

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIRMIZI PANCARDAN ULTRASOUND ÖN
UYGULAMALI PROTEİN İZOLATI ELDESİ**

**Hazırlayan
Büşra ÇİĞDEM**

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Aralık 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIRMIZI PANCARDAN ULTRASOUND ÖN
UYGULAMALI PROTEİN İZOLATI ELDESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Büşra ÇİĞDEM**

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

**Aralık 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Büşra ÇİĞDEM



“Kırmızı Pancardan Ultrasound Ön Uygulamalı Protein İzolatı Eldesi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

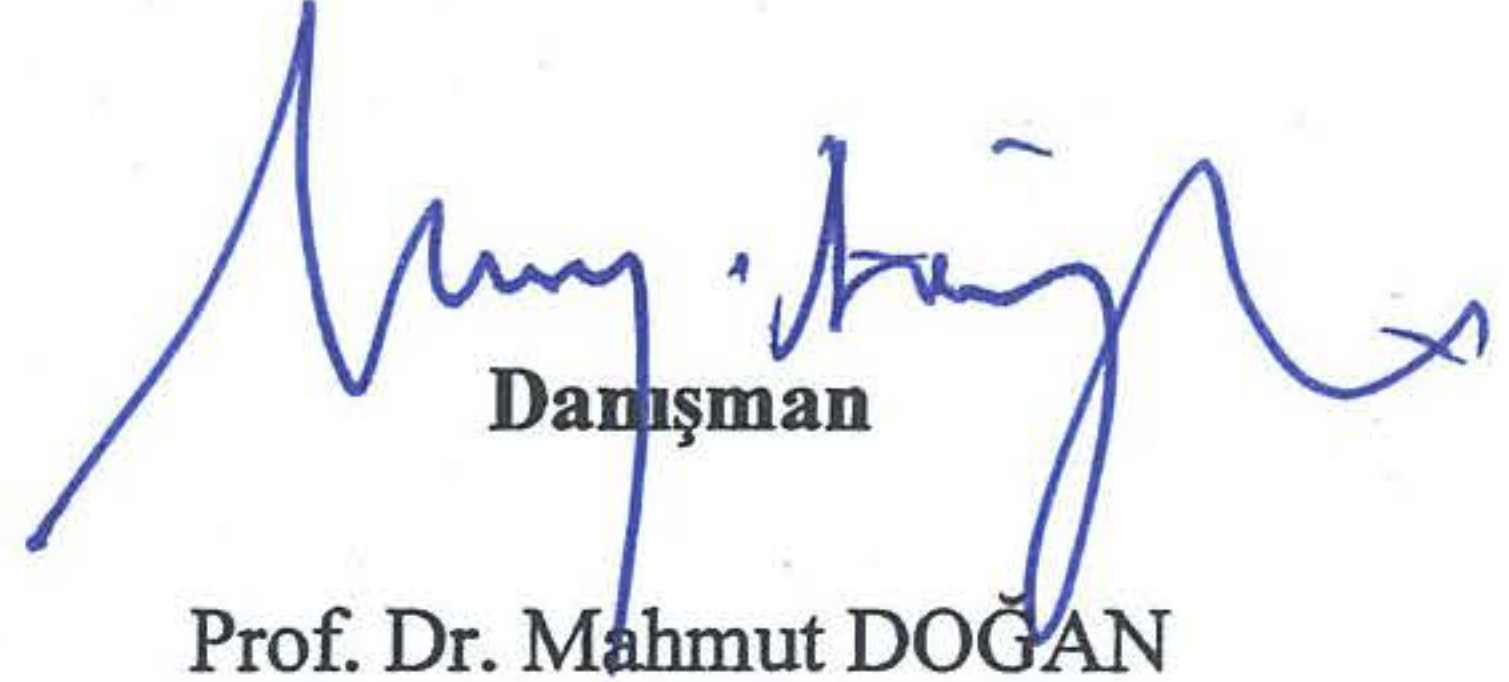
Hazırlayan

Büşra ÇİĞDEM



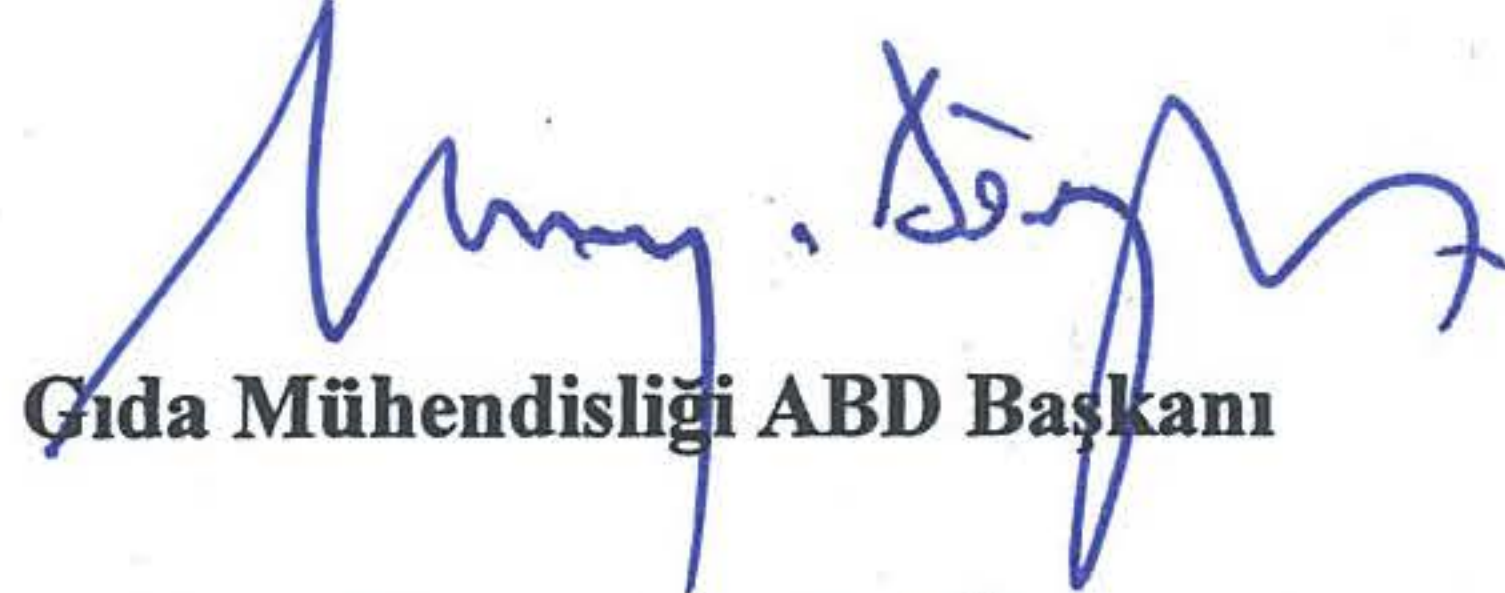
Danışman

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN



Gıda Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN



Prof. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında **Büşra ÇİĞDEM** tarafından hazırlanan “**Kırmızı Pancardan Ultrasound Ön Uygulamalı Protein İzolatı Eldesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

26 / 11 / 2019

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Üye : Prof. Dr. Hasan YALÇIN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Seda ÖZGEN

