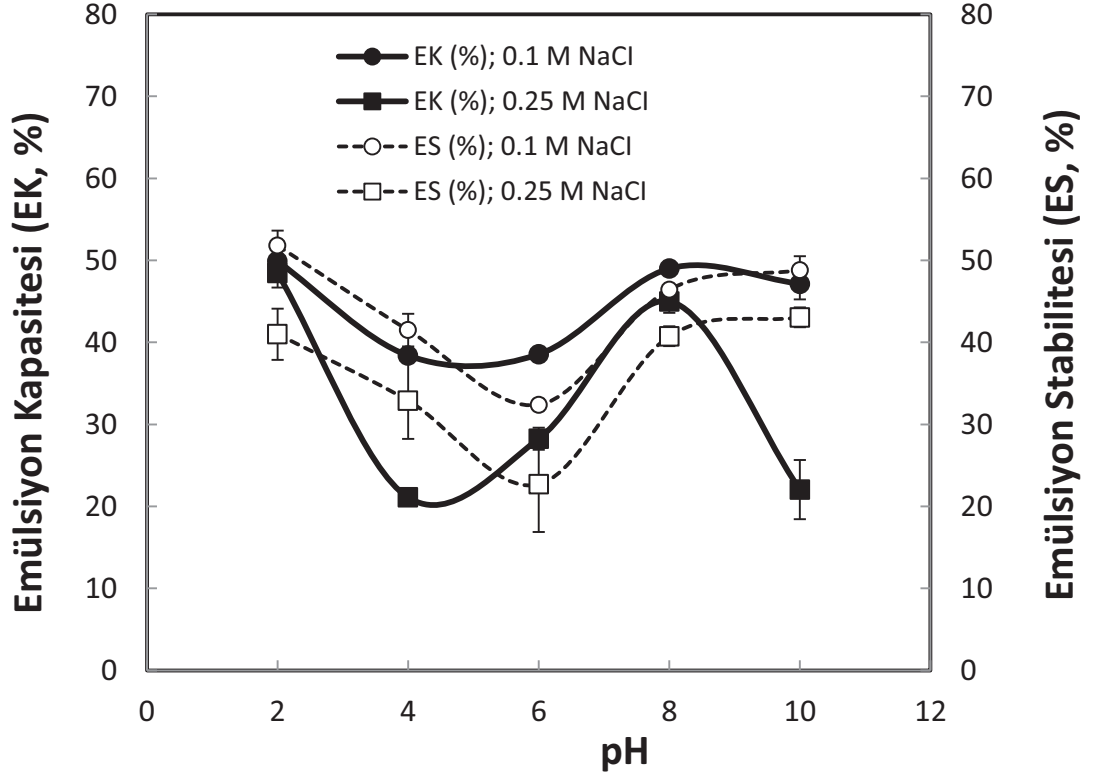
artışından olumsuz etkilenecek protein çözünürlükleri önemli düzeyde azalmıştır. Tuz çözeltilerinde, aşırı bazik pH değerlerindeki çözünürlüğün asidik pH değerlerine göre yüksek bulunması, NaCl'ün salting-in etkisi ile birlikte protein yüzeyindeki net negatif yükün artması ve protein agregatlarının dissosiyasyon olarak çözünürlüğü artırması şeklinde açıklanmıştır (Mwasaru et al., 2000; Bilgi, 2002; Yalçın, 2004).

KAPK-1 ve KAPK-2 protein konsantrelerinin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda farklı tuz çözeltilerinde (0.1 M NaCl ve 0.25 M NaCl) hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) pH'nın bir fonksiyonu olarak çalışılmış, sonuçlar sırasıyla Şekil 4.11 ve 4.12'de, ayrıca Ek K ve Ek L'de gösterilmiştir.

Buna göre, KAPK-1'in Şekil 4.11 ve Ek K'de verilen emülsiyon özellikleri sonuçları incelendiğinde, tuzlu su çözeltilerinde çözünen proteinlerinin EK değerleri %50'nin altında kalmıştır. Tuz konsantrasyonunun artırılması ile tüm pH'larda EK değerleri azalmıştır. En yüksek EK değeri 0.1 M NaCl'de pH 2'de belirlenmiştir (%49.9), bunu aynı çözeltide sırasıyla pH 8 (%49.0) ve pH 10'daki (%47.2) EK değerleri izlemiştir. Tuz konsantrasyonunun 0.25 M'a çıkarıldığında en yüksek EK değeri pH 2'de (%48.5) saptanmıştır, bununla beraber pH 10'daki EK değerinde önemli bir düşüş meydana gelmiştir. Her iki tuz konsantrasyonunda en düşük EK değerleri pH 4'te belirlenmiştir. KAPK-1'in farklı tuz konsantrasyonlarında çözünen proteinlerinin ES sonuçları incelendiğinde, en yüksek ES sonuçları 0.1 M NaCl çözeltisinde ve tüm pH'larda saptanmıştır. Genellikle, ES değerleri %50'nin altında kalmıştır. En yüksek ES değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 2'de çözünen proteinler ile belirlenmiştir (%51.8), bunu yine aynı çözeltide sırasıyla pH 10 (%48.5) ve pH 8'de (%46.5) bulunan ES değerleri izlemiştir. Her iki tuz çözeltisinde de ES değerleri pH 2'den pH 6'ya doğru azalırken, aşırı bazik pH'ya doğru tekrar bir artış göstermiştir. Aşırı asidik ve bazik pH'larda ES değerleri daha yüksek bulunmuştur.

KAPK-1'in 0.1 M NaCl'de çözünen proteinlerinin ES değerleri pH 2, pH 4 ve pH 10'da daha yüksek olmakla birlikte pH 6 ve pH 8'de EK değerleri daha yüksektir. Diğer bir ifadeyle, KAPK-1'in seyreltik tuz çözeltilerinde çözünen proteinlerinin ES, asidik ve aşırı bazik pH'larda daha yüksek belirlenmiştir. Diğer yandan KAPK-1'in yüksek tuz konsantrasyonlarında çözünen proteinlerinin EK değerleri yüksek olmakla birlikte, EK değerleri pH 4 ve pH

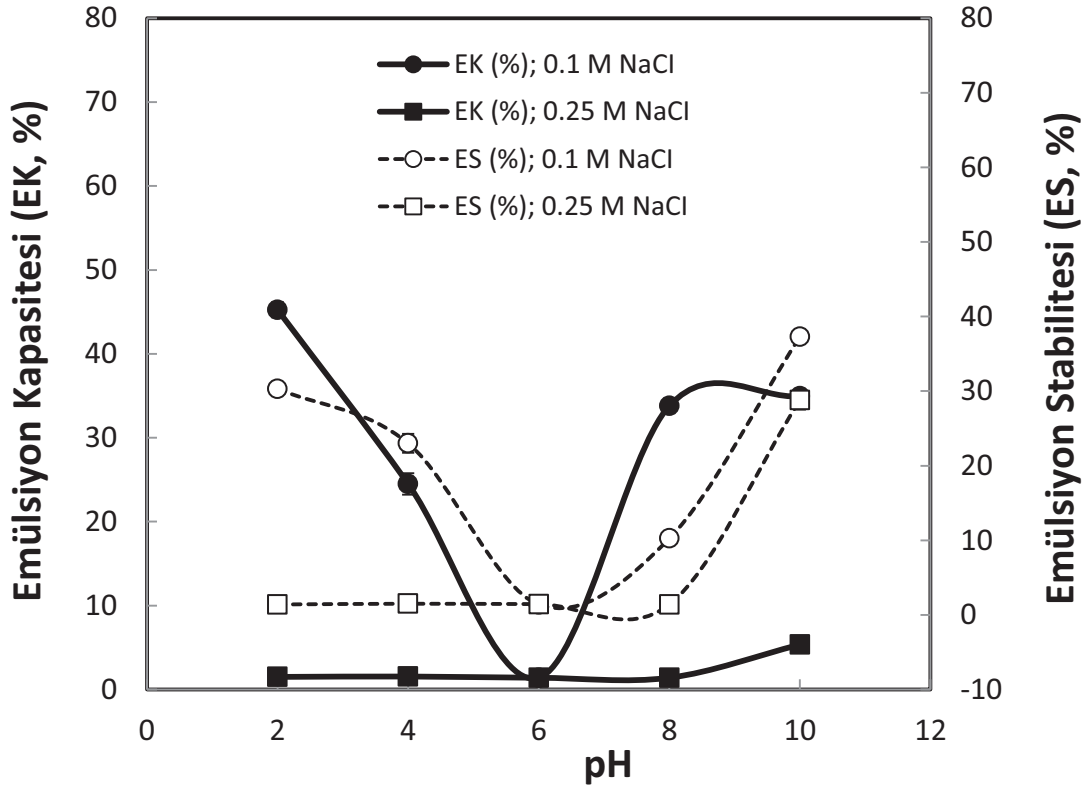
10'da oldukça düşmüştür. Sonuç olarak, KAPK-1'in 0.1 M NaCl'de çözünen proteinlerinin ES değerleri tüm pH'larda daha yüksek gözlenmiştir.



Şekil 4.11. KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

KAPK-2'nin tuz çözeltilerinde çözünen proteinlerinin EK ve ES sonuçları (Şekil 4.12 ve Ek L) incelendiğinde, 0.1 M NaCl'de çözünen proteinlerinin EK değerleri pH 6 hariç diğer tüm pH'larda daha yüksektir. En yüksek EK değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 2'de belirlenmiştir (%45.3), bunu yine aynı çözeltilde sırasıyla pH 10 (%35.0) ve pH 8'de (%33.8) bulunan sonuçlar izlemiştir. Yüksek tuz konsantrasyonunda KAPK-2'nin farklı pH'larda çözünen proteinleri yeterli düzeyde EK değerlerine sahip değildir. Tuz çözeltilerinde en

düşük EK değerleri pH 4'te (%1.4) belirlenmiştir. Her iki tuz çözeltisinde farklı pH'larda çözünen proteinlerin EK değerleri %50'nin altında kalmıştır.



Şekil 4.12. KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

KAPK-2'nin tuz çözeltisinde çözünen proteinlerinin ES sonuçları (Şekil 4.12 ve Ek L) incelendiğinde, emülsiyon stabilitesi değerleri %40'ın altında kalmıştır. 0.1 M NaCl'de çözünen proteinlerin ES değerleri pH 6 hariç diğer tüm pH'larda daha yüksek olmasına rağmen yeterli stabiliteye sahip değildir. En yüksek ES değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 10'da çözünen proteinler ile belirlenmiştir (%37.3). Tuz konsantrasyonu 0.25 M'a çıkarıldığında yalnızca pH 10'da yeterli düzeyde olmasa da ES değeri saptanmıştır (%28.8), diğer pH'larda bulunan ES değerleri çok düşük düzeyde kalmıştır.

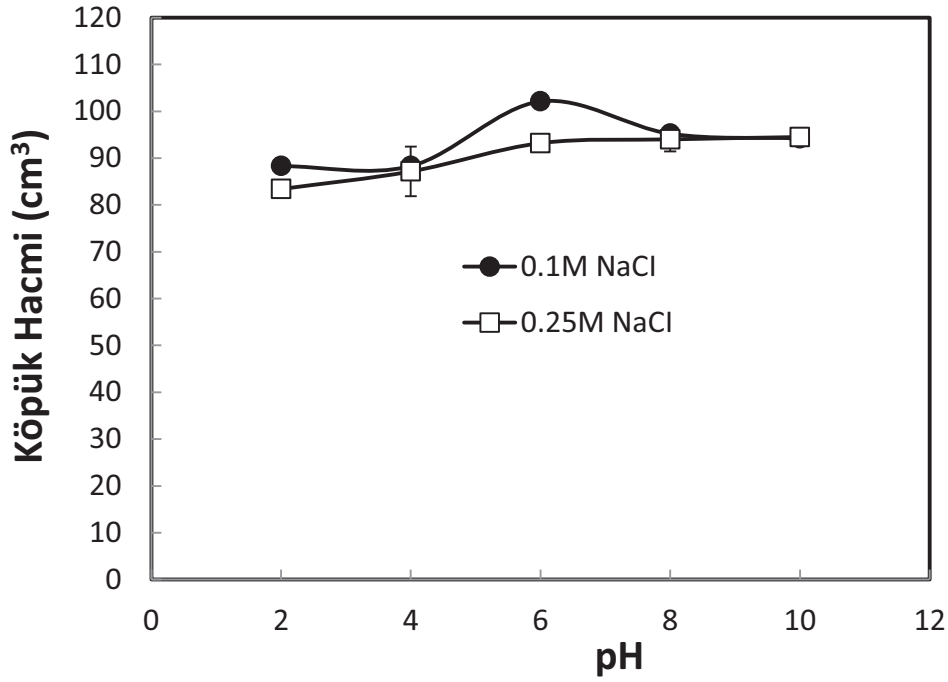
KAPK-2'nin tuz çözeltilerindeki emülsiyon özelliklerine genel olarak bakıldığında, en yüksek EK ve ES değerlerinin 0.1 M NaCl'de sırasıyla pH 2 (%45.3) ve pH 10'da (%37.3) çözünen proteinler ile belirlenmiştir. KAPK-2, yüksek tuz konsantrasyonunda yeterli düzeyde emülsiyon özellikleri sergileyememiştir.

Genel olarak incelendiğinde, KAPK-1 ve KAPK-2'nin %0,25 (w/v) protein konsantrasyonunda tuz çözeltilerindeki emülsiyon özellikleri sonuçları tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Tuz çözeltilerinde, genellikle, KAPK-1'in protein çözünürlüğü tüm pH'larda KAPK-2'den daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.9), buna göre KAPK-1'in emülsiyon özellikleri genellikle %50'nin altında olmasına rağmen KAPK-2'nin emülsiyon özelliklerinden yüksek bulunmuştur. Ayrıca, KAPK-1'in seyreltik tuz konsantrasyonunda (0.1 M NaCl) pH 4 ve pH 6'da çözünen proteinlerinin emülsiyon özellikleri aynı protein konsantrasyonunda (%0.25 w/v) distile suda bulunan emülsiyon özelliklerinden yüksektir. Araştırmada çalışılan 0.25 M tuz çözeltisinde protein çözünürlüğünün oldukça düşük olmasından dolayı emülsiyon özellikleri de her iki protein konsantresinde düşük bulunmuştur.

Araştırmamızdaki emülsiyon özelliklerini gösteren grafikler, protein çözünürlüğü sonuçlarına benzemektedir. Literatürde proteinlerin çözünürlük özelliği ile emülsiyon özellikleri arasında pozitif bir korelasyonun olduğu bildirilmiştir (Bilgi & Çelik, 2004; Qi *et al.*, 1997; Yalçın, 2004). Araştırma sonuçları kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin EK ve ES özellikleri üzerinde pH'nın ve NaCl konsantrasyonunun etkili olduğunu göstermiştir. Ortam pH'sının, proteinlerin çözünürlüğünü, yüzey hidrofobisitesini ve lipid

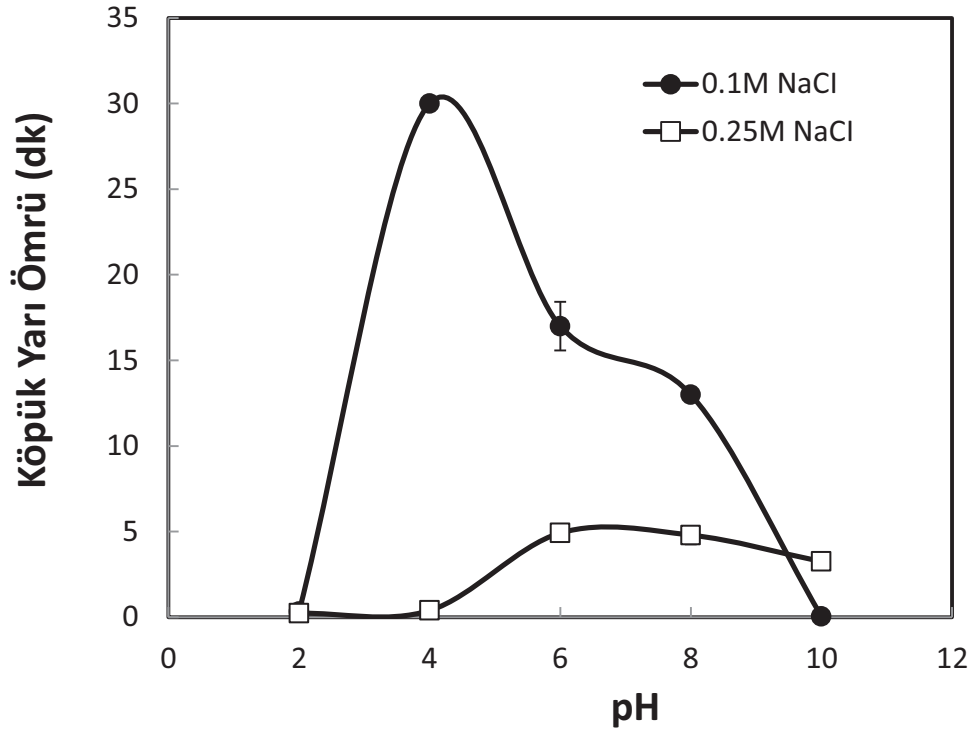
globüllerinin etrafındaki koruyucu tabakanın yükünü değiştirerek emülsiyon özelliklerini etkilediği bildirilmiştir (Sikorski, 1997; Bilgi, 2002; Bilgi & Çelik, 2004; Yalçın, 2004). Idris *et al.* (2003) ise NaCl'ün buğday kepeği proteininin izoelektrik noktada emülsiyon kapasitesini artırdığını, daha yüksek NaCl konsantrasyonunda (1.6 M<) ise emülsiyon kapasitesinin azaldığını ifade etmişlerdir. Ragab *et al.* (2004) yaptıkları bir çalışmada, 0.5 M NaCl konsantrasyona kadar bezelye proteininin izoelektrik noktada çözünürlüğünün ve buna bağlı olarak emülsiyon kapasitesinin arttığını, 0.5 M NaCl konsantrasyonundan sonra fonksiyonel özelliklerinin azaldığını söylemişlerdir.

KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi sırasıyla Şekil 4.13 ve Şekil 4.14, ayrıca Ek M'de gösterilmiştir. Buna göre, KAPK-1'in Şekil 4.13'de gösterilen KH sonuçları incelendiğinde, genellikle 0.1 M NaCl'de çözünen proteinlerin KH değerleri tüm pH'larda yüksek bulunmakla birlikte, tuz çözeltilerinin KH sonuçları arasında pH 6 hariç önemli bir farklılık görülmemiştir. En yüksek KH değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 6'da çözünen proteinler ile belirlenmiştir (102.1 cm³). KAPK-1'in 0.1 M NaCl'de çözünen proteinlerinin KH değerleri asidik ve bazik pH derecelerinde önemli düzeyde değişmemiştir. Diğer taraftan, KAPK-1'in 0.25 M NaCl'de çözünen proteinlerinin KH pH'nın artırılması ile yükselmiştir fakat bu artış önemli düzeyde olmamıştır. KAPK-1'in 0.1 M NaCl'de ve izoelektrik pH (~pI 6) civarında çözünen proteinlerinin KH değeri en yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.13. KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (cm^3) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

KAPK-1'in Şekil 4.14'deki KYÖ (dk) sonuçları incelendiğinde, 0.1 M NaCl'de çözünen proteinlerin KYÖ değerleri pH 10 hariç diğer tüm pH'larda 0.25 M tuz çözeltisinde bulunan değerlerden yüksek bulunmuştur. En yüksek KYÖ değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 4 çözünen proteinler ile belirlenmiştir (30.0 dk), bunu sırasıyla yine aynı tuz çözeltisinde ve pH 6 (17.0 dk) ve pH 8'de (13.0 dk) bulunan sonuçlar izlemiştir. KAPK-1'in 0.25 M NaCl'de çözünen proteinlerinin KYÖ değerlerine bakıldığında, asidik pH'daki KYÖ değerleri arasında önemli bir fark gözlenmezken, diğer pH'larda bulunan KYÖ değerlerinden düşüktür. Bununla birlikte, aynı çözeltide ve pH 6 ve pH 8'de çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri arasında önemli bir fark gözlenmemiş olup bulunan değerler sırasıyla 4.92 dk ve 4.80 dk'dır.

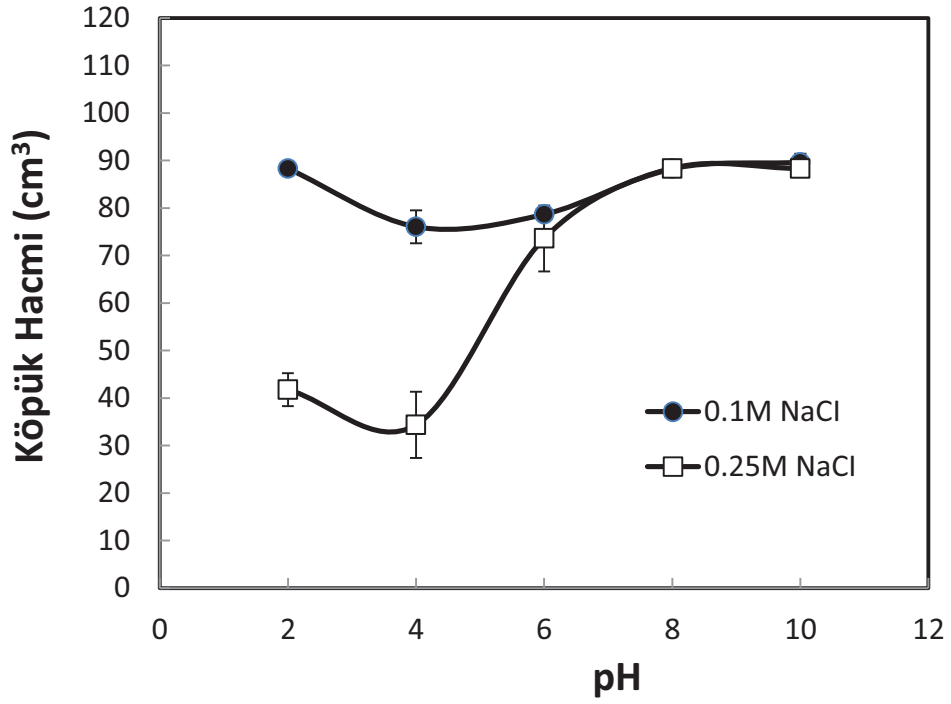


Şekil 4.14. KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

En düşük KYÖ değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 10'da çözünen proteinler ile belirlenmiştir (0.1 dk). Seyreltik tuz çözeltisinde pH 10'da çözünen proteinlerin net yükleri negatif olmasından dolayı, köpükte yani hava/su ara yüzeyinde proteinler birbirini iteceğinden köpük stabilitesini sağlayacak protein yapısındaki ara yüzey filmi oluşturulamayacaktır. Sonuç olarak pH 10'da köpük stabilitesi oldukça düşmüştür. Diğer taraftan, iyonik kuvvetin yani NaCl konsantrasyonunun artırılması köpük stabilitesinin belirli bir düzeyde artmasına (3.25 dk) sebep olmuştur.

KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi sırasıyla Şekil 4.15 ve

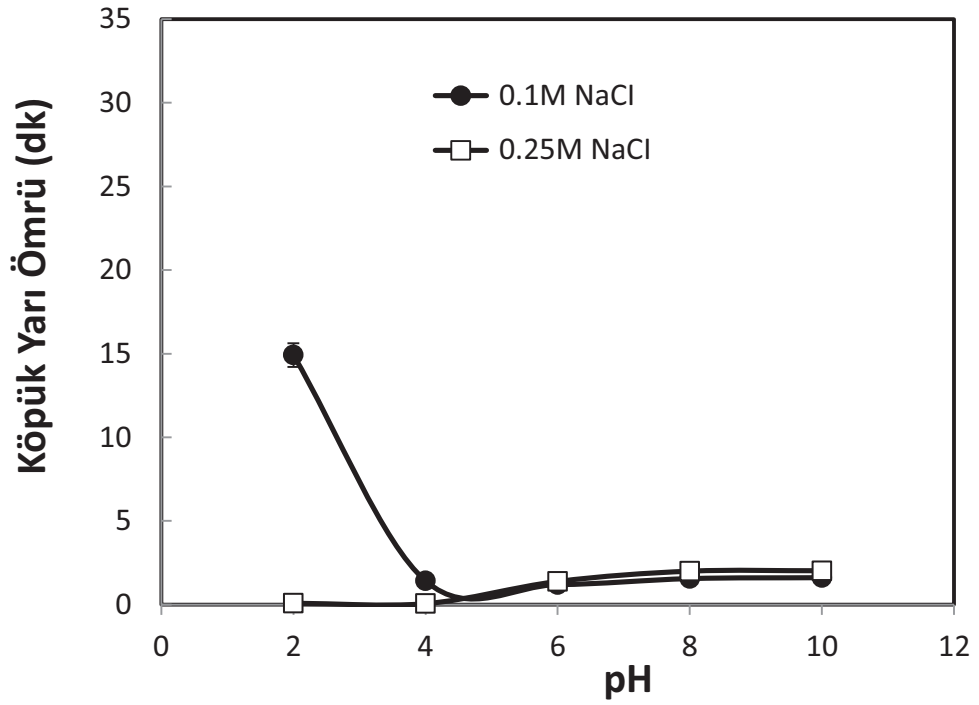
Şekil 4.16, ayrıca Ek N’de gösterilmiştir. Buna göre, KAPK-2’nin Şekil 4.15’de gösterilen KH sonuçları incelendiğinde, 0.1 M NaCl’de ve pH 2, pH 4 ve pH 6’da çözünen proteinlerin KH değerleri 0.25 M NaCl’de ve aynı pH’larda çözünen proteinlerin KH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Her iki tuz çözeltisinde pH 8 ve pH 10’da çözünen proteinlerin KH değerleri birbirine benzerdir, bununla birlikte genellikle bazik pH’larda bulunan KH değerleri daha yüksektir. KAPK-2’nin en yüksek KH değeri 0.1 M NaCl ve pH 10’da çözünen proteinleri ile belirlenmiştir (89.6 cm^3).



Şekil 4.15. KAPK-2’nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünen proteinlerinin köpük hacmi (cm^3) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH’sının etkisi.

Her iki tuz çözeltisinde pH 4’te çözünen proteinlerin KH değerleri en düşüktür ve aralarındaki fark önemli düzeydedir, örneğin 0.1 M ve 0.25 M NaCl çözeltisinde ve pH 4’te çözünen proteinlerin KH değerleri sırasıyla 76.1 cm^3

ve 34.4 cm³'tür. Tuz konsantrasyonundaki artış asidik bölgede KH değerlerini önemli düzeyde düşürmesine karşın, izoelektrik pH civarında ve bazik bölgede KH değerlerinde öneli bir azalma meydana gelmemiştir veya birbirine benzer bulunmuştur.



Şekil 4.16. KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonundaki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda farklı tuz çözeltilerinde bulunan KYÖ sonuçları Şekil 4.16'da ve Ek N'de gösterilmiştir. Buna göre, tuz çözeltilerinde genellikle KYÖ değerleri 2 dk ve altında kalmıştır. En yüksek KYÖ değeri KAPK-2'nin 0.1 M NaCl ve pH 2'de çözünen proteinler ile belirlenmiştir (14.9 dk), aynı çözeltide ve diğer pH'larda bulunan KYÖ değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir. KAPK-2'nin 0.1 M NaCl'de ve pH 2 ve pH 4'te çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri (sırasıyla 14.9 dk ve

1.4 dk), aynı pH derecelerinde 0.25 M NaCl'de çözünen proteinlerin KYÖ değerlerinden (0.1 dk) yüksek bulunmuştur. Fakat her iki çözeltinin pH 6, pH 8 ve pH 10'da çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri birbirine yakın olmakla birlikte değerler 2 dk veya altındadır.

KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda tuz çözeltilerindeki KH değerleri, aynı protein konsantrasyonunda distile suda bulunan KH değerlerine benzerdir. Yalnızca KAPK-1'in distile suda ve pH 2'de çözünen proteinlerinin KH değeri (98.1 cm^3), tuz çözeltilerinde saptanan KH değerlerinden daha yüksektir (Ek H ve Ek M). Bununla birlikte, KAPK-2'nin distile su ve tuz çözeltilerinde pH 6, pH 8 ve pH 10'da çözünen proteinlerinin KH değerleri birbirine yakın bulunurken, asidik pH'larda tuz konsantrasyonunun artması ile KH değerleri önemli düzeyde düşmüştür (Ek I ve Ek N). Genel olarak, %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve tuz çözeltilerinde en iyi KH değerleri KAPK-1'in çözünen proteinleri ile belirlenmiştir.

KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve tuz çözeltilerinde saptanan KYÖ (dk) değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek KYÖ değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 4'te çözünen proteinleri ile belirlenmiştir (30 dk), bunu yine aynı çözeltide sırasıyla pH 6 (17 dk) ve pH 8'deki (13 dk) KYÖ sonuçları izlemiştir. Genellikle, tuz çözeltilerinde, pH 4, pH 6 ve pH 8'de bulunan KYÖ değerleri distile suda belirlenenlerden yüksektir. Aynı pH'larda en yüksek KYÖ değerleri yukarıda değinildiği gibi 0.1 M NaCl çözeltisinde çözünen proteinler ile belirlenmiştir (Ek H ve Ek M). KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve tuz çözeltilerindeki KYÖ sonuçları

karşılaştırıldığında, distile suda pH 4, pH 8 ve pH 10'da çözünen proteinlerinin en yüksek KYÖ değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı pH derecelerinde tuz çözeltilerinde bulunan KYÖ değerleri de 2 dk veya daha altındadır. Yalnızca 0.1 M NaCl'de ve pH 2'de bulunan KYÖ değeri (14.9 dk), distile suda bulunan KYÖ değerinden daha yüksektir. Tuz konsantrasyonundaki artış ile birlikte, KAPK-2'nin KYÖ değerleri önemli düzeyde düşmüştür (Ek I ve Ek N). Genel olarak, %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hem distile su hem de tuz çözeltilerinde en iyi KYÖ (dk) değeri 0.1 M NaCl çözeltisinde KAPK-1'in çözünen proteinleri ile belirlenmiştir.

KAPK'lerinin köpük özellikleri üzerine NaCl'ün etkisinin pH'nın bir fonksiyonu olarak incelediğimiz çalışmamızda, KAPK'lerinin köpük özellikleri ortam pH'sı ve NaCl konsantrasyonundan etkilenmiştir. Akintayo *et al.* (1999)'un yaptığı bir araştırmada, güvercin bezelyesi protein konsantresinin köpük kapasitesinin NaCl ilavesi (%0.25<) ile arttığını bildirmişlerdir. Yazarlar bunu, bitkisel proteinlerin tuz çözeltilerindeki yüksek protein çözünürlüğü ve ayrıca NaCl'ün proteinlerin hava/su ara yüzeyine difüzyonu ve ara yüzeyde yayılımına yardımcı olmasıyla açıklamışlardır. Daha yüksek konsantrasyonda ise köpük kapasitesini olumsuz etkilemiştir. Idris *et al.* (2003)'ün buğday kepeği proteininin köpük özellikleri ile ilgili çalışmasında da benzer sonuçlara değinilmiştir. Akintayo *et al.* (1999) düşük konsantrasyondaki NaCl'ün protein çözünürlüğünü iyileştirdiği dolayısıyla emülsiyon ve köpük oluşumuna da katkıda bulunabileceğini ifade etmişlerdir. Tuz konsantrasyonu artırıldığında, meydana gelen köpüklerin daha yoğun olduğu fakat spesifik hacimlerinin

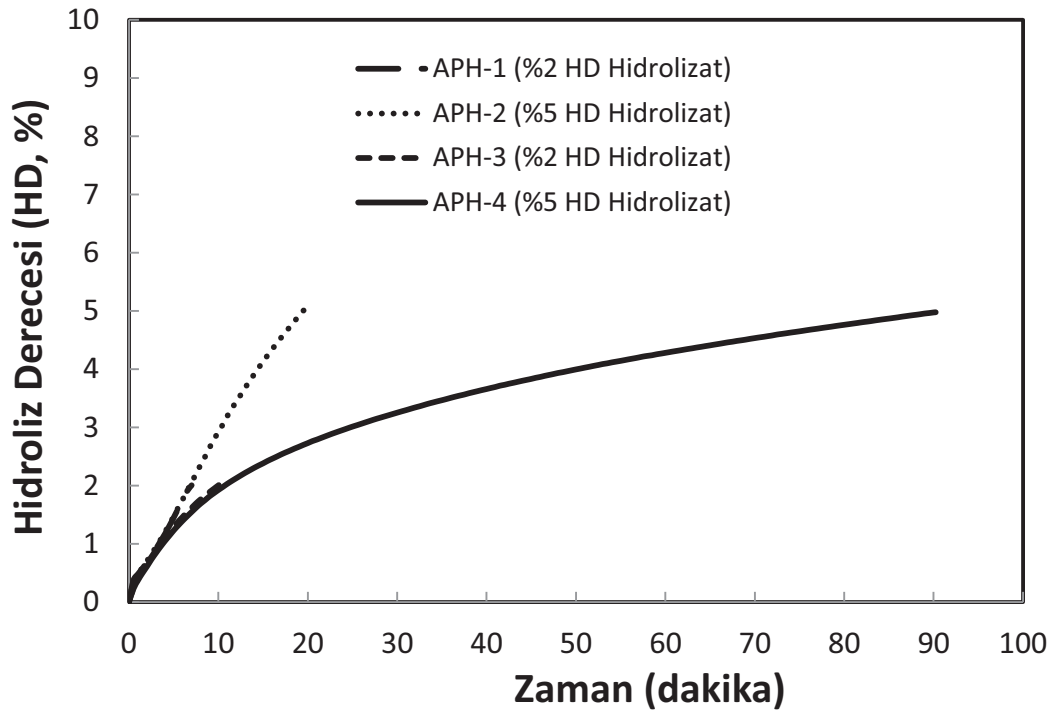
azaldığını bildirmişlerdir. Akintayo *et al.* (1999) güvercin bezelyesi protein konsantresinin köpük stabilitesinin, ortamdaki tuz (NaCl) konsantrasyonu, ortamın iyonik gücü ve protein konsantrasyonunun artırılması ile köpük stabilitesinin yükseldiğini ifade etmişlerdir. Kinsella *et al.* (1985)'nin bildirdiğine göre, ortamın iyonik gücü yükseldiğinde, köpük özelliklerinin tamamıyla zarar gördüğünü, çünkü iyonların, protein moleküllerindeki polipeptit zincirleri arasındaki kolombik (coulombic) kuvvetlerini azalttığını ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da KAPK-1'in köpük stabilitesi düşük NaCl konsantrasyonunda özellikle pH 4, pH 6 ve pH 8'de artmış, fakat NaCl konsantrasyonunun artırılması ile stabilite değerleri azalmıştır. KAPK-2'nin tuz çözeltilerindeki köpük stabiliteleri ortamın iyonik gücünden olumsuz etkilenmiş ve azalmıştır.

4.3. Kavuzsuz Arpa Protein Konsantrelerinin Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Enzim Hidrolizi Etkisinin pH'nın Bir Fonksiyonu Bakımından İncelenmesi

Araştırmamızın bu bölümünde KAPK-1 ve KAPK-2'nin enzim hidrolizi ile üretilen arpa protein hidrolizatlarının (APH) bazı fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. KAPK-1 ve KAPK-2, 50°C'de AlcalaseTM (Subtilisin Carlsberg) enzimi ile (E:S oranı 1:300) %2 ve %5 oranında sınırlı düzeyde hidroliz edilmiş, meydana gelen protein hidrolizatlarının (sırasıyla APH-1 ve APH-2; APH-3 ve APH-4) fonksiyonel özelliklerinden çözünürlük, emülsiyon ve köpük özellikleri model sistemlerde test edilmiştir. Proteinlerin enzim ile modifikasyonu, fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, örneğin çözünürlüğünün artırılması, emülsiyon kapasitesi ve stabilitesinin artırılması,

köpük kapasitesi ve stabilitesinin iyileştirilmesi gibi amaçlar için yapılmaktadır. Proteinlerin enzim modifikasyonu sonucu fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesi düşüncesi her protein için mümkün olmayabilir. Örneğin bir proteinin enzim hidrolizi sonucu meydana gelen hidrolizatlarının emülsiyon ve köpük kapasitesi artabilir, fakat emülsiyon ve köpük stabilitesi azalabilir. Bu sebeple proteinlerin enzimatik modifikasyonu oldukça sınırlı (*limited*) düzeyde yapılmalıdır.

Bu araştırmada KAPK-1 ve KAPK-2 protein konsantrelerinin sınırlı enzim hidrolizi yapılmış ve konsantrelerin zamana göre hidroliz derecesindeki değişimini gösteren grafikler Şekil 4.17’de verilmiştir.



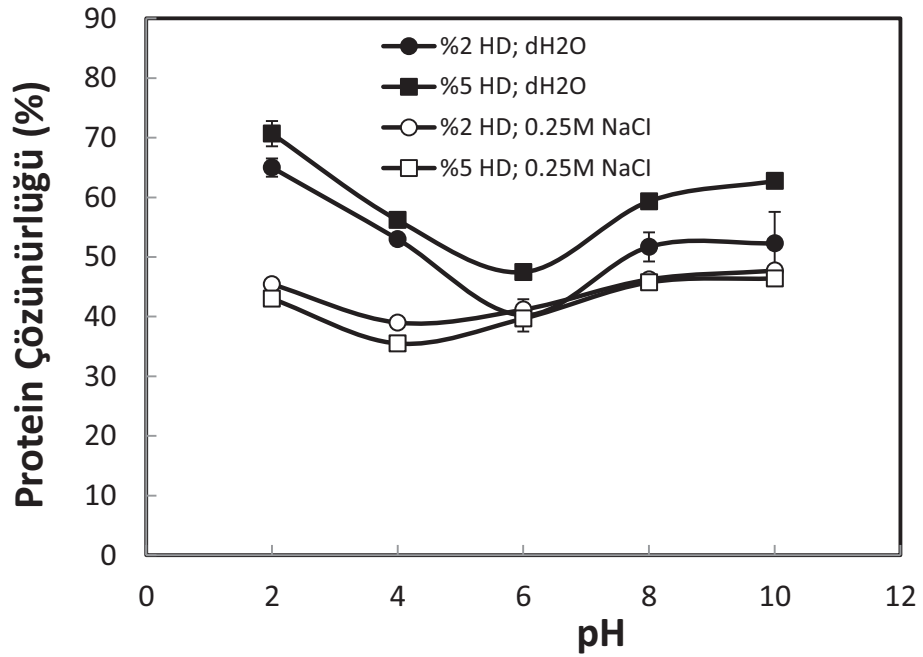
Şekil 4.17. KAPK-1 ve KAPK-2’den Alcalase (*Subtilisin carlsberg*) enzimi (E:S oranı 1:300) ile 50 °C’de üretilen %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) arpa protein hidrolizatlarının (APH) zamana göre hidroliz derecelerindeki değişim.

KAPK-1'in %2 ve %5 hidroliz derecesine, KAPK-2'nin enzimatik hidrolizine göre daha kısa sürede ulaşılmıştır. Örneğin, KAPK-1 ve KAPK-2'nin %2 hidroliz derecesine sırasıyla 7.0 ve 10.5 dakikada ulaşılırken, %5 hidroliz derecesine sırasıyla 20.0 ve 90.2 dakikada ulaşılmıştır.

Buna göre, KAPK-1 protein konsantresinin %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) hidrolizatlarının (sırasıyla APH-1 ve APH-2) %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile suda (dH_2O) ve 0.25 M NaCl'deki çözünürlük özellikleri üzerine pH'nın etkisi Şekil 4.18'de ve sırasıyla Ek O, Ek Ö'de gösterilmiştir. Protein hidrolizatlarının bu çözeltilerdeki çözünürlük özellikleri pH 2, 4, 6, 8, 10'da incelenmiştir. Şekil 4.18 incelendiğinde, APH-1 ve APH-2'nin genellikle distile sudaki protein çözünürlüğü tüm pH'larda (pH 6 hariç) tuzlu suda bulunan protein çözünürlüğü değerlerinden yüksektir. APH-2'nin distile suda protein çözünürlüğü değerleri, tüm pH derecelerinde, APH-1'in distile sudaki ve her iki hidrolizatın tuz çözeltisindeki protein çözünürlüğü değerlerine göre en yüksek bulunmuştur.

Distile suda, hidrolizatların protein çözünürlüğü aşırı asidik pH'dan pH 6'ya doğru azalmakta, aşırı bazik pH derecelerine doğru ise çözünürlük tekrar artış göstermektedir. APH-1 ve APH-2'nin distile suda aşırı asidik pH'daki (pH 2) protein çözünürlüğü değerleri (sırasıyla %65.0 ve %70.7), aşırı bazik pH'daki (pH 10) çözünürlük sonuçlarından (sırasıyla %52.3 ve %62.7) yüksektir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$). Distile suda her iki hidrolizatın protein çözünürlüğü değerleri pH 6'da en düşük olmakla birlikte APH-2'nin pH 6'daki protein çözünürlüğü (%47.5), APH-1'in çözünürlük değerinden (%40.2) yüksektir ($p < 0.05$).

Şekil 4.18'de APH-1 ve APH-2'nin 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü değerleri incelendiğinde, APH-1'in protein çözünürlüğü sonuçları tüm pH derecelerinde APH-2'den yüksek olmakla birlikte, aralarındaki fark pH 8'de bulunan değerler hariç istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). APH-1 ve APH-2'nin tuz çözeltisindeki en düşük protein çözünürlüğü pH 4'te bulunmuştur, bu pH'da bulunan protein çözünürlüğü değerleri sırasıyla %39.0 ve %35.5'tur ($p<0.05$). Tuz çözeltisinde APH-1 hidrolizatı ile pH 10'da en yüksek protein çözünürlüğü (%47.7) değeri belirlenmiştir ($p<0.05$). Tuz çözeltisinde her iki hidrolizatın bazik pH değerlerindeki protein çözünürlüğü sonuçları daha yüksek olmakla birlikte, APH-1'in pH 8 ve pH 10'daki sonuçları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$), fakat APH-2'nin aynı pH derecelerindeki fark istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0.05$).

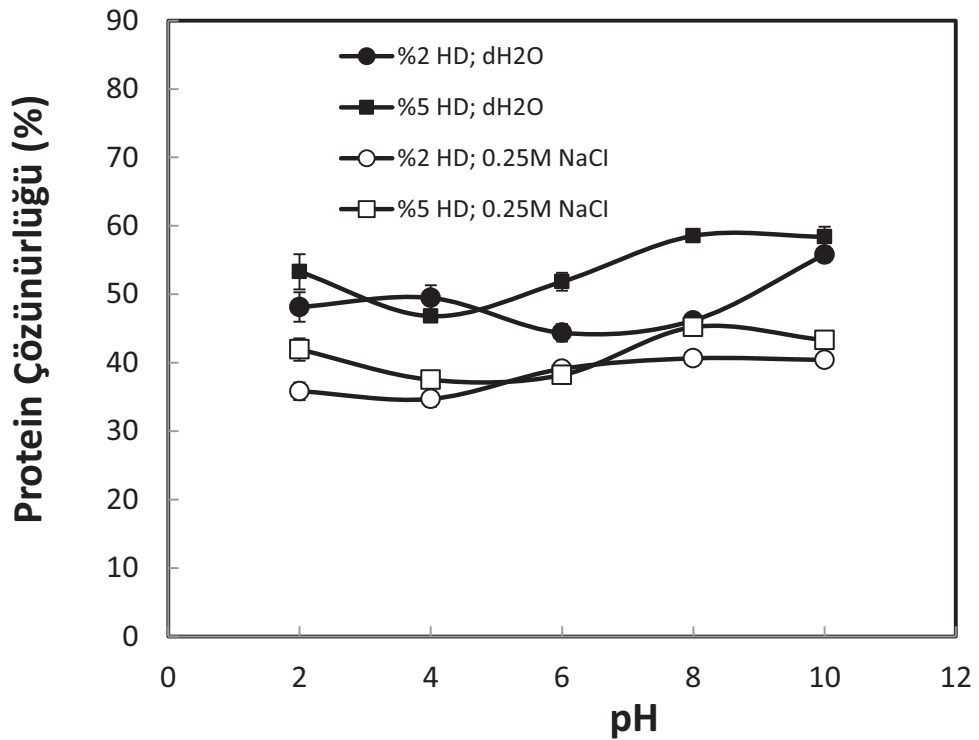


Şekil 4.18. APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda (dH2O) ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.

KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda ve distile sudaki protein çözünürlüğü sonuçları ile karşılaştırıldığında (Şekil 4.1), pH 4, pH 6 ve pH 8'de enzim hidrolizi olumlu sonuç vermiş ve APH-1 ve APH-2'nin aynı pH'larda protein çözünürlüğü distile suda ve 0.25 M NaCl'de artmıştır (Şekil 4.18). Diğer taraftan, KAPK-1'in distile suda ve pH 2'deki çözünürlük sonucu (%76.7), hidrolizatlarının aynı pH'daki çözünürlük sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Distile suda ve aşırı bazik pH'da (pH 10) ise bulunan protein çözünürlüğü sonuçları karşılaştırıldığında APH-2 hidrolizatının en yüksektir, bunu sırasıyla KAPK-1 ve APH-1'in çözünürlük sonuçları izlemektedir (sırasıyla Şekil 4.1 ve 4.18). APH-1 ve APH-2'nin protein çözünürlüğü değerleri, KAPK-1'in 0.25 M NaCl'deki çözünürlük sonuçlarına göre tüm pH derecelerinde önemli düzeyde yükselmiştir. KAPK-1'in sınırlı enzimatik hidrolizi ile birlikte tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü asidik ve bazik pH'larda %45 civarına yükselmiştir (Şekil 4.18, Ek O ve Ek Ö).