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun **24/12/2019** tarih ve **2019 / 71-02** sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, bu tezin yürütülmesi sırasında bilgi birikimi ve deneyimleri ile yolumu aydınlatan danışmanım Sayın Prof. Dr. Mahmut DOĞAN'a

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca üzerimde emeği bulunan tüm bölüm hocalarıma,

Çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen çok sevgili Arş. Grv. Duygu ASLAN TÜRKER'e, manevi olarak desteklerini hiç esirgemeyen çok kıymetli arkadaşlarım Aylin ÖZGÜR GÖKSU ve Sema SARIDANIŞMET'e ,

Laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi sırasındaki yardımlarından dolayı Kimyager Bekir HÜROĞLU'na

Son olarak eğitim hayatım boyunca, sonsuz sevgileri, güvenleri, özveri ve anlayışları ile her an yanımda olan annem Yedigül ÇİĞDEM , babam Sururi ÇİĞDEM'e, bu süreçte maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen canım ablam Ferruh ÇİĞDEM TURASAN ve manevi ağabeyim İsmail TURASAN'a

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Büşra ÇİĞDEM

Aralık 2019, KAYSERİ

KIRMIZI PANCARDAN ULTRASOUND ÖN UYGULAMALI PROTEİN İZOLATI ELDESİ

Büşra ÇİĞDEM

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2019
Danışman: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

ÖZET

Bu tez çalışmasında, kırmızı pancar bitkisinin köklerinden ultrasound ön uygulaması ile protein izolatu eldesi amaçlanmıştır. Bu amaçla izoelektrik ve tuz ile çöktürme yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Buna ek olarak protein verimini artırmak amacı ile ultrasound uygulaması yapılmıştır. Bu kapsamda ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatlarının protein miktarları kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu örneklerinin protein miktarı 12.89 ± 0.05 , kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu örneklerinin protein miktarı 4.32 ± 0.03 , kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu örneklerinin protein miktarı 8.73 ± 0.03 olarak belirlenmiştir. Ultrasound ön uygulamalı örneklerin protein miktarı, kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu örneklerinde 15.88 ± 0.40 , kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu örneklerinde 7.13 ± 0.07 , kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu örneklerinde 11.32 ± 0.01 olarak bulunmuştur. Ultrasound ön uygulamalı örneklerin kontrol örneklerine göre ortalama 2.96 daha fazla protein içerdiği belirlenmiştir. Elde edilen protein izolatları dondurarak kurutma yöntemi ile toz haline getirilmiştir. Kurutulan protein izolatu örneklerinin teknolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacı ile su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, köpürme kapasitesi ve köpürme stabilitesi, ıslanabilirlik, dağılılabilirlik, nem çekicilik ve renk analizleri, partikül yoğunluğu, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu tayinleri yapılmış, Carr İndeks ve Hausnerr oranları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Protein izolatu, Bitkisel protein, İzoelektrik çöktürme, Ultrasound

OBTAINING PROTEIN ISOLATE FROM RED BEET WITH ULTRASOUND PRE-TREATMENT

Büşra ÇİĞDEM

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, December 2019

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

ABSTRACT

The objective of this thesis is to obtain protein isolate by ultrasound pre-application from roots of red beet plant. For this purpose, isoelectric and salt precipitation methods were used together. In addition, ultrasound was applied to increase protein yield. In this context, the amount of protein isolates obtained from ultrasound pre-treatment dried red beet, dried red beet pulp and red beet juice were compared with the control samples. The amount of protein isolates obtained from dried red beet samples was $12.89 \pm 0.05\%$, the amount of protein isolates obtained from dried red beet pulp was $4.32 \pm 0.03\%$, and the amount of protein isolates obtained from red beet juice was $8.73 \pm 0.03\%$. The amount of protein in ultrasound pre-treatment samples was found to be $15.88 \pm 0.40\%$ in protein isolate samples obtained from red beet, $7.13 \pm 0.07\%$ in protein isolate samples obtained from dried red beet pulp and $11.32 \pm 0.01\%$ in samples obtained from red beet juice. It was found that ultrasound pre-treatment samples contain 2.96% more protein on average than control samples. The obtained protein isolates were pulverized via freeze-drying method. Water retention capacity, oil retention capacity, foaming capacity and foaming stability, wettability, dispersibility, moisture content and color analyzes, particle density, bulk density, topped bulk density determinations were performed in order to determine the technological and physicochemical properties of dried protein isolates. In addition, Carr Index and Hausnerr ratios were determined.

Keywords: Protein isolate, Vegetable protein, Isoelectric precipitation, Ultrasound,

İÇİNDEKİLER

ULTRASOUND ÖN UYGULAMALI ŞEKER PANCARI POSASINDAN PROTEİN ELDESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK	ii
KABUL VE ONAY.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Kırmızı Pancarın Genel Özellikleri	4
1.2. Proteinler	6
1.2.1. Proteinlerin Fonksiyonel Özellikleri	9
1.2.2. Bitkisel Proteinler	11
1.2.3. Protein Eldesinde Kullanılan Çöktürme Yöntemleri.....	13
1.2.3.1. İzoelektrik Çöktürme Yöntemi.....	13
1.2.3.2. Tuz Destekli Çöktürme.....	13
1.3. Ultrasound Yöntemi.....	14
1.3.1. Ultrasound Teknolojisinin Sınıflandırılması	15
1.3.1.1. Düşük Enerjili Ultrasound Teknolojisi.....	15

1.3.1.2. Yüksek Enerjili Ultrasound Teknolojisi	16
---	----

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal.....	18
2.2. Yöntem	18
2.2.1. Protein Eldesinde Kullanılan Yöntemler	18
2.2.1.1. Tuz Destekli İzoelektrik Çöktürme	19
2.2.1.2. Ultrasound Uygulaması	21
2.2.2. Liyoflizasyon (Dondurarak Kurutma).....	23
2.2.3. Analiz Yöntemleri	23
2.2.3.1. Hammaddeye Yapılan Analizler	23
2.2.3.1.1. Nem Tayini	23
2.2.3.1.2. Toplam Kül Miktarı Tayini.....	23
2.2.3.1.3. Toplam Protein Miktarı (Kjeldahl Yöntemi)	24
2.2.3.2. Protein İzolatına Yapılan Analizler	25
2.2.3.2.1. Lowry Yöntemi ile Protein Tayini	25
2.2.3.3. Ultrasound Ön Uygulamalı Kırmızı Pancar Örneklerinden Üretilen Protein İzolatı Tozlarında Yapılan Analizler	26
2.2.3.3.1. Teknolojik Analizler.....	26
2.2.3.3.1.1. Su Tutma Kapasitesi	26
2.2.3.3.1.2. Yağ Tutma Kapasitesi.....	27
2.2.3.3.1.3. Köpükleşme ve Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi	27
2.2.3.3.2. Toz Özellikleri	28
2.2.3.3.2.1. Islanabilirlik (Çözünme Hızı).....	28
2.2.3.3.2.2. Dağılabilirlik	28
2.2.3.3.2.3. Nem Çekicilik (%).....	29
2.2.3.3.2.4. Renk Analizi.....	29
2.2.3.3.3. Yoğunluk Analizleri	29