KAPK-2 protein konsantrasyonunun %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) hidrolizatlarının (sırasıyla APH-3 ve APH-4) %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile suda (dH₂O) ve 0.25 M NaCl'deki çözünürlük özellikleri üzerine pH'nın etkisi Şekil 4.19'da ve sırasıyla Ek P ve Ek R'da gösterilmiştir. Protein hidrolizatlarının bu çözeltilerdeki çözünürlük özellikleri pH 2, 4, 6, 8, 10'da incelenmiştir. Buna göre, Şekil 4.19 incelendiğinde, APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki protein çözünürlüğü değerleri tüm pH derecelerinde tuzlu sudaki değerlere göre daha yüksektir. APH-4'ün distile sudaki protein çözünürlüğü pH 4 hariç diğer tüm pH derecelerinde APH-3'ün çözünürlük değerlerinden yüksektir. Özellikle APH-4 ile pH 8 ve pH 10'da

bulunan değerler (sırasıyla %58.5 ve %58.4) her iki hidrolizatın distile suda bulunan çözünürlük değerleri arasında en yüksektir ve diğer çözünürlük değerleri ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Distile suda APH-3'ün pH 10'da çözünen proteinlerinin oranı ise %55.8'dir ($p<0.05$). Görüldüğü gibi her iki hidrolizatın distile suda ve aşırı bazik pH'da bulunan çözünürlük değerleri daha yüksektir. APH-3 ve APH-4'ün distile suda pH 2'de bulunan çözünürlük değerleri sırasıyla %48.1 ve %53.3'tür ($p<0.05$). Enzimatik hidroliz derecesinin yükselmesi ile birlikte izoelektrik noktanın pH 4 civarına kaydığı görülmüştür, nitekim APH-3 ile en düşük protein çözünürlüğü pH 6'da (%44.4) gözlenirken, APH-4 ile en düşük protein çözünürlüğü pH 4'de (%46.8) gözlenmiştir.



Şekil 4.19. APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'ün %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda (dH2O) ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.

Şekil 4.19'da APH-3 ve APH-4'ün 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü sonuçları incelendiğinde, APH-4'ün protein çözünürlüğü pH 6 hariç ($p>0.05$) diğer tüm pH derecelerinde APH-3'ün protein çözünürlüğü değerlerinden yüksektir ve değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). Tuzlu suda en yüksek protein çözünürlüğü APH-4 hidrolizatı ile pH 8'de (%45.2) belirlenmiştir ($p<0.05$). APH-4'ün aşırı asidik (pH 2) ve bazik (pH 10) pH derecelerinde bulunan protein çözünürlüğü değerleri sırasıyla %41.9 ve %43.3'tür ($p>0.05$). APH-3'ün pH 2 ve pH 4'teki protein çözünürlüğü değerleri, pH 6, pH 8 ve pH 10'daki çözünürlük değerlerinden düşük bulunmuştur ($p<0.05$, Şekil 4.19, Ek P ve Ek R).

Genel olarak KAPK-2'nin enzimatik hidrolizi ile üretilen APH-3 ve APH-4'ün distile su ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü sonuçları KAPK-2'nin aynı ortamlardaki protein çözünürlüğü sonuçlarından daha iyidir (sırasıyla Şekil 4.2 ve 4.10). KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü tüm pH'larda %40'ın altında iken, enzimatik hidroliz oranının %5'e çıkarılması ile distile suda ve pH 2, 6, 8 ve 10'daki çözünürlük değerleri % 50'nin üzerine çıkarılabilmektedir, hatta pH 4'teki çözünürlük değeri ise %40'ın üzerine çıkmıştır. KAPK-2'nin 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünürlük sonuçları %20'nin altında iken (Şekil 4.10), enzimatik hidroliz oranının %5'e çıkarılması ile protein çözünürlüğü pH 2, 8 ve 10'da %45 civarına kadar çıkarılabilmektedir. Şekil 4.19'da görüldüğü gibi APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki protein çözünürlüğü tuzlu sudaki çözünürlük değerlerinden daha üstündür.

Sonuç olarak, distile suda KAPK-1'den üretilen APH-1 ve APH-2'nin protein çözünürlüğü sonuçları, pH 6'da bulunan değerler dışındaki tüm pH'larda,

KAPK-2'den üretilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının çözünürlük sonuçlarından daha üstündür. Distile suda en iyi protein çözünürlüğü tüm pH'larda KAPK-1'den üretilen APH-2 ile yani %5 hidroliz derecesine sahip hidrolizat ile belirlenmiştir. Tuzlu suda (0.25 M NaCl) ise KAPK-1'den üretilen APH-1 ve APH-2'nin protein çözünürlüğü sonuçları tüm pH'larda, KAPK-2'den üretilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının çözünürlük sonuçlarından daha üstündür. Tuzlu suda en iyi protein çözünürlüğü tüm pH'larda KAPK-1'den üretilen APH-1 ile yani %2 hidroliz derecesine sahip hidrolizat ile belirlenmiştir.

Arpa protein hidrolizatlarının izoelektrik pH bölgesinde çözünürlük değerleri hidroliz olmamış protein konsantresine göre yükselmiştir. Hidrolizatların distile su ve tuz çözeltilerinde çözünürlüklerinin yükselmesi içecekler veya salata sosları gibi farklı gıdalardaki kullanılabilirliğini artırabilir. Diğer önemli bir sonuç, KAPK-1 ve KAPK-2'nin pH 6 civarında elde edilen düşük çözünürlük özelliğinin, enzimatik hidroliz ile artırılmış olmasıdır. Nötral pH'lardaki çözünürlüğün artırılmış olması, protein hidrolizatlarını yüksek proteinli içeceklerde, emülsifiye ve köpük tip gıdalarda kullanılma şansını artıracaktır (Yalçın & Çelik, 2007).

Literatürde, sınırlı enzimatik hidroliz ile üretilen zein proteini (Casella & Whitaker, 1990), soya protein izolatu (Qi *et al.*, 1997), pirinç kepeği proteini (Hamada, 2000), buğday glütini (Kong *et al.*, 2007) ve arpa protein izolatu (Yalçın & Çelik, 2007) hidrolizatlarının geniş pH aralıklarında çözünürlük özelliklerinin geliştirildiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Ruiz-Henestrosa *et al.* (2009) soya glisini ve hidrolizatları (%2 ve %6 hidroliz dereceli) ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, çözünürlüğü bazik pH değerinde yüksek bulmuşlardır, ayrıca pH değeri azaldıkça çözünürlüğün de azaldığını, yaklaşık pH 5 civarında en düşük çözünürlük değerlerini tespit etmişlerdir ve bu pH değerinde topaklanmanın (agregation) yüksek derecede olduğunu söylemişlerdir. Sınırlı hidrolizden sonra en yüksek protein çözünürlüğü ise asidik bölgede yani izoelektrik nokta civarında gözlenmiştir. Ruiz-Henestrosa *et al.* (2009) çözünürlüğün, diğer fonksiyonel özellikler üzerindeki etkisi (köpük ve emülsiyon kapasitesi) sebebiyle proteinlerin en önemli özelliklerinden biri olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, gıda sistemlerinde proteinlerin fonksiyonel özelliklerini sergileyebilmeleri için çözünürlüklerinin pH'ya bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

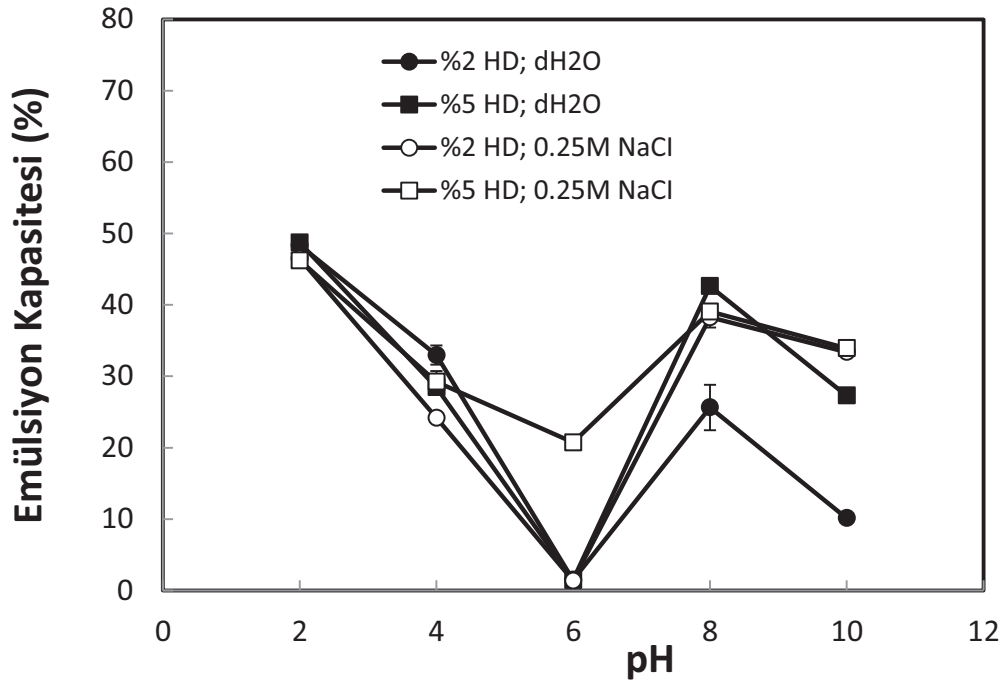
Wang *et al.*, (2008)'ün yaptığı bir araştırmada, %8'lik buğday glütenu, papain enzimi ile hidroliz edildikten sonra membran ultrafiltrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Buna göre, enzim modifiye buğday glütenu pH 3-10 aralığında orijinal buğday glütenune göre daha üstün çözünürlük özellikleri sergilemiştir. Enzimatik hidroliz burada da izoelektrik noktayı pH 6 ya kaydırmıştır. Enzim modifiye buğday hidrolizatının bazik pH derecelerindeki çözünürlük özelliği asidik pH'lardakinden daha yüksek bulunmuştur.

Buğday glutenu hidrolizatlarının çözünürlük özelliklerinin iyileşmesini ise gluten proteininin moleküler boyutlarının küçülmesine ve yeni, iyonlaşabilen amino ve karboksil gruplarının ortaya çıkmasına ve bunun da hidrofilitik /hidrofobiklik oranının değişmesine sebep olmasıyla açıklamışlardır (Wang *et al.*, 2008). Benzer şekilde Nielsen (1997) ise hidroliz derecesinin artmasıyla

birlikte proteinlerin çözünürlüğünün artmasını moleküler ağırlıktaki azalma ve polar grup sayısındaki artış sayesinde gerçekleştirdiğini bildirmiştir (Yalçın, 2004).

KAPK-1 protein konsantrasyonunun %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) hidrolizatlarının (sırasıyla APH-1 ve APH-2) %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile suda (dH_2O) ve 0.25 M NaCl'deki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine pH'nın etkisi Şekil 4.20 ve 4.21'de, ayrıca Ek S'de gösterilmiştir. Protein hidrolizatlarının bu çözeltilerdeki emülsiyon özellikleri pH 2, 4, 6, 8, 10'da incelenmiştir. Şekil 4.20 ve Ek S incelendiğinde, distile suda APH-1 ve APH-2 hidrolizatları ile en yüksek EK değerleri (sırasıyla %48.3 ve %48.7) pH 2'de belirlenmiş olup, EK değerleri birbirine benzerdir. Distile suda, hidrolizatlar ile en düşük EK değerleri pH 6'da belirlenmiş olup, KAPK-1'in distile su ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki EK değerlerinden düşüktürler. Sınırlı enzim hidroliz derecesinin artması sonucunda, APH-2 hidrolizatı ile distile suda ve pH 8 ve pH 10'da belirlenen EK değerleri, APH-1 ile aynı koşullarda bulunan EK değerlerinden yüksek bulunmuştur. Fakat distile suda her iki hidrolizat ile tüm pH'larda saptanan EK değerleri %50'nin altında kalmıştır.

Distile suda, APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının EK değerleri tüm pH derecelerinde KAPK-1'in distile sudaki EK değerlerine göre azalmıştır. Distile suda KAPK-1'in EK değerleri, hidrolizatların tuzlu sudaki EK değerlerinden genellikle yüksek bulunmuştur. Distile suda, enzimatik hidroliz ile genellikle APH-2 hidrolizatı ile en iyi EK sonuçları alınsa da, enzim hidrolizi ile KAPK-1'in distile sudaki EK değerlerine göre bir iyileşme sağlanamamıştır.



Şekil 4.20. APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.

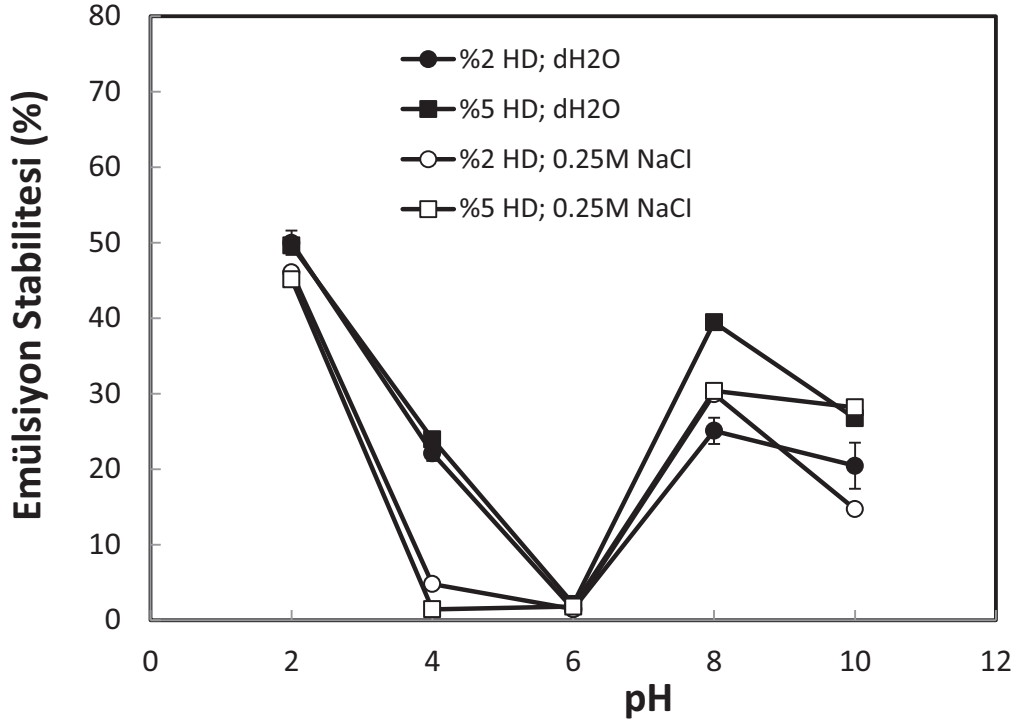
Şekil 4.20 ve Ek S'de tuzlu suda bulunan EK sonuçları incelendiğinde, APH-1 ve APH-2 hidrolizatları ile en yüksek EK değerleri birbirine yakın olmakla birlikte pH 2'de belirlenmiştir (sırasıyla %46.5 ve %46.2). Enzimatik hidroliz derecesindeki artış ile APH-2'nin, tuz çözeltisinde ve pH 4, pH 6 ve pH 8'de belirlenen EK değerlerinde bir miktar artış olmasına rağmen %50'nin altında kalmıştır. Örneğin, tuzlu suda ve pH 6'da APH-1 ve APH-2 ile belirlenen EK değerleri sırasıyla %1.4 ve %20.7 olarak belirlenmiştir. Her iki hidrolizatın tuzlu sudaki çözünür proteinlerinin EK değerleri pH'nın yükselmesi (pH 10) ile azalmıştır, bulunan değerler birbirine benzerdir. Tuzlu suda her iki hidrolizat ile pH 2, pH 6 ve pH 8'de bulunan EK değerleri KAPK-1'in aynı çözeltideki EK değerlerine göre azalmıştır. Bununla birlikte aynı koşullarda her iki hidrolizatın pH 4 ve pH 10'da bulunan EK değerleri, hidroliz olmamış KAPK-

1'in EK değerlerinden yüksek bulunmakla beraber %50'nin altında kalmıştır. Enzimatik hidroliz sonucu üretilen APH-1 ve APH-2'nin %0.25 (w/v) konsantrasyonda EK değerlerinde önemli düzeyde bir iyileşme sağlanamamıştır. Hem KAPK-1 ile hem de hidrolizatları ile tuzlu suda ve tüm pH'larda bulunan EK değerleri %50'nin altında belirlenmiştir. APH-1 ve APH-2 hidrolizatları ile hem distile suda hem de tuzlu suda en iyi EK değerleri pH 2'de belirlenmiştir.

Şekil 4.21 ve Ek S incelendiğinde, distile suda en yüksek ES değeri APH-1 hidrolizatı ile pH 2'de belirlenmiş (%50.0) olup, APH-2 hidrolizatının aynı pH'da bulunan ES değeri (%49.6) ile birbirine benzerdir, görüldüğü gibi her iki hidrolizatın distile suda ES değerleri, KAPK-1'in pH 2'deki ES değerine göre bir miktar yükselmiştir (Şekil 4.3). Distile suda ve pH 4 ve pH 10'da hidrolizatların ES değerleri önemli düzeyde azalmıştır. Aşırı asidik pH'daki ES değerleri %50 civarında olmakla birlikte her iki hidrolizat ile diğer pH'larda bulunan ES değerleri %50'nin altında kalmıştır. Genellikle, APH-1 ve APH-2'nin distile suda ve tüm pH'lardaki ES değerleri, hidroliz olmamış KAPK-1'in ES değerlerinden düşüktür, sonuç olarak enzim hidrolizi ile emülsiyon stabilitesinde önemli bir iyileşme sağlanamamıştır.

APH-1 ve APH-2 ile tuzlu suda en yüksek ES değerleri yine aşırı asidik pH'da (pH 2) belirlenmiş olup, bulunan ES değerleri sırasıyla %46.1 ve %45.2'dir. Bulunan değerler KAPK-1'in aynı pH'da 0.25 M NaCl çözeltisindeki ES değerinden yüksektir (Şekil 4.11). Diğer taraftan, APH-1 ve APH-2'nin diğer tüm pH'lardaki ES değerleri, aynı tuz çözeltisinde, KAPK-1'in ES değerlerine göre önemli miktarda azalmıştır. Enzim hidrolizi ile üretilen hidrolizatların tuz

çözeltisindeki ES değerlerinde, pH 2 dışındaki diğer pH derecelerinde önemli bir iyileşme sağlanamamıştır. Tuz çözeltisinde her iki hidrolizat ile belirlenen ES değerleri yine %50'nin altında belirlenmiştir (Şekil 4.21, Ek S).



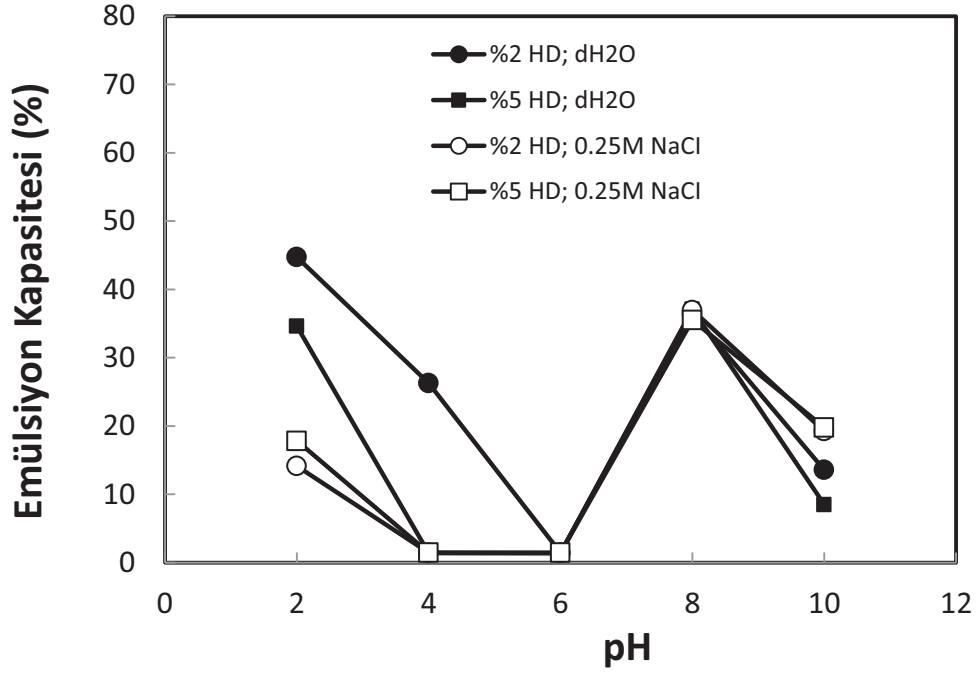
Şekil 4.21. APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözümlü proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.

Genel olarak incelendiğinde, KAPK-1'in distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki ES değerleri (sırasıyla Şekil 4.3 ve 4.11), tüm pH'larda hidrolizatlar ile belirlenen ES değerlerinden yüksektir. APH-1 ve APH-2 ile her iki ortamda ve pH 2'de ES değerlerinde bir miktar iyileşme sağlansa da yeterli düzeyde değildir (%50 civarında). Enzim hidrolizi sonucunda, özellikle pH 2 dışındaki diğer tüm pH derecelerinde ES değerleri önemli düzeyde azalmıştır.

KAPK-2 protein konsantresinin %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) hidrolizatlarının (sırasıyla APH-3 ve APH-4) %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile suda (dH_2O) ve 0.25 M NaCl'deki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine pH'nın etkisi sırasıyla Şekil 4.22 ve 4.23'de, ayrıca Ek Ş'de gösterilmiştir. Protein hidrolizatlarının bu çözeltilerdeki emülsiyon özellikleri pH 2, 4, 6, 8, 10'da incelenmiştir. Şekil 4.22 ve Ek Ş incelendiğinde, distile suda, enzim hidroliz oranının artması ile birlikte, pH 6 ve pH 8 dışında diğer tüm pH derecelerinde EK değerleri azalmıştır. KAPK-2 ve hidrolizatlarının distile sudaki çözünür proteinlerinin pH 6'daki EK değerleri enzim hidroliz oranının artması ile değişmemiştir ve en düşük bulunmuştur. Distile suda APH-4'ün pH 8'deki çözünür proteinlerinin EK değeri APH-3'e göre çok az düzeyde artmıştır (%37.1) fakat bu artış önemli düzeyde değildir. Distile suda en yüksek EK değeri APH-3'ün pH 2'deki çözünür proteinleri ile belirlenmiştir (%44.7). APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki çözünür proteinlerinin EK değerleri KAPK-2'nin genellikle tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin EK değerinden daha düşüktür. Enzim hidrolizi ile üretilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının EK özelliğinde önemli düzeyde azalma gözlenmiştir. KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin EK özelliği pH 6 dışında en yüksektir.