2.2.3.3.3.1. Partikül Yoğunluğu Analizi	29
2.2.3.3.3.2. Yığın Yoğunluğu Analizi.....	30
2.2.3.3.3.3. Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu Analizi.....	30
2.2.3.3.3.4. Carr İndeks ve Hausner Değerinin Belirlenmesi (Akabilirlik ve Yapışma)	30
2.2.3.4. İstatistiksel Analizler	31

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Kurutulmuş Kırmızı Pancar, Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası ve Kırmızı Pancar Suyu Örneklerine Ait Kimyasal Analizlerin Sonuçları	32
3.2. Kurutulmuş Kırmızı Pancar, Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası ve Kırmızı Pancar Suyundan Protein İzolatı Eldesi ve Lowry Yöntemi ile Protein Tayini Sonuçları	33
3.3. Ultrasound Ön Uygulamalı Kurtulmuş Kırmızı Pancar, Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası ve Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinden Elde Edilen Protein İzolatlarının Protein Miktarları.....	34
3.4. Protein İzolatı Tozlarına Yapılan Analizlerin Sonuçları	35
3.4.1. Kimyasal Analizler.....	35
3.4.1.1. Nem ve Kül Analizi Sonuçları	35
3.4.2. Protein İzolatı Tozlarının Teknolojik Özelliklerinin Analiz Sonuçları	37
3.4.3. Protein İzolatı Örneklerinin Toz Özelliklerinin Analiz Sonuçları.....	40
3.4.4. Protein İzolatı Tozlarının Yoğunluk Özelliklerinin Analiz Sonuçları	43

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma- Sonuç.....	46
4.1.1. Kırmızı Pancar Örneklerinden Elde Edilen Protein İzolatlarının Protein İçerikleri ve Ultrasound Yönteminin Etkileri	46
4.1.2. Hammadde ve Protein İzolatı Tozlarının Nem ve Kül İçerikleri.....	47

4.1.3. Protein İzolatı Tozlarının Özellikleri	48
4.1.3.1. Protein İzolatı Tozlarının Islanabilirlik Özellikleri	48
4.1.3.2. Protein İzolatı Tozlarının Dağılabilirlik Özellikleri	49
4.1.3.3. Protein İzolatı Tozlarının Nem Çekicilik Özellikleri	50
4.1.3.4. Protein İzolatı Tozlarının Renk Özellikleri	50
4.1.4. Protein İzolatı Tozlarının Teknolojik Özellikleri	51
4.1.4.1. Protein İzolatı Tozlarının Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi	51
4.1.4.2. Protein İzolatı Tozlarının Su ve Yağ Tutma Kapasitesi	52
4.1.5. Protein İzolatı Tozlarının Yoğunluk Özellikleri	54
4.2. Öneriler	56
KAYNAKÇA	59
ÖZGEÇMİŞ	67

KISALTMALAR

<i>a</i>	: Yesilden kırmızılığa doğru renk geçiş değeri
<i>b</i>	: Maviden sarıya doğru renk geçiş değeri
<i>g</i>	: Gram
<i>kHz</i>	: KiloHertz
<i>L</i>	: Siyahtan beyaza kadar olan açıklık-koyuluk renk geçiş değeri
<i>ml</i>	: Mililitre
<i>s</i>	: Saniye
<i>µl</i>	: Mikrolitre

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Kırmızı pancar bitkisinin besin değerleri.....	6
Tablo 1.2. Proteinlerin fonksiyonları ve gıdalarda kullanımı	11
Tablo 1.3. Ultrasound uygulamasının gıdalardaki mevcut uygulama alanları ve etkileri.....	16
Tablo 2.1. Carr Index ve Hausner oranına göre toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık özelliklerinin sınıflandırılması.....	30
Tablo 3.1. Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerinin kimyasal analiz değerleri.....	33
Tablo 3.2. Ultrasound uygulanmayan kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen izolatların protein miktarları (%) (Lowry yöntemi).....	34
Tablo 3.3. Ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatlarının % protein miktarları	35
Tablo 3.4. Ultrasound ön uygulaması ile elde edilen protein izolatı tozlarının nem ve kül miktarları (%).....	36
Tablo 3.5. Ultrasound ön uygulaması ile elde edilen protein izolatı tozlarının teknolojik özellikleri	38
Tablo 3.6. Ultrasound ön uygulamalı protein izolatı tozlarının toz özellikleri ve renk değerleri.....	41
Tablo 3.7. Ultrasound ön uygulamalı protein izolatı tozlarının yoğunluk özellikleri	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Kırmızı Pancar Bitkisinin Görünümü	5
Şekil 1.2.	Amino asitlerin yapısı	7
Şekil 1.3.	Polipeptitlerin oluşumu	7
Şekil 1.4.	Proteinlerin üç boyutlu yapıları.....	8
Şekil 1.5.	Miyoglobin proteinin tersiyer yapısı	9
Şekil 1.6.	Proteinlerin fonksiyonel özellikleri	10
Şekil 2.1.	Tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile protein izolatu tozu üretim akış şeması (Kontrol grubu).....	20
Şekil 2.2.	Ultrasound ön uygulamalı tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile protein izolatu tozu üretim akış şeması.....	22
Şekil 2.3.	Bovine Serum Albumin (BSA) çözeltisi konsantrasyon-absorbans grafiği.....	26
Şekil 3.1.	Ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozlarının köpürme kapasitelerinin zamana göre değişimi.....	40

GİRİŞ

Proteinler, besin maddelerinin çok önemli bir bileşeni olup 20 farklı aminoasidin peptid bağları ile birbirine bağlanmasıyla oluşan makro moleküllerdir. Bununla beraber hem protein oluşumu için gerekli olan aminoasitlerin kaynağı, hem de gıdalara lezzet, aroma ve renk veren maddelerin oluşumuna katılan bileşenlerdir. Proteinin yapısında bulunan 20 amino asitten 12 tanesi insan vücudunda sentezlenebilirken, 8 tanesi esansiyel olup insan vücudunda sentezlenemez ve dışarıdan gıda kaynaklı olarak alınması gereklidir [1]. Yetişkinler için yeterli miktarda amino asit günlük alım dozu ise 0.75 g/kg olarak belirlenmiştir [2].

Proteinler hem hayvansal hem de bitkisel gıdalarda bulunurlar. Protein oranının hayvansal gıdalarda daha yüksek olması sebebi ile genel olarak hayvansal gıdalardan alınması tercih edilir. Ancak günümüzde nüfus artışının neden olduğu besin yetersizliği, ekonomik sebepler, vegan ve vejeteryan beslenmenin de artması ile birlikte bitkisel proteinlerin önemi giderek artmıştır. Dünya’da yaklaşık 20.7 milyon vejeteryan ve vegan birey bulunmaktadır [3]. Sürekli artan bitkisel protein ihtiyacı genel olarak hububat ve baklagillerden özellikle de bunlara göre daha yüksek protein içeren (%38-40) soya fasulyesinden karşılanmaktadır. Ayrıca soya fasulyesinden protein tozu üretimi de fazlaca yapılmaktadır [4]. Soya fasulyesine ek olarak bezelye, nohut, bakla, kolza, pirinç, mercimek ve kenevir bitkilerinin de bitkisel protein kaynağı olarak kullanımı mevcuttur. Ancak tüketim sıklığına nispeten üretimi de artırmak amacı ile GDO’lu olarak üretimi yaygın olan ülkelerden ithal edilen soya fasulyesine talep giderek azalmıştır ve başka bitkisel protein kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla beraber soyanın bir diğer dezavantajı hammaddedeki istenmeyen alerjen maddelerin ekstrakta geçebilmesidir [5]. Ayrıca yapısında bulunan fitatın demir ile birleşerek suda çözünmeyen birleşikler oluşturarak vücuttaki demir emilimini engelleyici etki göstermesidir [6]. Bu nedenlerden dolayı endüstride, bitkisel protein açısından pazar açığı oluşmaktadır ve alternatif bir bitkisel protein kaynağı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada bitkisel protein kaynağı olarak kırmızı pancar bitkisi tercih edilmiştir. Ayrıca kırmızı pancar bitkisinin posası ve suyu da değerlendirilmiş olup protein eldesinde kullanılabilirliği incelenmiştir.