APH-3 ve APH-4'ün 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin EK değerleri incelendiğinde (Şekil 4.22, Ek Ş), pH 2, pH 8 ve pH 10'daki EK değerleri KAPK-2'nin aynı pH'lardaki EK değerlerine göre (Şekil 4.12) bir miktar artış göstermiştir, ancak bulunan değerler %50'nin altında kalmıştır.

APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının tuzlu sudaki çözünür proteinleri pH 4 ve pH 6'da emülsiyon kapasitesi özelliğini gösterememiştir. APH-3 ve APH-4'ün tuzlu sudaki çözünür proteinlerinin EK değerleri bazik pH derecelerinde asidik pH derecelerine göre bir miktar daha yüksektir.



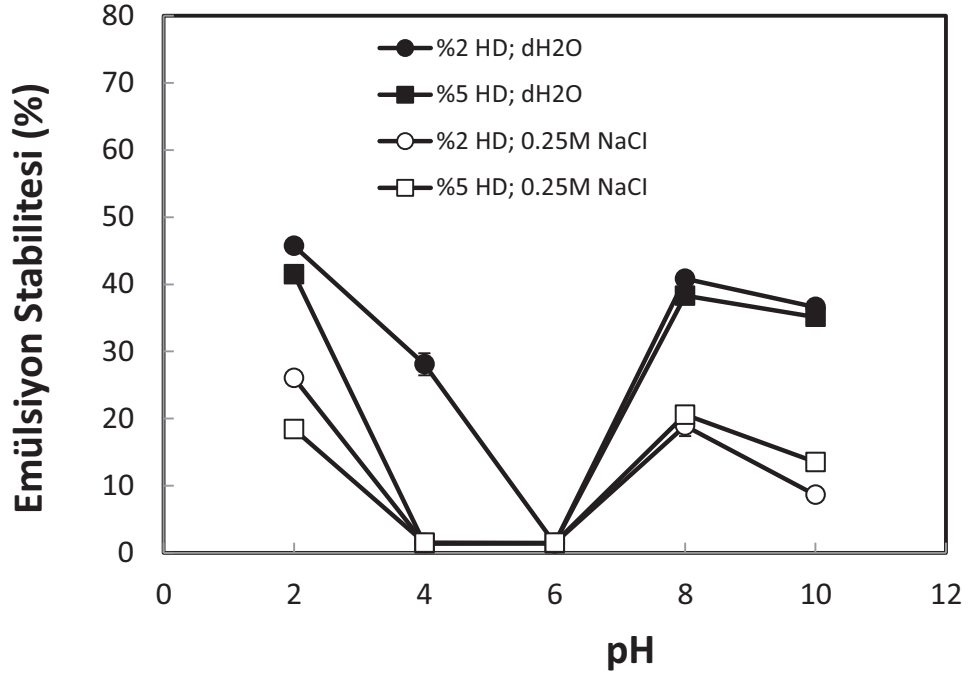
Şekil 4.22. APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.

Genel olarak Şekil 4.22 incelendiğinde, APH-3 ve APH-4'ün distile suda ve pH 2'deki EK değerleri, aynı pH'da tuzlu suda belirlenen EK değerlerinden yüksektir. KAPK-2'nin sınırlı enzim hidrolizi ile üretilen APH-3 ve APH-4'ün EK özelliği distile suda ve tuzlu sudaki tüm pH derecelerinde bir iyileşme gösterememiştir. Sonuç olarak, KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin EK değeri pH 6 hariç diğer tüm pH'larda daha üstündür.

APH-3 ve APH-4'ün Şekil 4.23 ve Ek Ş'deki emülsiyon stabilitesi (ES, %) sonuçları incelendiğinde, APH-3'ün distile suda ve pH 2'deki çözünür proteinlerinin ES değeri en yüksek bulunmuştur (%45.7). Hidrolizatların 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin ES değerleri tüm pH derecelerinde, distile suda saptanan ES değerlerine göre önemli düzeyde azalmış veya herhangi bir artış gösterememiştir. Hidrolizatların tuzlu suda ve distile sudaki çözünür proteinlerinin ES değerleri %50'nin altındadır.

KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin ES değerleri pH 6 dışındaki diğer tüm pH derecelerinde hidrolizatlarının distile sudaki ES değerlerinden daha yüksektir; pH 6'daki ES değerleri hidrolizatlar ile bulunan ES değerleri ile benzerdir. Görüldüğü gibi enzim hidrolizi ile üretilen APH-3 ve APH-4'ün emülsiyon stabilitesi özelliğinde bir iyileşme sağlanamamıştır. Aynı şekilde, hidrolizatların tuzlu suda ve pH 2 ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin ES değerleri, hidroliz olmamış KAPK-2'nin çözünür proteinlerinin ES değerine göre bir miktar artış gösterse de yeterli düzeyde değildir ve % 50'nin altındadır.

APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki çözünür proteinleri ile genellikle tüm pH derecelerinde en iyi ES değerleri belirlenmiştir; APH-3'ün genellikle tüm pH'larda distile sudaki ES değerleri daha iyi olmasına rağmen hidroliz olmamış KAPK-2'nin genellikle tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin ES değerlerinden düşüktür. Distile su ve tuzlu suda KAPK-2'nin enzim hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının pH 6'daki çözünür proteinlerinin ES değerlerinde bir iyileşme sağlanamamıştır (Şekil 4.23, Ek Ş).



Şekil 4.23. APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi.

KAPK-1 ve KAPK-2'nin enzim hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının emülsiyon özellikleri karşılaştırıldığında; KAPK-1'den üretilen APH-2 yani %5 hidroliz dereceli hidrolizat ve KAPK-2'den üretilen APH-3 yani %2 hidroliz dereceli hidrolizatın distile suda çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri daha iyi olmasına rağmen, hidroliz olmamış her iki protein konsantresinin emülsiyon özellikleri genellikle daha yüksektir.

KAPK-1, KAPK-2 ve hidrolizatlarının pH 6'daki çözünür proteinleri ile hem distile su hem de tuzlu suda genellikle en düşük emülsiyon özellikleri gözlenmiştir. Sonuç olarak KAPK-1 ve KAPK-2'nin enzim hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının distile su ve tuzlu sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri çalışılan tüm pH'larda bir gelişme gösterememiştir.

Arpa protein hidrolizatlarının emülsiyon özelliklerinde herhangi bir iyileşme sağlanamamasının sebeplerinin başında hidrolizat yüzeyindeki hidrofobik ve hidrofilik bölgelerin denge halinde bulunmaması gelmektedir. Distile su ve tuzlu sudaki emülsiyon özellikleri sonuçlarına bakıldığında, pH 4 ve pH 6'da düşük emülsiyon özelliklerinin artan protein-protein etkileşimi sonucu düşük yüzey hidrofobisitesi, düşük net yük ve dolayısıyla çözünürlüğün azalması ile açıklanabilir. Yim & Lee (2000)'nin soya proteinlerinin pH 4.5'da emülsiyon özelliklerinin azalmasını bu şekilde açıklamışlardır.

Celus *et al.* (2009), biracılık artığı protein hidrolizatlarının emülsiyon özelliklerinde yüzey hidrofobitesinin önemli olduğunu ifade etmiştir. Arpa protein hidrolizatları yağ globüllerinin etrafını sarıp, yağ/su ara yüzeyinde stabil bir ara yüzey filmi oluşturabilecek kabiliyette değildirler. Damodaran (2005) proteinlerin çeşitli proteazlar ile sınırlı enzimatik hidrolizi sonucu emülsiyon aktivite indeksinin yani emülsiyon kapasitesinin arttığını fakat aşırı hidroliz olmuş proteinlerin stabil olmayan emülsiyonlar meydana getirdiğini ifade etmiştir.

Bizim çalışmamızda sınırlı enzimatik hidroliz uygulanmasına rağmen, %2 ve %5 hidroliz derecesinde muhtemelen küçük peptitler meydana gelmiş ve bu peptitlerin yağ/su ara yüzeyine hızlı bir şekilde adsorpsiyonu ve ara yüzeyde yayılarak viskoelastik stabil film meydana getirmesi mümkün olamamıştır (Qi *et al.*, 1997; Yim & Lee, 2000). Yani emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi hidroliz olmamış protein konsantrelerine göre azalmıştır. Hidrolizatların emülsiyon özelliklerinin distile ve tuzlu suda düşük olmasının bir sebebi de emülsiyonda %50 oranında kullanılan sıvı yağ miktarıdır.

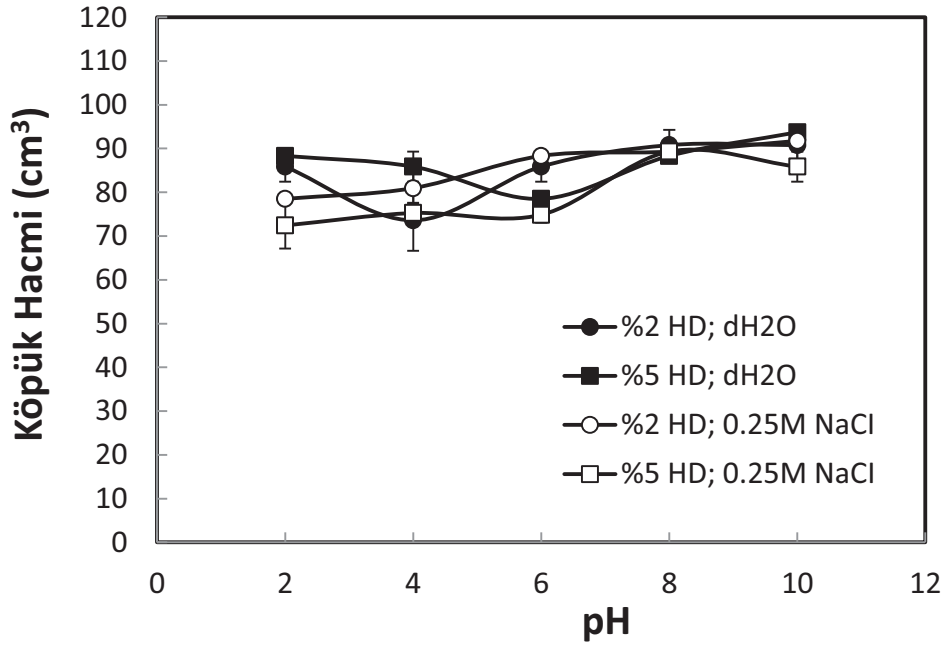
Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı, hidrolizatlar bu kadar yağın emülsiyonunu yapabilecek yüzey aktif özelliğe sahip olamamışlardır.

KAPK-1 protein konsantresinin %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) hidrolizatlarının (sırasıyla APH-1 ve APH-2) %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile suda (dH_2O) ve 0.25 M NaCl'deki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm^3) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine pH'nın etkisi sırasıyla Şekil 4.24 ve 4.25'de, ayrıca Ek T'de gösterilmiştir. Protein hidrolizatlarının bu çözeltilerdeki köpük özellikleri pH 2, 4, 6, 8, 10'da incelenmiştir. Buna göre, Şekil 4.24 ve Ek T incelendiğinde, APH-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin pH 2, pH 4 ve pH 10'daki KH değerleri (sırasıyla 88.3 cm^3 , 85.9 cm^3 , 93.7 cm^3), aynı pH'lardaki APH-1'in çözünür proteinlerinin KH sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Bu pH derecelerinde enzim hidroliz oranındaki artış ile KH değerleri de yükselmiştir.

Diğer yandan, distile suda APH-1'in pH 6 ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin KH değerleri (sırasıyla 85.9 cm^3 , 90.8 cm^3), APH-2'nin aynı pH'lardaki KH değerlerinden yüksektir; bu pH derecelerinde enzim hidroliz oranının artması ile KH değerleri de azalmıştır. Distile suda en yüksek KH değeri APH-2'nin pH 10'daki çözünür proteinleri ile belirlenmiştir (93.7 cm^3). Bunu sırasıyla pH 2 (88.3 cm^3) ve pH 4'de (85.9 cm^3) bulunan KH değerleri izlemiştir. En düşük KH değerleri APH-1'in çözünür proteinleri ile pH 4'te (73.6 cm^3), APH-2'nin çözünür proteinleri ile pH 6'da (78.5 cm^3) belirlenmiştir. Genellikle, distile suda APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının KH değerleri bazik pH bölgesinde daha yüksektir. KAPK-1'in distile suda genellikle tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin KH değerleri, hidrolizatların KH değerlerinden yüksektir; KAPK-

1'in enzimatik hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının KH değerlerinde bir iyileşme görülmemiştir.

Şekil 4.24 incelendiğinde, tuz çözeltisinde APH-1'in genellikle tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin KH değerleri APH-2'nin KH sonuçlarından daha yüksek belirlenmiştir; bununla beraber pH 8'de her iki hidrolizatın KH değerleri birbirine benzer (89.3 cm^3) bulunmuştur. Tuzlu suda en yüksek KH değeri APH-1'in pH 10'daki çözünür proteinleri ile sağlanmıştır (91.8 cm^3). Bunu sırasıyla aynı hidrolizatın pH 8 (89.3 cm^3) ve pH 6'daki (88.3 cm^3) KH değerleri izlemiştir. Enzim hidroliz oranının yükselmesi ile tuzlu suda pH 2, pH 4 ve pH 6'daki KH değerleri 80 cm^3 'ün altına düşmüştür. APH-1 ve APH-2'nin tuzlu sudaki KH değerleri bazik pH derecelerinde daha fazla gözlenmiştir.



Şekil 4.24. APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (cm^3) üzerine ortam pH'sının etkisi.

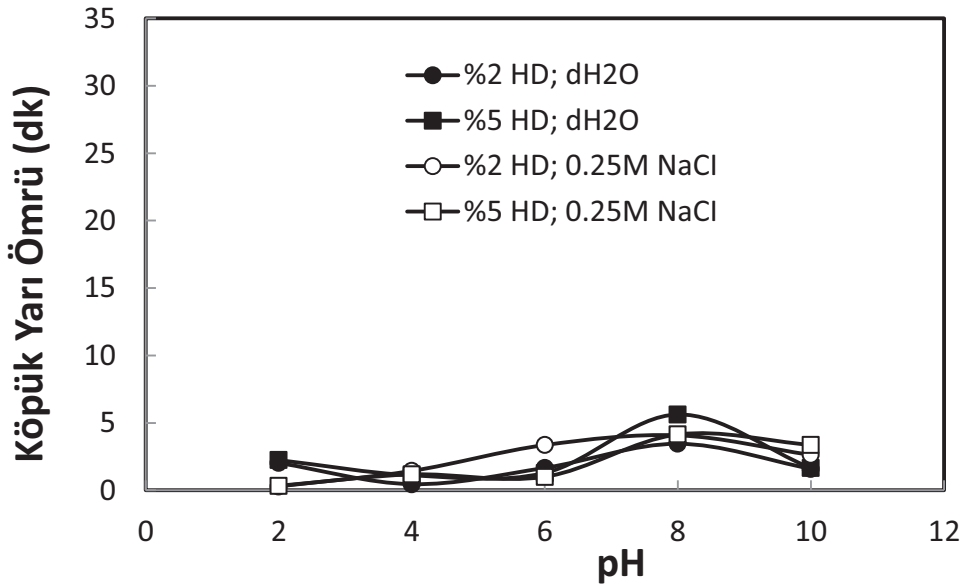
KAPK-1'in tuzlu suda ve çalışılan tüm pH derecelerinde çözünen proteinlerinin KH değerleri, APH-1 ve APH-2'nin KH değerlerinden daha yüksektir. Görüldüğü gibi KAPK-1'in enzim hidrolizi sonucu üretilen hidrolizatları ile tuz çözeltisinde daha yüksek KH değerlerine ulaşılamamıştır.

Şekil 4.24 ve Ek T genel olarak incelendiğinde, KAPK-1'in distile su ve tuzlu sudaki çözünen proteinlerinin KH değerleri tüm pH derecelerinde hidrolizatların aynı ortamlardaki çözünen proteinlerinin KH sonuçlarından genellikle daha fazladır. Genellikle, en iyi KH sonuçları APH-1 ve APH-2'nin distile sudaki çözünen proteinleri ile alınmıştır, özellikle APH-2'nin pH 2, pH 4 ve pH 10'daki KH değerleri daha yüksektir. Fakat distile su ve tuzlu suda APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının KH değerleri 100 cm³'ün altındadır. KAPK-1'in enzimatik modifikasyonu ile üretilen hidrolizatları ile köpük hacmi ya da köpük kapasitesi geliştirilememiştir.

KAPK-1'in enzim hidrolizi ile üretilen APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve 0.25 M NaCl'deki köpük özelliklerinden köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) sonuçları Şekil 4.25'de gösterilmiştir. Buna göre, APH-2'nin distile sudaki çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri, APH-1'in KYÖ değerlerinden genellikle daha yüksektir. Fakat her iki hidrolizatın pH 2, pH 6 ve pH 10'daki KYÖ değerleri birbirine yakın bulunmuştur. APH-1 ve APH-2'nin pH 2'deki çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri sırasıyla 2.0 dk ve 2.2 dk; pH 6'daki çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri sırasıyla 1.7 dk ve 1.3 dk; pH 10'daki çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri sırasıyla 1.6 dk ve 1.7 dk'dır. Distile suda APH-1 ve APH-2 ile en yüksek KYÖ değeri pH 8'deki çözünen proteinler ile sağlanmıştır, bulunan

KYÖ değerleri sırasıyla 3.5 dk ve 5.6 dk'dır. APH-1 ve APH-2'nin pH 4'teki çözünür proteinleri ile en düşük KYÖ sonuçları belirlenmiştir (Şekil 4.25).

KAPK-1'in distile sudaki KYÖ sonuçlarına göre APH-1 ve APH-2'nin pH 2'deki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri azalmış; pH 4'te APH-1'in KYÖ değeri değişmemiş fakat APH-2'in KYÖ değeri yükselmiş; pH 10'daki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri ise değişmemiştir. Enzimatik hidrolizin uygulanması sonucunda hidrolizatların pH 6'daki çözünür proteinlerinin KYÖ değerlerinde artış gözlenmiştir; KAPK-1, APH-1 ve APH-2'nin distile suda ve pH 6'daki KYÖ değerleri sırasıyla 0.2 dk, 1.7 dk ve 1.3 dk'dır. Enzim hidrolizi ile APH-2'nin distile suda ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin KYÖ değerinde önemli düzeyde artış sağlanmıştır (5.6 dk). KAPK-1 ve hidrolizatlarının pH 8'deki çözünür proteinlerinin KYÖ veya köpük stabilitesi genellikle tüm pH dereceleri içinde en yüksek olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.25. APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine ortam pH'sının etkisi.

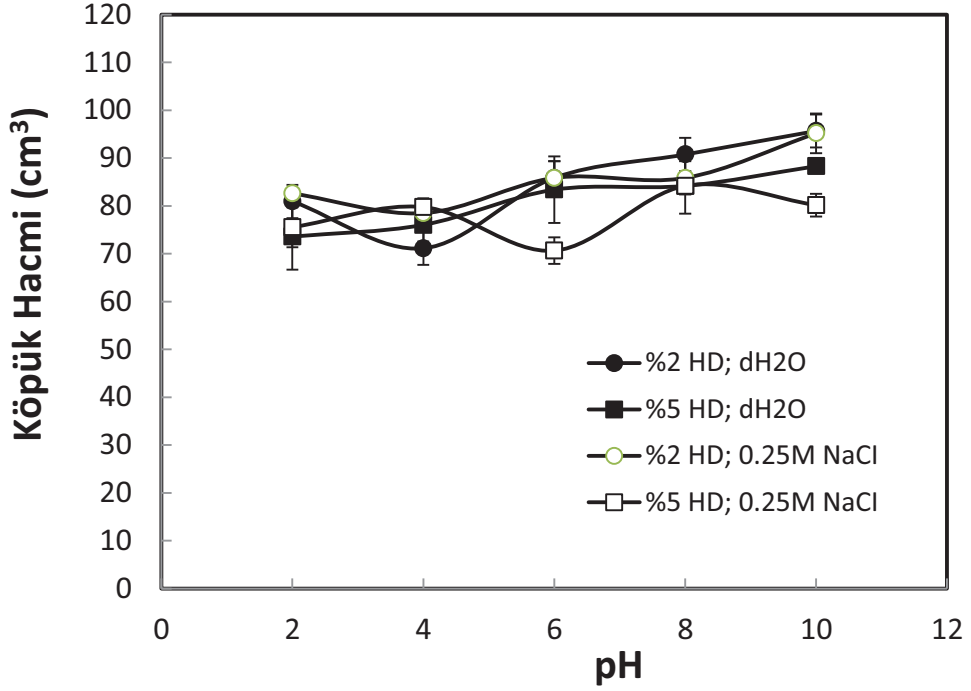
Tuzlu suda (0.25 M NaCl) hidrolizatların KYÖ sonuçları incelendiğinde, APH-1'in pH 4 ve pH 6'daki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri APH-2'nin aynı pH'lardaki KYÖ değerlerinden fazladır, yani bu pH derecelerinde enzim hidroliz oranının artması ile köpük stabilitesi azalmıştır. APH-1 ve APH-2'nin tuzlu suda pH 2 ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri birbirine benzerdir (sırasıyla 0.3 dk ve 4.1 dk), ayrıca hidrolizatlar ile pH 8'de bulunan KYÖ değeri (4.1 dk) en yüksek köpük stabilitesidir. Tuzlu suda ve aşırı bazik pH'da ise enzim hidrolizi ile birlikte KYÖ değerinde artış gözlenmiştir, buna göre APH-1 ve APH-2'nin pH 10'daki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri sırasıyla 2.6 dk ve 3.4 dk olarak belirlenmiştir.

KAPK-1'in 0.25 M NaCl çözeltisindeki KYÖ değerlerine göre APH-1 ve APH-2'nin pH 2 ve pH 4'teki KYÖ değerlerinde bir artış meydana gelmiştir. Tam tersine, hidrolizatların tuzlu suda ve pH 6 ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri, KAPK-1'in aynı koşullardaki KYÖ sonuçlarına göre düşmüştür. Tuzlu suda ve aşırı bazik pH'da ise KAPK-1 ve APH-2'nin KYÖ değerleri (sırasıyla 3.3 dk ve 3.4 dk) birbirine benzerdir; APH-1'in aşırı bazik pH'daki KYÖ değeri ise daha düşüktür (2.6 dk).