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris*) *Amaranthaceae* ailesinden olan çiçekli bir bitkidir. Avrupanın kuzeyi ve güneyinde yetişmektedir. Ülkemizde ise sahil bölgelerinde yetiştirilerek tüketilmektedir. Oransal olarak en çok üretim ve tüketim yapılan bölgelerimiz Ege ve Marmara bölgeleridir. Akdeniz bölgemizde de az miktarda olmak üzere kırmızı pancar üretimi ve tüketimi yapılmaktadır [7]. Kırmızı pancar Avrupa'da yemeği yapılan, salata ve turşularda çiğ olarak da tüketilen bir besin olup ülkemizde genel olarak turşu olarak tüketimi daha sık görülmektedir. Kırmızı pancar doğal renklendirici olarak kullanılmaktadır ve günümüzde doğal ürünlerin kullanımına olan rağbet, kırmızı pancarın önemini giderek artırmaktadır [8]. Kırmızı pancar faydalı özellikleri ve finansal getirileri nedeniyle dünya çapında tüketilen bir sebzedir. Birçok ülkede bölgeye bağlı olarak bütün, pişmiş, konserve veya işlenmiş olarak ticarileştirilir [9]. Ancak kırmızı pancar bitkisinin protein ihtiyacını karşılamak için tüketimi bulunmamaktadır ve bitkisel protein üretimi yapılmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada kırmızı pancar bitkisinin protein eldesinde kullanılabilirliği incelenmektedir.

Bu çalışma kapsamında protein ekstraksiyon verimini artırma amacı ile iki farklı protein çöktürme yöntemi bir arada kullanılmaktadır. Birçok protein çöktürme yöntemi bulunmaktadır. İzoelektrik çöktürme ve tuz ile çöktürme bu yöntemler arasındadır. İzoelektrik çöktürme pH değişimi ile proteinlerin izoelektrik noktasına yaklaşım çöktürme esasına dayanırken, tuz ile çöktürme ise proteinlerin çözünürlüğünü artırma esasına dayanır [10].

Ekstraksiyon verimini artırmak amacı ile kullanılan diğer yöntem ise ultrasound tekniğidir. Ultrasound, insan işitme aralığının ötesinde frekanslara sahip ses dalgaları (~ 20 kHz) olarak tanımlanır. Ultrasound bir enerji kaynağı olarak kullanılır. Yüksek enerjili ultrasound uygulaması, gıda endüstrisinde emülsifikasyon, özütleme, kurutma ve köpük kontrolü gibi çeşitli amaçlar için kullanılmış olan gelişen bir teknolojidir. Ayrıca, işleme süresini azaltma, işletme ve bakım maliyetlerini düşürme, verimi, kaliteyi ve güvenliği artırma gibi avantajlar sunar [11].

Bu tez çalışması kapsamında, ultrasound ön işlemleri uygulanan ve etüvde kurutma yöntemi ile kurutulan kırmızı pancarda, kırmızı pancar posasında ve kırmızı pancar suyunda ultrasound işlemleri uygulanarak protein özütünün elde edilmesi ve dondurarak kurutma yöntemi ile alternatif bitkisel protein izolatu tozu eldesi amaçlanmıştır.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Kırmızı Pancarın Genel Özellikleri

Kırmızı pancar bitkisi (*Beta vulgaris L.*) Kuzey Afrika'da ortaya çıkmış ve Akdeniz yolu boyunca Asya ve Avrupa kıyılarına yayılmıştır. Asıl üretimi Kuzey Amerika, Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'da merkezlenir. Kırmızı pancar tüm dünyada tüketilen geleneksel bir sebzedir.

Kırmızı pancarın insan beslenmesinde birçok kullanım alanı vardır. Kırmızı gıda renklendiricileri olarak çeşitli şekillerde kullanılabilir; salça, soslar, tatlılar, reçellerin, dondurmalar ve tahılların renginin iyileştirilmesi, fırıncılıkta, cips, çay, toz gibi kurutulmuş formlarda, gıda takviyeleri vb şekillerde kullanım alanları vardır. Son yıllarda, kök sebzesi olan *Beta vulgaris L.*, sağlığı geliştiren fonksiyonel bir gıda ürünü olarak oldukça ilgi görmektedir. Kırmızı pancar, karotenoidler, betalainler, polifenoller ve flavonoidler ve saponinler gibi değerli aktif bileşikler bakımından zengindir [12]. Kırmızı pancar, kabul edilebilirlikleri ve finansal getirileri nedeniyle dünya çapında çokça tüketilen bir sebzedir. Birçok ülkede ticarileştirilir. Bölgeye bağlı olarak, bütün, pişmiş, konserve veya minimal işlenmiş ürünler gibi çeşitleri tüketilmektedir. Pancarın besin değeri, esas olarak, yumrulu kökte bulunan vitaminler, mineraller ve biyoaktif bileşiklerde bulunur [13].



Şekil 1.1. Kırmızı Pancar Bitkisinin Görünümü

Kırmızı pancar, yumrulu, şeker pancarı ile kıyaslandığında daha küçük, ince köklü iki yıllık otsu bir bitkidir. Birinci yılda bitkinin toprağın altındaki yumru kısmı ve toprağın üstündeki yeşil yaprakları, ikinci yıl ise çiçek sapı, çiçek ve tohumları gelişir. Kırmızı pancarın yenilebilir olan kök kısmı yuvarlak ya da yuvarlağa yakın bir şekildedir. Kabuk ve iç kısmı koyu kırmızı renktedir.

Kırmızı pancar, ılıman ve serin iklimlerde yetişen bir bitki türüdür. Kırmızı pancar, genel olarak her toprak çeşidinde yetişmektedir ancak en iyi verim gevşek, derin ve organik madde bakımından zengin topraklardan elde edilir. Kırmızı pancar bitkisi, tohumlarının ekiminden sonraki üç ay içinde ürün vermeye başlar. Hasat zamanı geçtiğinde, normal boyutu 3-4 cm olan yumrunun boyutu büyür ve bu kırmızı pancar bitkisinin özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle bitkinin hasat zamanı geçirilmeden toplanmalıdır. Genel olarak yumruları tüketilen kırmızı pancar bitkisinin yaprakları da besin değeri taşımaktadır. Kırmızı pancarın insan sağlığına olan faydaları ise oldukça fazladır. Bitkiye kırmızı rengini veren pigmentlerin kanser hastalığına karşı olumlu etkileri vardır. Kalp sağlığını korur. Yüksek tansiyonu önlediği bilinmektedir. Kırmızı pancar suyunun kan basıncını düşürücü etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca karaciğeri korur ve böbrekleri çalıştırma konusunda etkilidir [7]. Ayrıca

hematopoetik yani kan yapıcı madde olarak pancar suları tüketilmekte ve son yıllarda marketlerde satılmaktadır.

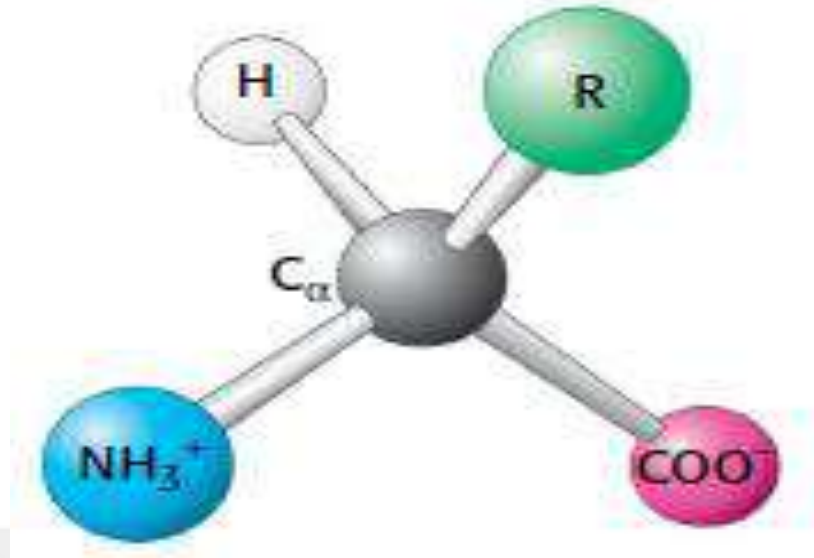
Kırmızı pancarın besin değerleri, Tablo 1.1’de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Kırmızı pancar bitkisinin besin değerleri

Besin Değeri	100 gramda	% Günlük Değer *
Kalori	44 kcal	% 2.2
Karbonhidrat	8.0 g	% 2.7
Lif	1.3 g	% 5.1
Protein	1.2 g	% 2.5
Yağ	0.5 g	% 0.8
Kolesterol	0.0 mg	% 0.0
A Vitamini	287.0 IU	% 5.7
C Vitamini	8.2 mg	% 13.7
Potasyum	279.0 mg	% 8.0
Kalsiyum	12.0 mg	% 1.2
Demir	0.4 mg	% 2.1