KAPK-1'in enzim hidrolizi ile üretilen APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının %025 (w/v) protein konsantrasyonunda, distile su ve tuz çözeltisindeki köpük özellikleri genel olarak incelendiğinde; distile suda APH-2'nin yani %5 hidroliz dereceli hidrolizatın çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri en iyi sonucu vermiştir. APH-2 hidrolizatının distile sudaki KYÖ değerleri, pH 2 dışındaki tüm pH'larda, KAPK-1'in KYÖ değerlerinden daha iyidir. Tuzlu suda ise genellikle APH-1 hidrolizatı ile en iyi sonuç sağlanmıştır. Genel olarak,

hidrolizatların, tuzlu suda, pH 2 dışındaki diğer pH'lardaki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri daha üstün bulunmuştur (Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Ek T).

KAPK-2 protein konsantresinin %2 ve %5 hidroliz dereceli (HD) hidrolizatlarının (sırasıyla APH-3 ve APH-4) %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile suda (dH_2O) ve 0.25 M NaCl'deki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm^3) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine pH'nın etkisi sırasıyla Şekil 4.26 ve 4.27'de, ayrıca Ek U'de gösterilmiştir. Protein hidrolizatlarının bu çözeltilerdeki köpük özellikleri pH 2, 4, 6, 8, 10'da incelenmiştir. Buna göre, Şekil 4.26 ve Ek 23 incelendiğinde, distile suda APH-3'ün pH 4 dışındaki diğer tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin KH değerleri, APH-4'ün KH değerlerinden daha yüksek bulunmuştur; yani enzim hidroliz oranının artmasıyla birlikte pH 4 dışındaki diğer pH derecelerinde KH değerleri azalmıştır. Distile suda en yüksek KH değeri APH-3'ün pH 10'daki çözünür proteinleri ile belirlenmiştir (95.7 cm^3); bunu yine APH-3 hidrolizatının pH 8'de çözünen proteinlerinin KH değeri (90.8 cm^3) ve APH-4'ün pH 10'da çözünen proteinlerinin KH değeri (88.3 cm^3) izlemiştir. Distile suda, APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının çözünür proteinleri ile bazik pH bölgesinde daha yüksek KH değerleri belirlenmiştir. APH-4'ün distile suda ve pH 4'teki çözünür proteinlerinin KH değeri (76.0 cm^3), APH-3'ün aynı pH'daki değerinden (71.1 cm^3) daha yüksektir. Distile suda en düşük KH değeri APH-3'ün pH 4'teki çözünür proteinleri ile belirlenirken, APH-4'ün en düşük KH değeri pH 2'de çözünen proteinleri ile saptanmıştır. APH-4'ün distile sudaki KH değerleri pH 2'den pH 10'a doğru bir artış göstermiştir.



Şekil 4.26. APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (cm³) üzerine ortam pH'sının etkisi.

KAPK-2'nin distile suda, pH 2 ve pH 4'teki çözünür proteinlerinin KH değerleri, hidrolizatlarının aynı pH derecelerindeki KH değerlerinden yüksektir, yani asidik pH'larda, enzim hidrolizi sonucunda olumlu sonuç alınamamış, KH değerleri düşmüştür. KAPK-2'nin distile suda en düşük KH değeri pH 6'da çözünen proteinleri ile belirlenmiştir, aynı pH'da APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının KH değerleri (sırasıyla 85.9 cm³ ve 83.4 cm³) daha fazla bulunmuştur. Görüldüğü gibi izoelektrik nokta civarında, enzim hidrolizi ile köpük kapasitesi artırılabilmiştir. Yine distile suda, KAPK-2'nin sınırlı enzim hidrolizi ile üretilen APH-3'ün KH değerleri bazik pH'larda daha fazla iken, enzim hidroliz oranının artması ile KH değerleri bazik pH'larda KAPK-2'nin KH değerlerine göre düşmüştür. KAPK-2'nin hidrolizatlarının distile sudaki KH özelliği kıyaslandığında, en iyi sonuç genellikle APH-3'ün çözünür

proteinleri ile sağlanmıştır. Ayrıca, APH-3'ün distile suda pH 6, pH 8 ve pH 10'daki çözüner proteinlerinin KH değerleri, KAPK-2'nin aynı pH'larda bulunan değerlerinden daha yüksektir.

APH-3 ve APH-4'ün 0.25 M NaCl çözeltisindeki KH sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.26, Ek U), APH-3'ün çözüner proteinlerinin KH değerleri, pH 4 dışında diğer tüm pH'larda APH-4'ün KH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Diğer bir deyişle, enzim hidroliz oranının artırılması ile pH 4 dışındaki diğer pH derecelerinde köpük kapasitesi düşmüştür. Tuzlu suda en yüksek KH değeri APH-3'ün pH 10'da çözünen proteinleri ile belirlenmiştir (95.2 cm³), bunu aynı hidrolizatın sırasıyla pH 6 ve pH 8'deki KH sonuçları (85.9 cm³) izlemiştir. Tuzlu suda bazik pH derecelerinde KH değerleri daha yüksek bulunmuştur. APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının tuzlu sudaki en düşük KH değerleri, sırasıyla pH 4 (78.5 cm³) ve pH 6'da (70.7 cm³) çözünen proteinleri ile saptanmıştır.

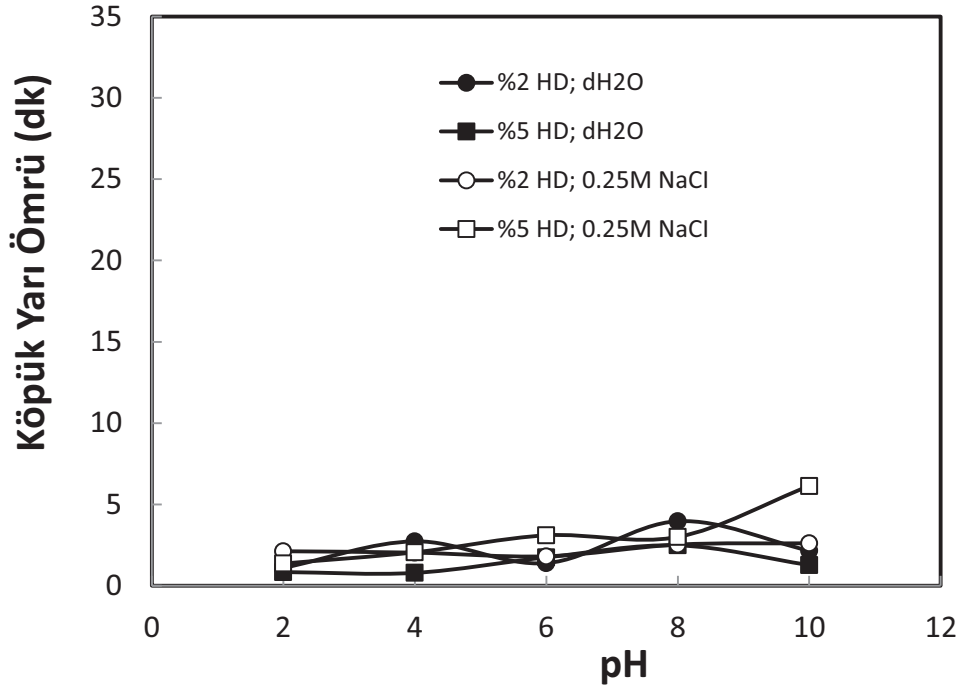
KAPK-2'nin enzim hidrolizi sonucu üretilen hidrolizatlarının tuzlu suda ve asidik pH derecelerindeki KH değerleri, KAPK-2'nin aynı koşullardaki KH sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Enzimatik modifikasyon ile asidik pH'daki KH değerlerinde artış sağlanmıştır. Aynı durum, APH-3'ün tuzlu suda pH 6 ve pH 10'daki KH değerleri için de geçerli olup, sınırlı enzim hidrolizi ile köpük kapasitesi önce artmış fakat enzim hidroliz oranının %5'e çıkmasıyla (APH-4) tuzlu suda pH 6 ve pH 10'daki çözüner proteinlerinin KH değerleri azalmıştır. Bununla beraber, tuzlu suda APH-3 ve APH-4'ün pH 8'deki KH değerleri, KAPK-2'nin aynı pH'daki KH değerine göre azalmıştır; görüldüğü gibi enzim hidrolizi ile pH 8'de köpük kapasitesi iyileştirilememiştir.

Tuzlu suda, hidrolizatlar arasında en iyi KH sonuçları APH-3'ün tüm pH'larda çözünen proteinleri ile belirlenmiştir; ayrıca, APH-3'ün köpük kapasitesi sonuçları genellikle tüm pH derecelerinde KAPK-2'nin köpük hacmi değerlerinden yüksek bulunmuştur.

Genel olarak bakıldığında, KAPK-2'den enzim hidrolizi ile üretilen APH-3 hidrolizatı ile tuzlu suda ve genellikle tüm pH derecelerinde en iyi KH sonuçları tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle, %2 hidroliz dereceli hidrolizat ile tuzlu suda, KAPK-2 ile bulunan değerlere göre en iyi KH sonuçları alınmıştır, fakat APH-3 ve KAPK-2'nin distile sudaki KH değerleri birbirine benzerdir.

APH-3 ve APH-4'ün %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünen proteinlerinin KYÖ (dk) sonuçları Şekil 4.27 ve Ek U'de gösterilmiştir. Buna göre, distile suda APH-3'ün çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri pH 6 dışındaki diğer tüm pH'larda APH-4'ün KYÖ değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Görüldüğü gibi enzim hidroliz oranının artması ile KYÖ değerleri genellikle tüm pH derecelerinde azalmıştır. Fakat izoelektrik pH civarı olduğu düşünülen pH 6'da KYÖ değerinde çok az artış meydana gelmiştir. Distile suda en yüksek KYÖ değeri APH-3'ün pH 8'deki çözünen proteinlerle belirlenmiştir (4.0 dk). Bunu sırasıyla APH-3'ün pH 4'te çözünen proteinlerinin KYÖ değeri (2.7 dk) ve APH-4'ün pH 8'de çözünen proteinlerinin KYÖ değeri (2.5 dk) izlemiştir. Distile suda APH-3'ün asidik ve bazik pH bölgelerinde çözünen proteinleri ile en yüksek KYÖ değerleri tespit edilmiştir. Enzim hidrolizi sonucunda üretilen hidrolizatların distile suda, pH 6 dışındaki diğer tüm pH derecelerinde KYÖ değerlerinde önemli düzeyde azalma gözlenmiştir. Buna ek olarak, distile

suda APH-4'ün asidik pH'lardaki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri 1.0 dk'nın altında kalmıştır. Distile suda en düşük KYÖ değeri APH-4'ün pH 4'deki çözünür proteinleri ile belirlenmiştir (0.8 dk); diğer yandan APH-3 ile distile suda bulunan en düşük KYÖ değeri ise pH 2'de saptanmıştır (1.1 dk).



Şekil 4.27. APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük yarı-ömrü (dk) üzerine ortam pH'sının etkisi.

KAPK-2'nin distile sudaki KYÖ değerleri pH 6 dışındaki diğer tüm pH'larda APH-3 ve APH-4'ün KYÖ değerlerinden oldukça yüksek bulunmuştur; pH 6'da ise hidrolizatların KYÖ değerleri çok az artmıştır. Özellikle distile suda KAPK-2'nin pH 4 ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri, enzimatik modifikasyondan olumsuz etkilenmiş ve köpük stabilitesi önemli düzeyde azalmıştır. Distile suda en iyi KYÖ sonuçları genellikle APH-3 hidrolizatı ile alınmıştır.

APH-3 ve APH-4'ün %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin KYÖ (dk) sonuçları Şekil 4.27 ve Ek U'de gösterilmiştir. Buna göre, APH-4'ün pH 2 dışındaki diğer tüm pH derecelerindeki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri APH-3'den daha fazla bulunmuştur. APH-4'ün pH 2 dışındaki diğer pH derecelerinde KYÖ değerleri enzim hidroliz oranının artması ile birlikte KYÖ değerleri de artmıştır. Tuzlu suda en yüksek KYÖ değeri APH-4'ün pH 10'da çözünen proteinleri ile sağlanmıştır (6.1 dk). Bunu sırasıyla yine aynı hidrolizatın pH 6 (3.1 dk) ve pH 8'de (3.0 dk) çözünen proteinlerinin KYÖ değerleri izlemiştir. Tuzlu suda her iki hidrolizat ile bazik pH bölgesinde genellikle daha yüksek KYÖ değerleri belirlenmiştir. Enzim hidroliz oranının artması ile birlikte pH 2'deki çözünür proteinlerin KYÖ değerleri veya köpük stabiliteleri önemli düzeyde azalmıştır.

KAPK-2'nin 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin KYÖ sonuçları ile karşılaştırıldığında, APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının KYÖ değerleri tüm pH'larda daha yüksek bulunmuştur. KAPK-2'nin enzimatik hidrolizi ile birlikte tuzlu sudaki köpük stabilitesi iyileştirilmiştir, diğer bir deyişle enzim hidrolizi olumlu sonuç vermiştir. Tuzlu suda genellikle en iyi sonuç APH-4 veya KAPK-2'nin %5 hidroliz dereceli hidrolizatı ile sağlanmıştır. Genel olarak incelendiğinde, tüm pH derecelerinde, KAPK-2'nin enzimatik modifikasyonu ile distile suda KYÖ değerleri önemli düzeyde azalırken, tuzlu sudaki KYÖ değerlerinde önemli artışlar meydana gelmiştir.

Sonuç olarak, KAPK-1'in enzimatik modifikasyonundan sonra elde edilen APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının hem distile su hem de tuzlu suda çözünen

proteinlerinin KH değerleri genellikle daha iyi sonuç vermiştir. Bununla beraber, APH-1 ve APH-2'nin distile suda nen proteinleri genellikle tüm pH derecelerinde en iyi KY sonuçlarına sahiptir. KAPK-2'nin enzimatik modifikasyonundan sonra elde edilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatları ise tuzlu suda genellikle tüm pH'larda en iyi KY sonuçlarına sahiptir.

Literatürde soya protein izolatu, fıstık, mısır zeini ve buğday gluteni gibi proteinler üzerinde yapılan bazı çalışmalar bitkisel protein hidrolizatlarına olan ilgiyi artırmıştır. Yalçın *et al.* (2008) kavuzsuz arpa protein izolatının hidrolizinden sonra hidrolizatlarının köpük oluşturma kabiliyetlerinin azaldığını, en düşük köpük hacmi değerinin hidrolizden sonra pH 6'dan pH 4'e kaydığını ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada, kavuzsuz arpa protein hidrolizatlarının hidroliz derecesinin %6'ya çıkması ile köpük stabilitesinin azaldığı görülmüştür. Yalçın *et al.* (2008) köpük stabilitesi üzerine ortam pH'sı ve protein konsantrasyonunun etkisinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Fakat Were *et al.* (1997) soya proteinlerini papain ile modifiye ettikten sonra pH 7'deki köpük kapasitesinde yükselme gözlemlemiştir. Ruiz-Henestrosa *et al.* (2009)'un çalışmasına göre soya glisinin en iyi köpük kapasitesi ve gaz (N₂) tutması pH 7'de görülmüştür, bunu daha çok pH 7'de proteinlerin hava/su ara yüzeyine hızlı bir şekilde adsorbe olarak yüzey filmi meydana getirmesiyle açıklamışlardır. Ayrıca, pH 7'de soya glisin ve hidrolizatlarının köpük kapasitesinin benzer olduğu ve protein konsantrasyonuna bağlı olmadığı ifade edilmiştir. Glisin hidrolizatlarının köpük stabiliteleri pH 7'de protein konsantrasyonuna bağlı olarak artmıştır. Ayrıca, pH'ya bağlı olarak hidroliz derecesinin köpük kapasitesini etkilediği bildirilmiştir (Ruiz –

Henestrosa *et al.*, 2009). Ruiz-Henestrosa *et al.* (2009) soya glisini ve hidrolizatları ile ilgili yaptıkları çalışmada köpük stabilitesinin protein konsantrasyonuna, pH'ya ve hidroliz derecesine bağlı olduğunu söylemişlerdir. Enzim hidrolizinden sonra özellikle izoelektrik nokta civarında (pH 5) köpük stabilitesinin arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, çözünürlük ve protein konsantrasyonunun artmasıyla hava/su ara yüzeyine daha fazla protein adsorplanacağından köpük stabilitesinin artabileceğini ifade etmişlerdir. Köpük stabilitesinin belli bir pH'da düşük olmasının sebebini o pH'da ara yüzeyde yüksek protein agregasyonundan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir (Ruiz-Henestrosa *et al.*, 2009). Wang *et al.*, (2008) de enzim hidrolizinden sonra gluten hidrolizatlarının köpük kapasitesinin pH 5, pH 7 ve pH 8'de yükseldiğini bildirmişlerdir.

BÖLÜM 5

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Araştırmamızda yağsız kavuzsuz arpa unundan pH 9 ve pH 11.2'de ekstrakte edilen ve iki farklı pH (~pI) noktasında (sırasıyla pH 5 ve 5.4) presipitasyonu yapılarak kavuzsuz arpa protein konsantreleri (KAPK) izole edilmiştir, bunlar sırasıyla KAPK-1 ve KAPK-2 olarak tanımlanmıştır. KAPK-1 ve KAPK-2'nin % verimleri sırasıyla %1.22 ve %9.33 olarak bulunmuştur. KAPK-1 ve KAPK-2'nin kuru madde üzerinden protein miktarları ise sırasıyla %70.6 ve %90.7 olarak belirlenmiştir.

2. KAPK-1'in sınırlı enzim hidrolizi ile üretilen %2 (APH-1) ve %5 (APH-2) hidroliz dereceli protein hidrolizatlarının kuru madde üzerinden protein miktarları sırasıyla %68.7 ve %69.4 olarak bulunmuştur.

3. KAPK-2'nin sınırlı enzim hidrolizi ile üretilen %2 (APH-3) ve %5 (APH-4) hidroliz dereceli protein hidrolizatlarının kuru madde üzerinden protein miktarları sırasıyla %90.7 ve %89.3 olarak belirlenmiştir.

4. Bu araştırmada üretilen kavuzsuz arpa protein konsantreleri ve hidrolizatlarının fonksiyonel özelliklerinden protein çözünürlüğü, emülsiyon özellikleri ve köpük özellikleri model test sistemlerinde incelenmiştir. Buna göre, araştırmamız üç farklı etkinin ayrı ayrı incelendiği üç kısma ayrılmıştır:

A. Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin distile suda bazı fonksiyonel özellikleri üzerine protein miktarının etkisi pH'nın bir fonksiyonu bakımından incelenmiştir.

Distile suda %0.25, %0.5 ve %1.0 (w/v) olmak üzere üç farklı protein konsantrasyonunun etkisi pH'nın bir fonksiyonu olarak çalışılmıştır. Buna göre,

i. Tüm konsantrasyonlarda ve tüm pH değerlerinde KAPK-1'in protein çözünürlüğü değerleri KAPK-2'den daha yüksek bulunmuştur. En yüksek protein çözünürlüğü değerleri KAPK-1 ile %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda tüm pH'larda gözlenmiştir. KAPK-2'nin tüm pH'larda protein çözünürlüğü üzerine protein konsantrasyonu artışının önemli bir etkisi olmamış ve protein çözünürlüğü azalmıştır. Protein konsantrelerinin her ikisinde de en düşük protein çözünürlüğü pH 6'da gözlenmiştir. Protein konsantrelerinin izoelektrik noktasının pH 6 civarında olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.1 ve 4.2).

ii. En iyi emülsiyon kapasitesi (EK) değerleri her iki protein konsantresi ile asidik pH'larda %0.5 ve %1.0 protein konsantrasyonlarında bulunmuştur, bu koşullarda EK değerleri birbirine benzer olmakla birlikte %50'nin üzerindedir. En iyi ES değerleri KAPK-1 protein konsantresi ile asidik pH'larda ve %0.5 protein konsantrasyonunda sağlanırken, KAPK-2 protein konsantresi ile yine asidik pH'larda %0.5 ve %1.0 protein konsantrasyonlarında elde edilmiştir, bu koşullarda her iki protein konsantresinde ES değerleri birbirine benzer olmakla birlikte %50'nin üzerindedir. Genellikle tüm pH'larda KAPK-1'in emülsiyon özellikleri KAPK-2'ye göre daha yüksektir (Şekil 4.3 ve 4.4).

iii. Genel olarak her iki protein konsantresinin KH değerleri üzerine protein konsantrasyonu ve ortam pH'sının etkisi benzer bulunmuştur (Şekil 4.5 ve 4.7). Distile suda en iyi KH sonuçları, KAPK-1'in %0.5 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarında çözünen proteinler ile pH 6 hariç diğer tüm pH'larda belirlenmiştir. KAPK-2'nin KH değerleri üzerine protein konsantrasyonu ve pH'nın önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. KAPK-2'nin KYÖ sonuçları üzerine protein konsantrasyonu ve pH'nın önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. En yüksek KYÖ değerleri tüm konsantrasyonlarda ve pH 6 hariç diğer tüm pH'larda KAPK-2 protein konsantresi ile belirlenmiştir. KAPK-2 ile çalışılan tüm pH'larda protein konsantrasyonunun artırılması ile KYÖ değerlerinde de önemli bir artışın meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 4.8).

B. Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda bazı fonksiyonel özellikleri üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (0.1 M ve 0.25 M NaCl) etkisi pH'nın bir fonksiyonu bakımından incelenmiştir. Buna göre;

i. KAPK-1'in tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü değerleri KAPK-2'den daha yüksek bulunmuştur. En yüksek protein çözünürlüğü KAPK-1 ile 0.1 M NaCl'de ve pH 2'de (%55.8) gözlenmiştir. KAPK-1 ve KAPK-2'nin tuzlu su çözeltilerindeki protein çözünürlüğü genellikle %50'nin altında kalmıştır. Ayrıca, tuz konsantrasyonunun artırılması ile her iki protein konsantresinin izoelektrik noktasının pH 4 civarına kaydığı düşünülmektedir (Şekil 4.9 ve 4.10). Ortam pH ve iyonik gücündeki değişimler KAPK-1 ve KAPK-2'nin çözünürlük davranışlarını etkilemiştir.

ii. Genel olarak incelendiğinde, KAPK-1 ve KAPK-2'nin %0,25 (w/v) protein konsantrasyonunda tuz çözeltilerindeki emülsiyon özellikleri sonuçları tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Buna göre KAPK-1'in emülsiyon özellikleri genellikle %50'nin altında olmasına rağmen KAPK-2'nin emülsiyon özelliklerinden yüksek bulunmuştur. Ayrıca, KAPK-1'in seyreltik tuz konsantrasyonunda (0.1 M NaCl) pH 4 ve pH 6'da çözünen proteinlerinin emülsiyon özellikleri aynı protein konsantrasyonunda (%0.25 w/v) distile suda bulunan emülsiyon özelliklerinden yüksektir.

iii. KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda tuz çözeltilerindeki KH değerleri, aynı protein konsantrasyonunda distile suda bulunan KH değerlerine benzerdir. KAPK-2'nin distile su ve tuz çözeltilerinde pH 6, pH 8 ve pH 10'da çözünen proteinlerinin KH değerleri birbirine yakın bulunurken, asidik pH'larda tuz konsantrasyonunun artması ile KH değerleri önemli düzeyde düşmüştür (Ek I ve Ek N). Genel olarak, %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve tuz çözeltilerinde en iyi KH değerleri KAPK-1'in çözünen proteinleri ile belirlenmiştir.

iv. KAPK-1 ile en yüksek KYÖ değeri 0.1 M NaCl'de ve pH 4'te çözünen proteinleri ile belirlenmiştir (30 dk), bunu yine aynı çözeltilerde sırasıyla pH 6 (17 dk) ve pH 8'deki (13 dk) KYÖ sonuçları izlemiştir. Genellikle, tuz çözeltilerinde, pH 4, pH 6 ve pH 8'de bulunan KYÖ değerleri distile suda belirlenenlerden yüksektir. KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda distile su ve tuz çözeltilerindeki KYÖ sonuçları karşılaştırıldığında, distile suda pH 4, pH 8 ve pH 10' da çözünen proteinlerinin en yüksek KYÖ değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı pH

derecelerinde tuz çözeltilerinde bulunan KYÖ değerleri de 2 dk veya daha altındadır. Yalnızca 0.1 M NaCl'de ve pH 2'de bulunan KYÖ değeri (14.9 dk), distile suda bulunan KYÖ değerinden daha yüksektir. Tuz konsantrasyonundaki artış ile birlikte, KAPK-2'nin KYÖ değerleri önemli düzeyde düşmüştür (Ek I ve Ek N). Genel olarak, %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hem distile su hem de tuz çözeltilerinde en iyi KYÖ (dk) değeri 0.1 M NaCl çözeltisinde KAPK-1'in çözünen proteinleri ile belirlenmiştir.

C. Kavuzsuz arpa protein konsantrelerinin bazı fonksiyonel özellikleri üzerine enzim hidrolizi etkisi pH'nın bir fonksiyonu bakımından incelenmiştir.

i. APH-1 ve APH-2'nin genellikle distile sudaki protein çözünürlüğü tüm pH'larda (pH 6 hariç) tuzlu suda bulunan protein çözünürlüğü değerlerinden yüksektir. APH-2'nin distile suda protein çözünürlüğü değerleri, tüm pH derecelerinde, APH-1'in distile sudaki ve her iki hidrolizatın tuz çözeltisindeki protein çözünürlüğü değerlerine göre en yüksek bulunmuştur.

ii. APH-1 ve APH-2'nin distile suda asidik pH'daki protein çözünürlüğü değerleri bazik pH'daki çözünürlük sonuçlarından yüksektir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$). Distile suda her iki hidrolizatın protein çözünürlüğü değerleri pH 6'da en düşüktür.

iii. APH-1'in 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü sonuçları tüm pH derecelerinde APH-2'nin çözünürlük değerlerinden yüksek olmakla birlikte, aralarındaki fark pH 8'de bulunan değerler hariç istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). APH-1 ve APH-2'nin tuz çözeltisindeki en düşük protein

çözünürlüğü pH 4'te bulunmuştur. Tuz çözeltisinde her iki hidrolizatın bazik pH değerlerindeki protein çözünürlüğü sonuçları daha yüksektir.

iv. KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda ve distile sudaki protein çözünürlüğü sonuçları ile karşılaştırıldığında, pH 4, pH 6 ve pH 8'de enzim hidrolizi olumlu sonuç vermiş ve APH-1 ve APH-2'nin aynı pH'larda protein çözünürlüğü distile suda ve 0.25 M NaCl'de artmıştır. KAPK-1'in sınırlı enzimatik hidrolizi ile birlikte tuz çözeltilerindeki protein çözünürlüğü asidik ve bazik pH'larda %45 civarına yükselmiştir (Şekil 4.18, Ek O ve Ek Ö).

v. APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki protein çözünürlüğü değerleri tüm pH derecelerinde tuzlu sudaki değerlere göre daha yüksektir. APH-4'ün distile sudaki protein çözünürlüğü pH 4 hariç diğer tüm pH derecelerinde APH-3'ün çözünürlük değerlerinden yüksektir.

vi. Enzimatik hidroliz derecesinin yükselmesi ile birlikte izoelektrik noktanın pH 4 civarına kaydığı görülmüştür, nitekim APH-3 ile en düşük protein çözünürlüğü pH 6'da (%44.4) gözlenirken, APH-4 ile en düşük protein çözünürlüğü pH 4'de (%46.8) gözlenmiştir.

vii. APH-4'ün 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü pH 6 hariç ($p>0.05$) diğer tüm pH derecelerinde APH-3'ün protein çözünürlüğü değerlerinden yüksektir ve değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

viii. Genel olarak KAPK-2'nin enzimatik hidrolizi ile üretilen APH-3 ve APH-4'ün distile su ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü sonuçları

KAPK-2'nin aynı ortamlardaki protein çözünürlüğü sonuçlarından daha iyidir. Şekil 4.19'da görüldüğü gibi APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki protein çözünürlüğü tuzlu sudaki çözünürlük değerlerinden daha üstündür.

ix. Sonuç olarak, distile suda KAPK-1'den üretilen APH-1 ve APH-2'nin protein çözünürlüğü sonuçları, pH 6'da bulunan değerler dışındaki tüm pH'larda, KAPK-2'den üretilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının çözünürlük sonuçlarından daha üstündür. Distile suda en iyi protein çözünürlüğü tüm pH'larda KAPK-1'den üretilen APH-2 ile yani %5 hidroliz derecesine sahip hidrolizat ile belirlenmiştir. Tuzlu suda ise KAPK-1'den üretilen APH-1 ve APH-2'nin protein çözünürlüğü sonuçları tüm pH'larda, KAPK-2'den üretilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının çözünürlük sonuçlarından daha üstündür. Tuzlu suda en iyi protein çözünürlüğü tüm pH'larda KAPK-1'den üretilen APH-1 ile yani %2 hidroliz derecesine sahip hidrolizat ile belirlenmiştir.

x. Distile suda, APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının EK değerleri tüm pH derecelerinde KAPK-1'in distile sudaki EK değerlerine göre azalmıştır. Distile suda, enzimatik hidroliz ile genellikle APH-2 hidrolizatı ile en iyi EK sonuçları alınsa da, enzim hidrolizi ile KAPK-1'in distile sudaki EK değerlerine göre bir iyileşme sağlanamamıştır.

xi. Enzimatik hidroliz sonucu üretilen APH-1 ve APH-2'nin %0.25 (w/v) konsantrasyonda EK değerlerinde önemli düzeyde bir iyileşme sağlanamamıştır. Hem KAPK-1 ile hem de hidrolizatları ile tuzlu suda ve tüm pH'larda bulunan EK değerleri %50'nin altında belirlenmiştir.

xii. Genellikle, APH-1 ve APH-2'nin distile suda ve tüm pH'lardaki ES değerleri, hidroliz olmamış KAPK-1'in ES değerlerinden düşüktür, sonuç olarak enzim hidrolizi ile emülsiyon stabilitesinde önemli bir iyileşme sağlanamamıştır.

xiii. Genel olarak incelendiğinde, KAPK-1'in distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki ES değerleri, tüm pH'larda hidrolizatlar ile belirlenen ES değerlerinden yüksektir. Enzim hidrolizi sonucunda, özellikle pH 2 dışındaki diğer tüm pH derecelerinde ES değerleri önemli düzeyde azalmıştır.

xiv. APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki çözünür proteinlerinin EK değerleri KAPK-2'nin genellikle tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin EK değerinden daha düşüktür. Enzim hidrolizi ile üretilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının EK özelliğinde önemli düzeyde azalma gözlenmiştir. KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin EK özelliği pH 6 dışında en yüksektir.

xv. KAPK-2'nin sınırlı enzim hidrolizi ile üretilen APH-3 ve APH-4'ün EK özelliği distile suda ve tuzlu sudaki tüm pH derecelerinde bir iyileşme gösterememiştir. Sonuç olarak, KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin EK değeri pH 6 hariç diğer tüm pH'larda daha üstündür.

xvi. APH-3 ve APH-4'ün distile sudaki çözünür proteinleri ile genellikle tüm pH derecelerinde en iyi ES değerleri belirlenmiştir; APH-3'ün genellikle tüm pH'larda distile sudaki ES değerleri daha iyi olmasına rağmen hidroliz olmamış KAPK-2'nin genellikle tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin ES değerlerinden düşüktür. Distile su ve tuzlu suda KAPK-2'nin enzim hidrolizi

ile üretilen hidrolizatlarının pH 6'daki çözünür proteinlerinin ES değerlerinde bir iyileşme sağlanamamıştır (Şekil 4.23, Ek Ş).

xvii. KAPK-1 ve KAPK-2'nin enzim hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının emülsiyon özellikleri karşılaştırıldığında; KAPK-1'den üretilen APH-2 yani %5 hidroliz dereceli hidrolizat ve KAPK-2'den üretilen APH-3 yani %2 hidroliz dereceli hidrolizatın distile suda çözünen proteinlerinin emülsiyon özellikleri daha üstün olmasına rağmen, hidroliz olmamış her iki protein konsantresinin emülsiyon özellikleri genellikle daha yüksektir. KAPK-1, KAPK-2 ve hidrolizatlarının pH 6'daki çözünür proteinleri ile hem distile su hem de tuzlu suda genellikle en düşük emülsiyon özellikleri gözlenmiştir. Sonuç olarak KAPK-1 ve KAPK-2'nin enzim hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının distile su ve tuzlu sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri çalışılan tüm pH'larda bir gelişme gösterememiştir.

xviii. Genellikle, distile suda APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının KH değerleri bazik pH bölgesinde daha yüksektir. KAPK-1'in distile suda genellikle tüm pH'lardaki çözünür proteinlerinin KH değerleri, hidrolizatların KH değerlerinden yüksektir; KAPK-1'in enzimatik hidrolizi ile üretilen hidrolizatlarının KH değerlerinde bir iyileşme görülmemiştir.

xix. APH-1 ve APH-2'nin tuzlu sudaki KH değerleri bazik pH derecelerinde daha fazla gözlenmiştir. KAPK-1'in tuzlu suda ve çalışılan tüm pH ' larda çözünen proteinlerinin KH değerleri, APH-1 ve APH-2'nin KH değerlerinden daha yüksektir. Görüldüğü gibi KAPK-1'in enzim hidrolizi sonucu üretilen hidrolizatları ile tuz çözeltisinde daha yüksek KH değerlerine ulaşılamamıştır.

xx. Genel olarak incelendiğinde, KAPK-1'in distile su ve tuzlu sudaki çözünür proteinlerinin KH değerleri tüm pH derecelerinde hidrolizatların aynı ortamlardaki çözünür proteinlerinin KH sonuçlarından genellikle daha fazladır (Şekil 4.24 ve Ek T). Genellikle, en iyi KH sonuçları APH-1 ve APH-2'nin distile sudaki çözünür proteinleri ile alınmıştır, özellikle APH-2'nin pH 2, pH 4 ve pH 10'daki KH değerleri daha yüksektir. Fakat distile su ve tuzlu suda APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının KH değerleri 100 cm³'ün altındadır. KAPK-1'in enzimatik modifikasyonu ile üretilen hidrolizatları ile köpük hacmi veya köpük kapasitesi iyileştirilememiştir.

xxi. Enzimatik hidrolizin uygulanması sonucunda hidrolizatların pH 6'daki çözünür proteinlerinin KYÖ değerlerinde artış gözlenmiştir; KAPK-1, APH-1 ve APH-2'nin distile suda ve pH 6'daki KYÖ değerleri sırasıyla 0.2 dk, 1.7 dk ve 1.3 dk'dır. Enzim hidrolizi ile APH-2'nin distile suda ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin KYÖ değerinde önemli düzeyde artış sağlanmıştır (5.6 dk). KAPK-1 ve hidrolizatlarının pH 8'deki çözünür proteinlerinin KYÖ veya köpük stabilitesi genellikle tüm pH dereceleri içinde en yüksek olarak belirlenmiştir.

xxii. KAPK-1'in enzim hidrolizi ile üretilen APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda, distile su ve tuz çözeltisindeki köpük özellikleri genel olarak incelendiğinde; distile suda APH-2'nin yani %5 hidroliz dereceli hidrolizatın çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri en iyi sonucu vermiştir. APH-2 hidrolizatının distile sudaki KYÖ değerleri, pH 2 dışındaki tüm pH'larda, KAPK-1'in KYÖ değerlerinden daha iyidir. Tuzlu suda ise genellikle APH-1'in yani %2 hidroliz dereceli hidrolizat ile en iyi sonuç

sağlanmıştır. Genel olarak, hidrolizatların, tuzlu suda, pH 2 dışındaki diğer pH'lardaki çözünür proteinlerinin KYÖ değerleri daha üstün bulunmuştur (Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Ek T).

xxiii. Distile suda, APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının çözünür proteinleri ile bazik pH bölgesinde daha yüksek KH değerleri belirlenmiştir. KAPK-2'nin distile suda en düşük KH değeri pH 6'da çözünen proteinleri ile belirlenmiştir, aynı pH'da APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının KH değerleri (sırasıyla 85.9 cm³ ve 83.4 cm³) daha fazla bulunmuştur. Görüldüğü gibi izoelektrik nokta civarında, enzim hidrolizi ile köpük kapasitesi artırılabilmiştir. KAPK-2'nin hidrolizatlarının distile sudaki KH özelliği kıyaslandığında, en iyi sonuç genellikle APH-3'ün çözünür proteinleri ile sağlanmıştır. Ayrıca, APH-3'ün distile suda pH 6, pH 8 ve pH 10'daki çözünür proteinlerinin KH değerleri, KAPK-2'nin aynı pH'larda bulunan değerlerinden daha yüksektir.

xxiv. APH-3'ün tuzlu sudaki çözünür proteinlerinin KH değerleri, pH 4 dışında diğer tüm pH'larda APH-4'ün KH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Diğer bir deyişle, enzim hidroliz oranının artırılması ile pH 4 dışındaki diğer pH derecelerinde köpük kapasitesi düşmüştür (Şekil 4.26, Ek U). KAPK-2'nin enzim hidrolizi sonucu üretilen hidrolizatlarının tuzlu suda ve asidik pH derecelerindeki KH değerleri, KAPK-2'nin aynı koşullardaki KH sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Enzimatik modifikasyon ile asidik pH'daki KH değerlerinde artış sağlanmıştır.

xxv. Genel olarak bakıldığında, KAPK-2'den enzim hidrolizi ile üretilen APH-3 hidrolizatı ile tuzlu suda ve genellikle tüm pH derecelerinde en iyi KH sonuçları tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle, %2 hidroliz dereceli hidrolizat ile

tuzlu suda, KAPK-2 ile bulunan değerlere göre en iyi KH sonuçları alınmıştır, fakat APH-3 ve KAPK-2'nin distile sudaki KH değerleri birbirine benzerdir.

xxvi. Distile suda APH-3'n asidik ve bazik pH bölgelerinde çözünen proteinlerinin KY sonuçları, aynı koşullardaki APH-4'ten daha yüksektir.

xxvii. KAPK-2'nin distile sudaki KY değerleri pH 6 dışındaki diğer tüm pH'larda APH-3 ve APH-4'n KY değerlerinden oldukça yksekk bulunmuştur; pH 6'da ise hidrolizatların KY değerleri çok az artmıştır. Özellikle distile suda KAPK-2'nin pH 4 ve pH 8'deki çözünür proteinlerinin KY değerleri, enzimatik modifikasyondan olumsuz etkilenmiş ve köpük stabilitesi önemli düzeyde azalmıştır. Distile suda en iyi KY sonuçları genellikle APH-3 hidrolizatı ile alınmıştır.

xxviii. Tuzlu suda her iki hidrolizat ile bazik pH bölgesinde genellikle daha yksekk KY değerleri belirlenmiştir. Enzim hidroliz oranının artması ile birlikte pH 2'deki çözünür proteinlerin KY değerleri veya köpük stabiliteleri önemli düzeyde azalmıştır.

xxiv. KAPK-2'nin 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin KY sonuçları ile karşılaştırıldığında, APH-3 ve APH-4 hidrolizatlarının KY değerleri tüm pH'larda daha yksekk bulunmuştur. KAPK-2'nin enzimatik hidrolizi ile birlikte tuzlu sudaki köpük stabilitesi iyileştirilmiştir, diğer bir deyişle enzim hidrolizi olumlu sonuç vermiştir. Tuzlu suda genellikle en iyi sonuç APH-4 veya KAPK-2'nin %5 hidroliz dereceli hidrolizatı ile sağlanmıştır. Genel olarak incelendiğinde, tüm pH derecelerinde, KAPK-2'nin enzimatik modifikasyonu ile distile suda KY değerleri önemli düzeyde

azalırken, tuzlu sudaki KYÖ değerlerinde önemli artışlar meydana gelmiştir.

xxx. Sonuç olarak, KAPK-1'in enzimatik modifikasyonundan sonra elde edilen APH-1 ve APH-2 hidrolizatlarının hem distile su hem de tuzlu suda çözünen proteinlerinin KH değerleri genellikle daha iyi sonuç vermiştir. Bununla beraber, APH-1 ve APH-2'nin distile suda çözünen proteinleri genellikle tüm pH derecelerinde en iyi KYÖ sonuçlarına sahiptir. KAPK-2'nin enzimatik modifikasyonu ile elde edilen APH-3 ve APH-4 hidrolizatları ise tuzlu suda genellikle tüm pH'larda en iyi KYÖ sonuçlarına sahiptir.

5. Bu araştırmamızda, son zamanlarda üzerinde sıkça çalışılan kavuzsuz arpa unundan, farklı üretim yöntemleri kullanılarak protein konsantresi üretim olanakları çalışılmıştır. Günümüzde gıda endüstrisi daha çok hayvansal kaynaklardan sağlanan proteinleri (örneğin süt, yumurta ve et proteinleri) gıdalarda bazı fonksiyonel özellikleri yerine getirmek amacıyla kullanmaktadır. Fakat hayvansal protein üretim maliyetlerinin artması sebebiyle geleneksel olmayan kaynaklardan fonksiyonel ve besinsel protein katkısı hazırlanması önemli hale gelmiştir. Bu amaçla son yıllarda bitkisel kaynaklardan protein konsantresi veya protein izolatlarının üretim olanakları araştırılmaktadır. Çünkü bitkisel kaynaklar, gıda endüstrisinin kullanabileceği ucuz ve kolay bulunabilen proteinleri içermektedir. Bitkisel kaynaklı protein katkılarının endüstriyel boyutta kullanılmadan önce model test sistemlerinde fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, KAPK-1'in pH 9'da ve seyreltik tuz çözeltisinde ekstrakte edilmesi, KAPK-2'nin ise aşırı alkali ortamda (pH 11.2) ekstrakte edilmesi ile protein miktarı ve muhtemelen protein kompozisyonu farklı protein konsantreleri elde edilmiştir.

Bu alışmamızdaki amacımız, üretilen protein konsantrelerinin fonksiyonel özellikleri üzerine protein miktarı, tuz konsantrasyonu ve enzim hidroliz derecesinin etkilerini model test sistemlerinde inceleyerek gıda endüstrisinde kullanılabilme potansiyelini araştırmaktır. Çünkü bu çalışmamızdaki hedefimiz hayvansal kaynaklı proteinler kadar fonksiyonel özellikleri mkemmek protein konsantreleri keşfetmektir. Araştırmamızda KAPK-1 ve KAPK-2'nin sınırlı enzim hidrolizi modifikasyonu yapılarak elde edilen hidrolizatları ile fonksiyonel özelliklerindeki değişimi tespit etmek hedeflenmiştir. Protein yapılarının sınırlı enzim hidrolizi ile değiştirilmesi protein yüzeyinde hidrofobik ve hidrofilik kısımların oranlarını değiştirdiğinden fonksiyonel özellikleri de değiştirecektir.

KAPK-1'in çözünürlük özelliklerinin daha iyi olması sebebiyle çeşitli gıda içeceklerinde, kozmetik ve ntrosotik ürünlerde stabilizatör olarak kullanılması önerilebilir. Ayrıca, arpa protein hidrolizatlarının da nötral pH'larda çözünürlüklerinin iyileştirilmesi, bunların gıda içeceklerinde ve çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılma potansiyelini artıracaktır. Hidrolizatların özellikle distile su ve tuzlu suda köpük özelliklerinin yüksek olması köpük tip gıdalarda köpük stabilizatörü olarak kullanımını artırabilir. Arpa protein hidrolizatlarının biyoaktif özelliklerinin ayrıca incelenmesi, gıda formülasyonlarında yeni fonksiyonel ürünlerin kullanılmasını sağlayabilir. Kavuzsuz arpa protein konsantresi ve hidrolizatlarının gıda formülasyonlarına ilave ederek detaylı çalışılması araştırmamızın bir sonraki aşamasını oluşturacaktır.

6. KAYNAKLAR

- AACC Int. 2000. Approved methods of the AACC Int., American Association of Cereal Chemists International, 10th Edition, The Association, St. Paul, MN, USA.
- Adebowale, K. O., & Lawal, O. S. 2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. Food Research International, 37, 355–365.
- Adler-Nissen, J. 1977. Enzymatic Hydrolysis of Food Proteins. Process Biochemistry, July/August, 18-23.
- Adler- Nissen, J. 1986. Enzymatic hydrolysis of food proteins. Elsevier Applied Science Publishers, 427, New York.
- Ahmedna, M., Prinyawiwatkul, W., Rao, R. M., 1999. Solubilized wheat protein isolate: functional properties and potential food applications. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 1340-1345.
- Akintayo, E.T., Oshodi, A.A., Esuoso, K.O. 1999. Effects of NaCl, ionic strength and pH on the foaming and gelation of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein concentrates. Food Chemistry, 66, 51-56.
- Alu'datt, M. H., Rababah, T., Ereifej, K., Alli I., Alrababah, M. A., Almajwal, A., Masadeh, N., Alhamad, M. N. 2012. Effects of Barley Flour and Barley Protein Isolate on Chemical, Functional, Nutritional and Biological Properties of Pita Bread. Food Hydrocolloids, 26, 135-143.
- Aluko, R. E, Yada, R., Y., 1995. Structure-function relationships of cowpea (*Vigna unguiculata*) globulin isolate: influence of pH and NaCl on physicochemical and functional properties. Food Chemistry, 53, 259-265.
- Aluko, R.E., McIntosh, T., 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.

- Arnfield, S. D. 2004. Proteins from Oil-producing Plant, In: Proteins in Food Processing, Yada, R. Y. (ed), Woodhead Publishing Limited, 146-175, England.
- Bamdad, F., Wu, J., Chen, L. 2011. Effects of Enzymatic Hydrolysis on Molecular Structure and Antioxidant Activity of Barley Hordein. Journal of Cereal Science, 54, 20-28.
- Bandyopadhyay, K., Ghosh, S. 2002. Preparation and Characterization of Papain-Modified Seseame (*Sesamum indicum* L.) Protein Isolates. J. Agric. Food Chem, 50, 6854-6857.
- Benardi Don, L. S., Pilosof, A. M.R., Bartholomai, G.B. 1991. Enzymatic Modification of Soy Protein Concentrates by Fungal and Bacterial Proteases. JAOCS, 68 (2), 102-105.
- Bilgi, B. 2002. Arpa proteinlerinin çözünürlük ve emülsiyon özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 69, Ankara.
- Bilgi, B., Çelik, S. 2004. Solubility and Emulsifying Properties of Barley Protein Concentrate. European Food Research and Tecnology, 218: 437-441.
- Bolnedi, V., Zayas, J.F., 1993, Influence of pH and temperature on water retention and protein solubility of wheat germ protein flour. Annual IFT Meeting, 160, Chicago.
- Casella, M., L., A., Whitaker, J., R., 1990, Enzymatically and chemically modified zein for improvement of functional properties. Journal of Food Biochemistry, 14, 453-475.
- Celus, I., Brijs, K., Delcour, J.A. 2009. Fractionation and Characterization of Brewers' Spent Grain Protein Hydrolysates. J Agricultural and Food Chemistry, 57, 5563-5570.
- Cepeda, E., Villaran, M. C., Aranguiz, N., 1998. Functional properties of faba bean (*Vicia faba*) protein flour dried by spray drying and freeze drying. J. Food Engineering, 36, 303-310.
- Chandi, G.K., Sogi, D.S. 2007. Functional properties of rice bran protein concentrates. J. Food Engineering, 79, 592-597.
- Chel-Guerrero, L., Perez-Flores, V., Betancur-Ancona, D. and Davila-Ortiz, G., 2002. Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. J. Agric. Food Chem., 50, 584-591.
- Damadoran, S. 1997. Food Proteins: An Overview. In: Food Proteins and Their Applications, Damadoran, S., Paraf, A. (eds), Marcel Dekker, Inc., 1-24, Newyork.

- Damodaran, S. 2005. Protein Stabilization of Emulsions and Foams. *Journal of Food Science*, 70(3), 54-66.
- Demirhan, E., Apar Kılıç, D., Özbek, B. 2011. A Kinetic Study on Sesame Cake Protein Hydrolysis by Alcalase. *Journal of Food Science*, 76(1), 64-67.
- Deshpande, S.S., Sathe, S.K., Cornforth, D., Salunkhe, D.K., 1982. Effects of dehulling on functional properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *Cereal Chemistry*, 59(5), 396-401.
- Dickin, E., Steele, K., Frost, G., Edwards-Jones, G., Wright, D. 2011. Effect of Genotype, Environment and Agronomic Management on β -glucan Concentration of Naked Barley Grain Intended for Health Food Use. *Journal of Cereal Science*, 54, 44-52.
- Du, Y., Shi, S., Jiang, Y., Xiong, H., Wai, Woo M., Zhao, Q., Bai, C., Zhou, Q., Sunc, W. 2013. Physicochemical Properties and Emulsion Stabilization of Rice Dreg Glutelin Conjugated with κ -carrageenan Through Maillard Reaction. *J Sci Food Agric*, 93, 125–133.
- Fellows P. 2000. *Food Processing Technology*. Woodhead Publishing Limited, 563, England.
- Foegeding, E.A., Davis, J. P. 2011. Food Protein Functionality: A Comprehensive approach. *Food Hydrocolloids*, 25, 1853-1864.
- Frost, D J., Adhikari, J., Lewis, D. S. 2011. Effect of Barley Flour on The Physical and Sensory Characteristics of Chocolate Chip Cookies. *J Food Sci Technol*, 48(5), 569–576.
- Gençcelep, H. 2008. Et Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri. *Gıda teknolojileri elektronik dergisi*, 2, 9-18.
- Ghotra, B. S., Vasanthan, T., Temelli, F. 2009. Rheological Properties of Aqueous Blends of High Purity Barley β -glucan with High Purity Commercial Food Gums. *Food Chemistry*, 117, 417–425.
- Graham, D.E., Phillips, M.C., 1976. The conformation of proteins at the air-water interface and their role in stabilising foams, In: *Foams*. Akers, R.J. (ed), Academic Press, 195-215, London.
- Guerrieri, N. 2004. Cereal Proteins. In: *Proteins in Food Processing*, Yada, R. Y. (ed), Woodhead Publishing Limited, 176-192, England.
- Gupta, M., Bawa, A. S., Abu-Ghannam, N. 2011. Effect of Barley Flour and Freeze-Thaw Cycles on Textural Nutritional and Functional Properties of Cookies. *Food and Bioproducts Processing*, 89, 520–527.

- Hamada, J.S. 2000, Characterisation and functional properties of rice bran proteins modified by commercial exoproteases and endoproteases. *J Food Science*, 65, 305-310.
- Harris, E.L.V., Angal, S., 1989, Protein purification methods. A practical approach, IRL Press, Oxford.
- Hettiarachchy, N. S., Griffin, V. K., Gnanasambandam, R., 1996. Preparation and functional properties of a protein isolate from defatted wheat germ. *Cereal Chemistry*, 73(3), 363-367.
- Howard, K.A., Gayler, K.R., Eagles, H.A. and Halloran, G.M. 1996. The Relationship Between D Hordein and Malting Quality in Barley. *Journal of Cereal Science*, 24, 47–53.
- Hrckova M., Rusnakova M., Zemanovic J. 2002. Enzymatic Hydrolysis of Defatted Soy Flour by Three Different Proteases and their Effect on the Functional Properties of Resulting Protein Hydrolysates. *Czech J. Food Sci*, 20(1), 7-14.
- Idris, W.H., Babiker, E.E., El Tinay, A.H. 2003. Fractionation, solubility and functional properties of wheat bran proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Nahrung/Food*, 47(6), 425-429.
- İbanoğlu, E. and İbanoğlu, Ş., 1999. Foaming behaviour of EDTA-treated α -lactalbumin. *Food Chemistry*, 66, 477-481.
- İbanoğlu, E., Karataş, Ş. 2001. High Pressure Effect on Foaming Behaviour of Whey Protein Isolate. *Journal of Food Engineering*, 47, 31-36.
- Khalid, E.K., Babiker, E.E., El Tinay, A.H., 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 82, 361-366.
- Kilara, A., Vaghela, M.N. 2004. Whey Proteins. In: *Proteins in Food Processing*, Yada R. Y. (ed), Woodhead Publishing Limited, 72-94, England.
- Kinsella, J. E. 1976. Functional Properties of Proteins in Food: A Survey. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 7, 219.
- Kinsella, J. E., Damodaran, S., German, B. 1985. Physicochemical and Functional Properties of Oilseed Proteins with Emphasis on Soy Proteins. In: *New Protein Foods: Seed Storage Proteins*. Altschul, A. M., Wilcke, H. L. (eds), Academic Press, Inc., 107-179, Orlando.
- Klose, C., Arendth, E.K. 2012. Proteins in Oats; Their Synthesis and Changes during Germination: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, 629–639.

- Kong, X., Zhou, H., Qian, H. 2007. Enzymatic Preparation and Functional Properties of Wheat Gluten Hydrolysates. *Food Chemistry*, 101, 615-620.
- Krause, J-P., Schultz, M., Dudek, S. 2002. Effect of Extraction Conditions on Composition, Surface Activity and Rheological Properties of Protein Isolates from Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 970-976.
- Kumagai, H. 2010. Wheat Proteins and Peptides. In: *Bioactive Proteins and Peptides as Functional Foods and Nutraceuticals*. Mine, Y., Li-Chan, E., Jiang, B. (eds), Blackwell Publishing Ltd. and Institute of Food Technologists, 289-303, USA.
- Lamsal, B. P., Jung, S., Johnson, L. A. 2007. Rheological Properties of Soy Protein Hydrolysates Obtained from Limited Enzymatic Hydrolysis. *LWT-Food Sci. and Tech.*, 40, 1215-1223.
- Lekhi, A. K. 2004. Extraction and Functional Properties of Barley Proteins. Master of Science Thesis, University of Alberta, Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, 133, Edmonton, Alberta, Canada.
- Limberger-Bayer, V. M., De Francisco, A., Chan, A., Oro, T., Ogliari, P. J., Barreto, P. L. M. 2014. Barley β -glucans Extraction and Partial Characterization. *Food Chemistry*, 154, 84–89.
- Li-Chan, E.C.Y. 2004. Properties of Proteins in Food Systems: An Introduction. In: *Proteins in Food Processing*, Yada, R. Y. (ed), Woodhead Publishing Limited, 2-22, England.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193, 265-275.
- Mahmoud, M. I. 1994. Physicochemical and Functional Properties of Protein Hydrolysates in Nutritional Products. *Food Technology*, October, 89-95.
- Majzoobi, M., Abedi, E., Farahnaky, A., Aminlari, M. 2012. Functional Properties of Acetylated Glutenin and Gliadin at Varying pH Values. *Food Chemistry*, 133, 1402–1407.
- Marambe, P.W.M.L.H.K., Shand, P.J., Wanasundara, J.P.D., 2008. An in-vitro investigation of selected biological activities of hydrolysed flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) proteins. *J Amer Oil Chem Soc*, 85, 1155-1164.
- Martinez, K. D., Sanchez, C.C., Rodríguez Patino, J.M., Pilosof, A.M.R. 2009. Interfacial and Foaming Properties of Soy Protein and Their Hydrolysates. *Food Hydrocolloids*, 23, 2149–2157.

- Martinez, K. D., Farias, M. E., Pilosof Ana, M. R. 2011. Effects of Soy Protein Hydrolysis and Polysaccharides Addition on Foaming Properties Studied by Cluster Analysis. *Food Hydrocolloids*, 25, 1667-1676.
- Mohamed, A., Hojilla-Evangelista, M. P., Peterson, S.C., Biresaw, G. 2007. Barley Protein Isolate: Thermal, Functional, Rheological, and Surface Properties, *J Amer Oil Chem Soc*, 84,281-288.
- Molina-Cano, J. L., Polo, J. P., Romera, E., Araus, J. L., Zarco, J., Swanston, J. S. 2001. Relationships Between Barley Hordeins and Malting Quality in a Mutant of cv. Triumph I. Genotype by Environment Interaction of Hordein Content. *Journal of Cereal Science* 34, 285–294.
- Mwasaru, M. A., Muhammad, K., Bakar, J., Che Man, Y. B., 2000. Influence of altered solvent environment on the functionality of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. *Food Chemistry*, 71, 157-165.
- Netto, F. M., Galeazzi, M.A.M. 1998. Production and Characterization of Enzymatic Hydolysate from Soy Protein Isolate. *LWT-Food Sci. and Tech.*, 31, 624-631.
- Newman, R. K., Newman, C. W. 2008. Barley for Food and Health: Science, Technology, and Products. John Wiley & Sons, Inc., 246, New Jersey, USA.
- Nielsen, P. M. 1997. Functionality of Protein Hydrolysates, In: Food Proteins and Their Applications. Damodaran, S. and Paraf, A. (eds), Marcel Dekker, Inc., 1-24, New York, USA.
- Niemi, P., Martins, D., Buchert, J., Faulds, C. B. 2013. Pre-hydrolysis with Carbohydrases Facilitates The Release of Protein from Brewer's Spent Grain. *Bioresource Technology*, 136, 529–534.
- Qi, M., Hettiarachchy, N. S., Kalapathy, U., 1997. Solubility and emulsifying properties of soy protein isolates modified by pancreatin. *Journal of Food Science*, 62(6), 1110-1115.
- Qi, J. S., Zhang, G.P., Zhou, M. X. 2006. Protein and Hordein Content in Barley Seeds as Affected by Nitrogen Level and Their Relationship to β -Amylase Activity. *Journal of Cereal Science*, 43,102–107.
- Owusu-Apenten, R.K. 2004. Testing Protein Functionality. In: Proteins in Food Processing. Yada, R. (ed), Woodhead Publishing Limited, 217-244, England.

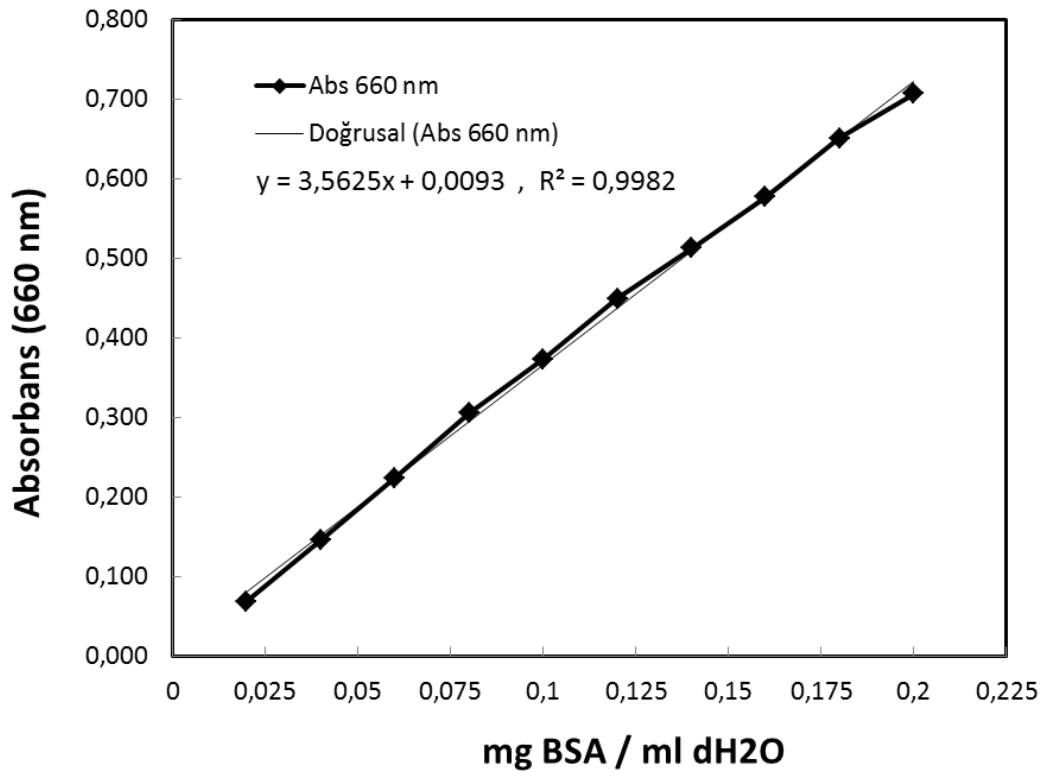
- Panyam, D., Kilara, A. 1996. Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 120-125.
- Philips, L.G., Whitehead, D. M., Kinsella, J. 1994. *Structure-Function Properties of Food Proteins*. Academic Press Limited, 271, London.
- Pöyri, S., Mikola, M., Sontag-Strohm, T., Kaukovirta- Norja, A., Home, S. 2002. The Formation and Hydrolysis of Barley Malt Gel-Protein Under Different Mashing Conditions. *Journal of The Institute of Brewing*, 108(2), 261-267.
- Puppo, M.C., Beaumal, V., Chapleau, N., Speroni, F., de Lamballerie, M., Anon, M.C., Anton, M. 2008. Physicochemical and Rheological Properties of Soybean Protein Emulsions Processed with a Combined Temperature/High-Pressure Treatment. *Food Hydrocolloids*, 22, 1079–1089.
- Ragab, D.D.M., Babiker, E.E., Eltinay, A.H. 2004. Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 84, 207-212.
- Rodriguez Patino, J. M., Minones Conde, J., Millan Linares, H., Pedroche Jimenez, J.J., Carrera Sanchez, C., Pizones, V., Millan Rodriguez, F. 2007. Interfacial and Foaming Properties of Enzyme-Induced Hydrolysis of Sunflower Protein Isolate. *Food Hydrocolloids*, 21, 782-793.
- Ruiz-Henestrosa, V. P., Sanchez, C. C., Pedroche, J. J., Milla, F., Rodriguez Patino, J.M. 2009. Improving the Functional Properties of Soy Glycinin by Enzymatic Treatment. Adsorption and Foaming Characteristics. *Food Hydrocolloids*, 23, 377– 386.
- Sekul, A. A., Vinnnett, C. H., Ory, R. L. 1978. Some Functional Properties of Peanut Proteins Partially Hydrolyzed with Papain. *J. Agric. Food Chem.* 26 (4), 855-858.
- Shewry, P. R., Tatham, A. S. 1990. The Prolamin Storage Proteins of Cereal Seeds: Structure and Evolution. *Biochem. J.*, 267, 1-12 (Printed in Great Britain).
- Shewry, P. R., Napier, J. A., Tatham, A. S. 1995. Seed Storage Proteins: Structures and Biosynthesis, *American Society of Plant Physiologists. The Plant Cell*, 7, 945-956.
- Shewry P.R. 2007. Improving The Protein Content And Composition Of Cereal Grain. *Journal of Cereal Science*, 46, 239–250.

- Sikorski, Z. E. 1997. The Role of Proteins in Food, In: Proteins. Chemical and Functional Properties of Food Components. Sikorski, Z. E. (ed.), Technomic Publishing Co., Inc., 119-161, Lancaster, Basel.
- Sullivan, P., O'Flaherty, J., Brunton, N., Gee, V. L., Arendt, E., Gallagher, E. 2010. Chemical Composition and Microstructure of Milled Barley Fractions. *Eur Food Res Technol*, 230, 579–595.
- Tatham, A.S., Shewry, P.R. 2012. The S-poor Prolamins of Wheat, Barley and Rye: Revisited. *Journal of Cereal Science*, 55, 79-99.
- Temel, A., Kartal, G., Gözükırmızı, N. 2008. Genetic and Epigenetic Variations in Barley Calli Cultures. *Biotechnol.& Biotechnol. Eq*, 22(4), 911-914.
- Van Koningsveld, G.A., Walstra, P., Gruppen, H., Wijngaards, G., Van Boekel, M.A.J.S., Voragen, A.G.J., 2002. Formation and stability of foam made with various potato protein preparations. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 7651-7659.
- Ventureira, J., Martinez, E.N., Anon, M.C. 2010. Stability of Oil: Water Emulsions of Amaranth Proteins. *Food Hydrocolloids*, 24, 551-559.
- Ventureira, J.L., Martinez, E.N., Anon, M.C. 2012. Effect of Acid Treatment on Structural and Foaming Properties of Soy Amaranth Protein Mixtures. *Food Hydrocolloids*, 29, 272-279.
- Were, L., Hettiarachchy, N. S. and Kalapathy, U., 1997. Modified soy proteins with improved foaming and water hydration properties. *Journal of Food Science*, 62(4), 821-823.
- Wang, C., Tian, Z., Zhao, J., Chen, L., Wang, Y., Liu, H. 2010. Electrophoretic Properties, Functionality of Barley Protein Isolates. 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 1-3, June 18-20, Chengdu, People's Republic of China, Publisher: IEEE Digital Library.
- Wang, J.-S., Zhao, M.-M., Bao, Y., Hong, T., Rosella, C. M. 2008. Preparation and Characterization of Modified Wheat Gluten by Enzymatic Hydrolysis- Ultrafiltration. *Journal of Food Biochemistry*, 32, 316-334.
- Wang, R., Tian, Z., Chen, L. 2011. A Novel Process for Microencapsulation of Fish Oil with Barley Protein. *Food Research International*, 44, 2735–2741.
- Wu, Y. V., Sexson, K.R., Sanderson, J.E. 1979. Barley Protein Concentrate from High-Protein, High-Lysine Varieties. *Journal of Food Science*, 44, 1580-1583.

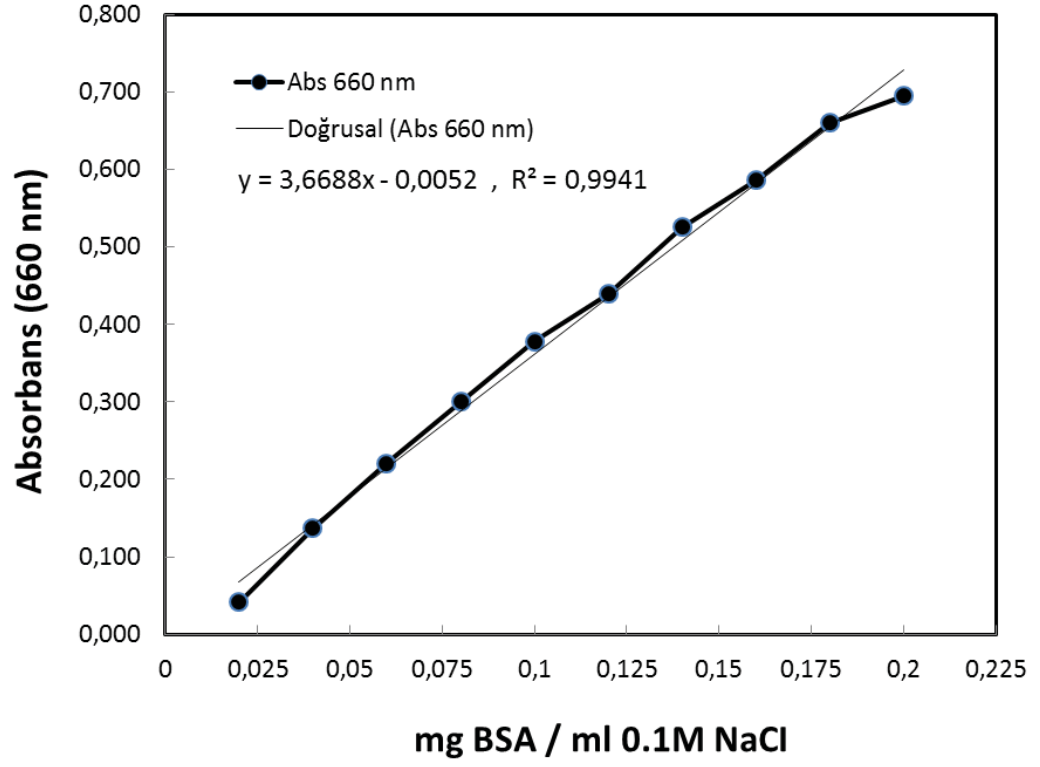
- Yalçın, E. 2004. Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Proteinlerinin Bazı Fonksiyonel Özellikleri. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 145, Ankara.
- Yalçın, E., Çelik, Ş. 2006. Kavuzsuz Arpa Proteinlerinin Bazı Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, 657-660, Bolu, Türkiye.
- Yalçın, E., Çelik, Ş. 2007. Solubility Properties of Barley Flour, Protein Isolates and Hydrolysates. Food Chemistry 104, 1641–1647.
- Yalçın, E., Çelik, S., İbanoğlu, E. 2008. Foaming Properties of Barley Protein Isolates and Hydrolysates. European Food Research Technology, 226, 967-974.
- Yalçın, E. 2010. Effect of Partial Removal of Prolamins on Some Chemical and Functional Properties of Barley Flours. Food Sci. Biotechnol, 19(3), 735-742.
- Yasumatsu, K, Sawada, K, Moritaka, S, Misaki, M, Toda, J, Wada, T, Ishii, K. 1972. J. Agric. and Food Chem., 36, 719-727.
- Yim, M-H., Lee, J.-H., 2000. Functional properties of fractionated soy protein isolates by proteases from Meju. Food Sci. Biotechnol., 9(4), 253-257.
- Zayas, J. F. 1997. Functionality of Proteins in Food. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 373, New York.
- Zhao, J., Tian, Z., Chen, L. 2010. Effects of Deamidation on Structure and Functional Properties of Barley Hordein. J. Agric. Food Chem., 58, 11448–11455.
- Zhao, J., Tian, Z., Chen, L. 2011. Effects of Deamidation on Aggregation and Emulsifying Properties of Barley Glutelin. Food Chemistry, 128, 1029-1036.
- Zorba, Ö., Özdemir, S., Gökalp, H. Y. 1998. Stability of Model Emulsions Prepared Using Whey and Muscle Proteins. Nahrung, 42(1),16 – 18.

7. EKLER

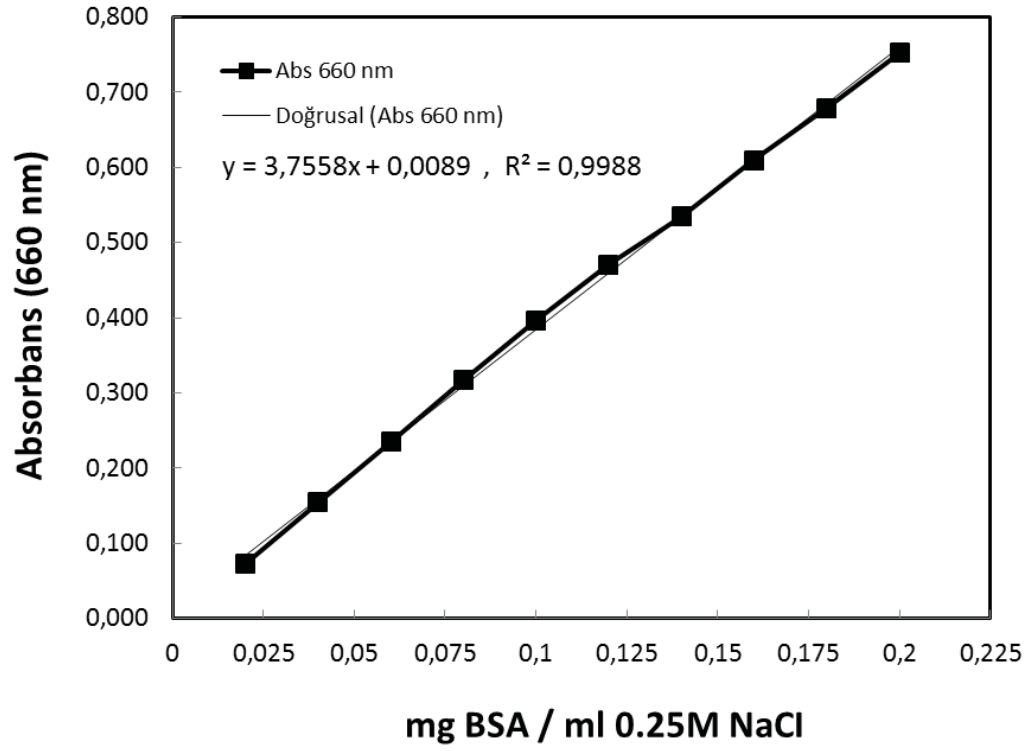
EK A: Lowry *et al.* (1951) yöntemine göre damıtık sudaki protein miktarı tayininde kullanılan ve damıtık suda sığır (bovine) serum albümin (BSA) standart proteini ile hazırlanan standart doğru.



EK B: Lowry et al. (1951) yöntemine göre 0.1 M NaCl'deki protein miktarı tayininde kullanılan ve 0.1 M NaCl'de sığır (bovine) serum albümin (BSA) standart proteini ile hazırlanan standart doğru.



EK C: Lowry et al. (1951) yöntemine göre 0.25 M NaCl'deki protein miktarı tayininde kullanılan ve 0.25 M NaCl'de sığır (bovine) serum albümin (BSA) standart proteini ile hazırlanan standart doğru.



EK D: KAPK-1'in distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi

pH	Protein Konsantrasyonu (% w/v)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	0,25	76,7±0,26 ^b
4		35,2±1,32 ^h
6		7,7±0,35 ^k
8		38,0±1,44 ^h
10		57,1±0,95 ^d
2	0,5	80,7±1,19 ^a
4		47,3±4,50 ^f
6		19,5±2,31 ⁱ
8		51,3±0,85 ^e
10		66,3±2,72 ^c
2	1,0	43,1±2,05 ^g
4		21,0±0,62 ⁱ
6		11,3±0,55 ^j
8		29,2±0,50 ^l
10		46,4±0,17 ^f

Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK E: KAPK-2'nin distile sudaki protein çözünürlüğü (%) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

*

pH	Protein Konsantrasyonu (% w/v)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	0,25	39,0±0,52 ^a
4		22,6±1,39 ^d
6		3,5±0,27 ^h
8		22,4±1,72 ^d
10		31,6±1,30 ^b
2	0,5	31,8±2,61 ^b
4		22,2±0,50 ^d
6		3,4±0,36 ^{hi}
8		13,6±0,49 ^f
10		32,3±0,72 ^b
2	1,0	31,2±0,40 ^b
4		19,7±0,53 ^e
6		1,7±0,17 ⁱ
8		10,6±0,42 ^g
10		28,7±0,32 ^c

Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK F: KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

Emülsiyon Kapasitesi (EK,%)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	50,3 ± 0,42	57,0 ± 1,63	51,9 ± 0,16	
4	41,1 ± 2,90	57,1 ± 2,84	52,2 ± 0,00	
6	7,3 ± 6,13	39,3 ± 2,04	42,9 ± 0,00	
8	45,8 ± 0,64	56,2 ± 4,73	50,9 ± 0,00	
10	46,3 ± 0,14	49,3 ± 2,65	42,7 ± 0,00	

Emülsiyon Stabilitesi (ES, %)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	46,4 ± 1,27	53,8 ± 0,00	49,7 ± 0,28	
4	45,9 ± 0,21	53,1 ± 3,42	49,8 ± 0,00	
6	7,5 ± 0,57	37,2 ± 3,17	41,8 ± 0,00	
8	34,7 ± 1,84	51,8 ± 1,32	49,4 ± 0,00	
10	43,9 ± 1,41	50,0 ± 2,12	53,5 ± 0,00	

EK G: KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin emülsiyon özellikleri (emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, %) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

Emülsiyon Kapasitesi (EK,%)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	50,1 ± 0,14	53,3 ± 0,69	52,6 ± 0,82	
4	50,7 ± 2,12	57,8 ± 0,34	53,1 ± 0,28	
6	1,4 ± 0,00	20,7 ± 1,00	35,1 ± 2,84	
8	49,0 ± 0,49	52,5 ± 0,54	52,4 ± 0,35	
10	48,3 ± 0,00	49,7 ± 0,17	46,6 ± 0,05	

Emülsiyon Stabilitesi (ES, %)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	47,5 ± 0,21	52,8 ± 2,58	52,3 ± 0,64	
4	43,8 ± 0,92	50,6 ± 0,62	54,0 ± 0,83	
6	1,5 ± 0,00	1,5 ± 0,00	12,6 ± 1,11	
8	44,6 ± 0,14	46,0 ± 0,20	44,8 ± 0,58	
10	45,9 ± 0,49	51,5 ± 0,18	51,3 ± 0,42	

EK H: KAPK-1'in distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özellikleri (köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk)) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

Köpük Hacmi (KH, cm³)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	98,1 ± 0,00	98,1 ± 0,00	88,3 ± 0,00	
4	84,4 ± 5,52	110,4 ± 10,47	88,3 ± 0,00	
6	87,5 ± 1,13	78,5 ± 0,00	98,1 ± 0,00	
8	93,2 ± 0,00	95,7 ± 3,46	76,1 ± 3,46	
10	96,5 ± 2,33	98,1 ± 0,00	78,5 ± 0,00	

Köpük Yarı-Ömrü (KYÖ, dk)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	3,7 ± 0,12	2,9 ± 0,73	3,4 ± 0,03	
4	0,5 ± 0,47	3,9 ± 0,57	7,0 ± 0,00	
6	0,2 ± 0,04	8,1 ± 0,18	6,0 ± 0,00	
8	4,0 ± 0,21	17,4 ± 1,20	13,2 ± 0,00	
10	1,5 ± 0,35	3,0 ± 1,41	4,0 ± 0,00	

EK I: KAPK-2'nin distile sudaki çözünür proteinlerinin köpük özellikleri (köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk)) üzerine protein konsantrasyonunun (% w/v) ve ortam pH'sının etkisi.

Köpük Hacmi (KH, cm³)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	89,1 ± 1,13	85,0 ± 4,74	77,3 ± 1,70	
4	88,3 ± 0,00	91,6 ± 4,60	90,8 ± 3,46	
6	73,6 ± 6,93	83,4 ± 0,00	85,9 ± 3,46	
8	88,3 ± 0,00	88,3 ± 0,00	90,8 ± 3,46	
10	90,8 ± 3,46	82,3 ± 5,30	75,3 ± 2,33	

Köpük Yarı-Ömrü (KYÖ, dk)				
Protein Konsantrasyonu (% w/v)				
pH	%0.25	%0.5	%1.0	
2	5,3 ± 0,16	12,8 ± 0,76	19,9 ± 0,34	
4	15,4 ± 0,59	23,8 ± 0,45	30,0 ± 0,00	
6	1,3 ± 0,30	1,6 ± 0,03	4,5 ± 0,01	
8	16,6 ± 0,28	20,0 ± 0,28	30,0 ± 0,00	
10	3,8 ± 0,28	4,0 ± 0,71	19,0 ± 0,37	

EK İ: KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyondaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

pH	Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	0,1	55,8±1,32 ^a
4		35,4±1,07 ^c
6		28,0±1,47 ^e
8		33,0±1,71 ^d
10		43,5±0,42 ^b
2	0,25	26,0±1,85 ^f
4		12,2±0,20 ^h
6		21,9±0,31 ^g
8		28,4±1,10 ^e
10		32,9±0,74 ^d

*Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK J: KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyondaki protein çözünürlüğü (%) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

pH	Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	0,1	16,2±0,35 ^b
4		7,7±0,10 ^e
6		6,5±0,53 ^f
8		9,6±0,72 ^d
10		17,5±1,05 ^a
2	0,25	4,4±0,20 ^g
4		3,9±0,12 ^g
6		6,5±0,21 ^f
8		8,1±0,40 ^e
10		13,9±0,25 ^c

*Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK K: KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

Emülsiyon Kapasitesi (EK, %)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	49,9 ± 1,70	48,5 ± 1,77
4	38,4 ± 0,14	21,1 ± 0,42
6	38,6 ± 0,64	28,3 ± 1,34
8	49,0 ± 0,00	45,0 ± 1,41
10	47,2 ± 1,91	22,1 ± 3,61
Emülsiyon Stabilitesi (ES, %)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	51,8 ± 1,84	41,0 ± 3,11
4	41,5 ± 1,98	32,9 ± 4,67
6	32,4 ± 0,71	22,7 ± 5,80
8	46,5 ± 0,21	40,8 ± 1,20
10	48,8 ± 1,70	43,1 ± 1,20

EK L: KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda hazırlanan süspansiyonlarındaki çözünür proteinlerin emülsiyon özellikleri (EK, ES, %) üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

Emülsiyon Kapasitesi (EK, %)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	45,3 ± 0,92	1,5 ± 0,00
4	24,5 ± 1,27	1,6 ± 0,07
6	1,4 ± 0,00	1,4 ± 0,00
8	33,8 ± 0,85	1,4 ± 0,00
10	35,0 ± 0,21	5,4 ± 0,35
Emülsiyon Stabilitesi (ES, %)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	30,3 ± 0,14	1,4 ± 0,00
4	23,0 ± 1,27	1,5 ± 0,00
6	1,4 ± 0,00	1,5 ± 0,07
8	10,3 ± 0,21	1,4 ± 0,00
10	37,3 ± 0,71	28,8 ± 1,27

EK M: KAPK-1'in %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

Köpük Hacmi (KH, cm³)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	88,3 ± 0,00	83,4 ± 0,00
4	88,3 ± 0,00	87,2 ± 5,30
6	102,1 ± 0,00	93,2 ± 0,00
8	95,2 ± 1,41	94,0 ± 2,55
10	94,2 ± 0,00	94,5 ± 1,84
Köpük Yarı-Ömrü (KYÖ, dk)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	0,3 ± 0,02	0,23 ± 0,00
4	30,0 ± 0,00	0,39 ± 0,01
6	17,0 ± 1,41	4,92 ± 0,12
8	13,0 ± 0,00	4,80 ± 0,53
10	0,1 ± 0,00	3,25 ± 0,11

EK N: KAPK-2'nin %0.25 (w/v) protein konsantrasyonunda çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine tuz konsantrasyonunun (NaCl, M) ve ortam pH'sının etkisi.

Köpük Hacmi (KH, cm³)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	88,3 ± 0,00	41,8 ± 3,46
4	76,1 ± 3,46	34,4 ± 7,00
6	78,7 ± 0,21	73,6 ± 6,93
8	88,3 ± 0,00	88,3 ± 0,00
10	89,6 ± 1,84	88,3 ± 0,00

Köpük Yarı-Ömrü (KYÖ, dk)		
Tuz Konsantrasyonu (NaCl, M)		
pH	0.1 M	0.25 M
2	14,9 ± 0,71	0,1 ± 0,01
4	1,4 ± 0,00	0,1 ± 0,01
6	1,2 ± 0,09	1,4 ± 0,02
8	1,6 ± 0,11	2,0 ± 0,14
10	1,6 ± 0,16	2,0 ± 0,06

EK O. APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda distile suda (dH₂O) protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.

pH	Hidroliz Derecesi (HD) (%)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	2	65,0±1,51 ^b
4		53,0±0,44 ^{ef}
6		40,2±2,71 ^h
8		51,7±2,45 ^f
10		52,3±5,24 ^{ef}
2	5	70,7±2,10 ^a
4		56,2±1,21 ^{de}
6		47,5±0,35 ^g
8		59,3±1,23 ^{cd}
10		62,7±0,46 ^{bc}

*Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK Ö: APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.

pH	Hidroliz Derecesi (HD) (%)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	2	45,4±0,70 ^b
4		39,0±0,78 ^e
6		41,2±0,15 ^d
8		46,2±0,51 ^b
10		47,7±0,44 ^a
2	5	43,0±1,18 ^c
4		35,5±0,26 ^f
6		39,7±0,67 ^e
8		45,7±0,71 ^b
10		46,4±1,02 ^b

*Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK P: APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'ün %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda distile suda (dH₂O) protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.

pH	Hidroliz Derecesi (HD) (%)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	2	48,1±2,16 ^{ef}
4		49,5±1,83 ^{de}
6		44,4±1,29 ^g
8		46,2±0,67 ^{fg}
10		55,8±1,10 ^b
2	5	53,3±2,57 ^{bc}
4		46,8±0,35 ^{efg}
6		51,8±1,33 ^{cd}
8		58,5±0,59 ^a
10		58,4±1,48 ^a

*Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK R: APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'ün %0.25 (w/v) hidrolizat konsantrasyonunda 0.25 M NaCl çözeltisindeki protein çözünürlüğü (%) üzerine ortam pH'sının etkisi.

pH	Hidroliz Derecesi (HD) (%)	Protein Çözünürlüğü* (%)
2	2	35,8±1,29 ^f
4		34,7±1,14 ^f
6		39,1±0,53 ^{de}
8		40,6±0,23 ^{cd}
10		40,4±0,61 ^{cd}
2	5	41,9±1,63 ^{bc}
4		37,5±1,13 ^e
6		38,2±0,44 ^e
8		45,2±0,56 ^a
10		43,3±0,69 ^b

*Aynı kolon içinde farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

EK S: APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).

Emülsiyon Kapasitesi (%)				
dH ₂ O		0.25M NaCl		
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	48,3 ± 0,62	48,7 ± 0,04	46,5 ± 0,18	46,2 ± 0,52
4	33,0 ± 1,33	28,5 ± 0,30	24,2 ± 0,19	29,2 ± 1,49
6	1,5 ± 0,01	1,5 ± 0,00	1,4 ± 0,00	20,7 ± 0,63
8	25,6 ± 3,19	42,6 ± 0,33	38,3 ± 1,42	39,1 ± 0,48
10	10,1 ± 0,00	27,3 ± 0,43	33,4 ± 0,13	33,9 ± 0,10

Emülsiyon Stabilitesi (%)				
dH ₂ O		0.25M NaCl		
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	50,0 ± 1,61	49,6 ± 0,18	46,1 ± 0,38	45,2 ± 0,31
4	22,1 ± 0,99	24,0 ± 0,15	4,8 ± 0,21	1,4 ± 0,01
6	1,5 ± 0,01	2,1 ± 1,01	1,5 ± 0,00	1,8 ± 0,52
8	25,1 ± 1,72	39,4 ± 0,63	29,9 ± 0,71	30,4 ± 0,11
10	20,5 ± 3,05	26,7 ± 0,24	14,7 ± 0,00	28,2 ± 0,40

EK Ş: APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin emülsiyon kapasitesi (EK, %) ve emülsiyon stabilitesi (ES, %) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).

Emülsiyon Kapasitesi (%)				
dH ₂ O		0.25M NaCl		
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	44,7 ± 0,33	34,6 ± 0,75	14,1 ± 1,01	17,8 ± 0,51
4	26,3 ± 0,98	1,4 ± 0,00	1,4 ± 0,01	1,5 ± 0,00
6	1,4 ± 0,00	1,4 ± 0,01	1,4 ± 0,00	1,4 ± 0,01
8	36,4 ± 0,00	37,1 ± 0,47	37,0 ± 0,38	35,5 ± 0,32
10	13,6 ± 0,47	8,5 ± 0,71	19,3 ± 0,96	19,8 ± 0,11

Emülsiyon Stabilitesi (%)				
dH ₂ O		0.25M NaCl		
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	45,7 ± 0,83	41,5 ± 0,10	26,0 ± 0,75	18,4 ± 0,33
4	28,1 ± 1,63	1,4 ± 0,00	1,5 ± 0,03	1,5 ± 0,02
6	1,5 ± 0,00	1,4 ± 0,00	1,4 ± 0,01	1,5 ± 0,00
8	40,8 ± 0,11	38,3 ± 0,99	18,9 ± 1,51	20,6 ± 0,41
10	36,6 ± 1,04	35,1 ± 0,10	8,7 ± 0,11	13,5 ± 0,27

EK T: APH-1 (%2 HD) ve APH-2 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).

Köpük Hacmi (cm³)				
	dH₂O		0.25M NaCl	
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	85,9 ± 3,46	88,3 ± 0,00	78,5 ± 0,00	72,4 ± 5,28
4	73,6 ± 6,94	85,9 ± 3,46	81,0 ± 3,47	75,3 ± 2,36
6	85,9 ± 3,46	78,5 ± 0,00	88,3 ± 0,00	74,9 ± 1,81
8	90,8 ± 3,47	88,3 ± 0,00	89,3 ± 1,39	89,3 ± 1,39
10	90,8 ± 3,47	93,7 ± 0,69	91,8 ± 2,08	85,9 ± 3,46

Köpük Yarı-Ömrü (dakika)				
	dH₂O		0.25M NaCl	
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	2,0 ± 0,04	2,2 ± 0,12	0,3 ± 0,05	0,3 ± 0,03
4	0,5 ± 0,06	1,1 ± 0,05	1,4 ± 0,06	1,2 ± 0,14
6	1,7 ± 0,37	1,3 ± 0,06	3,4 ± 0,20	1,0 ± 0,11
8	3,5 ± 0,01	5,6 ± 0,13	4,1 ± 0,11	4,1 ± 0,09
10	1,6 ± 0,07	1,7 ± 0,21	2,6 ± 0,18	3,4 ± 0,04

EK U: APH-3 (%2 HD) ve APH-4 (%5 HD)'nin %0.25 hidrolizat konsantrasyonunda (w/v) distile suda ve 0.25 M NaCl çözeltisindeki çözünür proteinlerinin köpük hacmi (KH, cm³) ve köpük yarı-ömrü (KYÖ, dk) üzerine ortam pH'sının etkisi (HD: Hidroliz Derecesi).

Köpük Hacmi (cm ³)				
	dH ₂ O		0.25M NaCl	
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	81,0 ± 3,47	73,6 ± 6,94	82,6 ± 1,11	75,6 ± 4,16
4	71,1 ± 3,46	76,0 ± 3,47	78,5 ± 0,00	79,8 ± 1,80
6	85,9 ± 3,46	83,4 ± 6,94	85,9 ± 3,46	70,7 ± 2,77
8	90,8 ± 3,47	84,2 ± 5,83	85,9 ± 3,46	84,2 ± 1,11
10	95,7 ± 3,47	88,3 ± 0,00	95,2 ± 4,16	80,2 ± 2,36

Köpük Yarı-Ömrü (dakika)				
	dH ₂ O		0.25M NaCl	
pH	%2 HD	%5 HD	%2 HD	%5 HD
2	1,1 ± 0,00	0,8 ± 0,01	2,1 ± 0,18	1,4 ± 0,14
4	2,7 ± 0,12	0,8 ± 0,06	2,0 ± 0,06	2,1 ± 0,13
6	1,4 ± 0,11	1,8 ± 0,03	1,8 ± 0,02	3,1 ± 0,11
8	4,0 ± 0,14	2,5 ± 0,02	2,5 ± 0,12	3,0 ± 0,11
10	2,2 ± 0,04	1,3 ± 0,08	2,6 ± 0,12	6,1 ± 0,20

ÖZGEÇMİŞ

İsim, Soyisim	: Esra ŞİRİN
Doğum Yeri ve Yılı	: İnebolu, 26.07.1985
Sürekli Adres	: Barış Mah. Enver Atakan Bulv. Mehmetcik Cad. Peyami Safa Sk. Semerkand Line Site: R Blok Daire:45 Beylikdüzü/ İSTANBUL
Son aldığı derece ve yılı	: Yüksek lisans, 2015
Anabilim Dalı	: AİBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Üniversite Öğretimi	: Yüksek Lisans , Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği, 2012-2015 Lisans , Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği, 2003-2008
Lise Öğretimi	: Arsal Anadolu Lisesi, Düzce, 2003
İş Tecrübesi	: Kahkecizade Kurabiyeleri, Düzce, 2011-2013