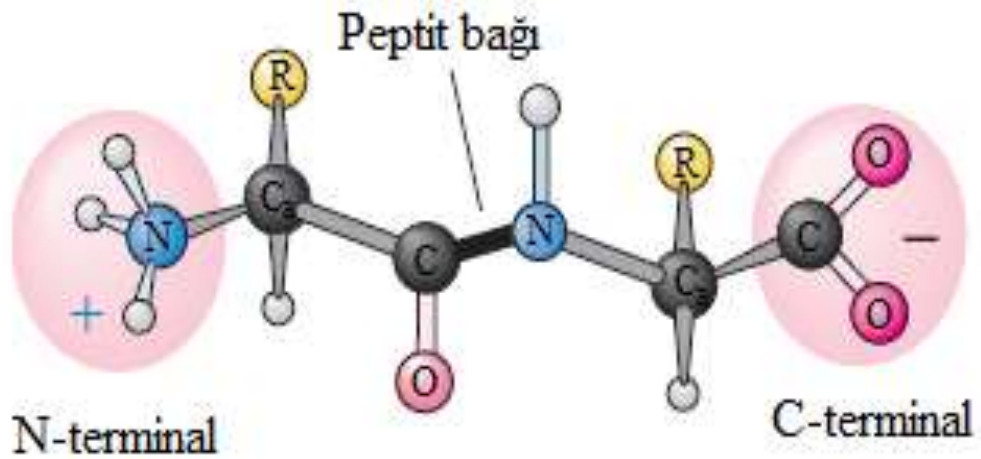
1.2. Proteinler

Proteinler, yapıtaşları olan amino asitlerin peptid bağlarıyla bağlanarak bir araya gelmesinden oluşan ve polipeptid zinciri içeren makro moleküllerdir. Proteinler, karbon atomuna bağlı karboksil grubu (COOH), amino grubu (NH₂), hidrojen (H) ve radikal gruptan (R) meydana gelmektedir [14]. Radikal grup değişkendir ve 20 farklı aminoasidin farklı değişken grupların karbon atomuna bağlanmasıyla oluşur. Bu aminoasitlerin farklı dizilişleri farklı örüntüleri oluşturur ve sayısız protein çeşidi meydana gelir [15]. Aminoasitler hem asidik olan karboksil (COOH) grubunu hem de bazikolan amino (NH₂) grubunu içerirler. Aminoasitlerin genel yapısı Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Amino asitlerin yapısı [5]

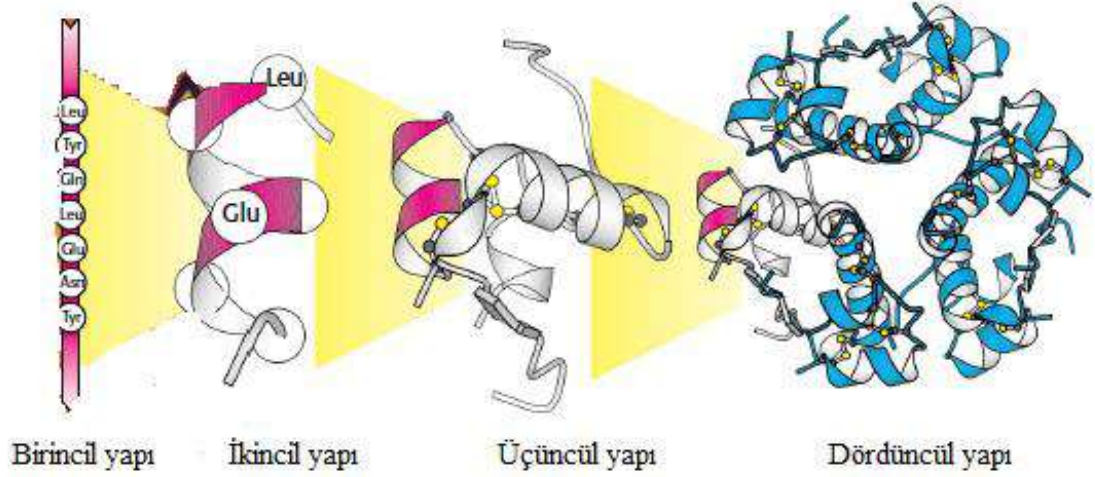
Aminoasitlerin karboksil ve amino grubu arasında kurulan bağa peptid bağlarıyla bağlanması ile peptidler, peptidlerin birbirine bağlanması ile de polipeptidler oluşmaktadır. Polipeptitlerin oluşumu Şekil 1.3' te gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Polipeptitlerin oluşumu [5]

Aminoasitler diziliş bakımından farklılık gösterdikleri için, diziliş sıralarına göre proteine farklı kimyasal özellikler vermektedirler. Aynı zamanda sekonder ve tersiyer yapılar kazandırır. Primer yapı (birincil), aminoasitlerin polipeptid zincirindeki diziliş sırası olarak tanımlanırken, sekonder yapı (ikincil) ise R grupları önemsenmeksizin polipeptid zincirini uzaydaki yönelimi ve konumu, tersiyer yapı (üçüncül) R gruplarının da dikkate alındığı polipeptid zincirinin uzaydaki yönelimi ve

konumu, tersiyer yapı (kuarter) birden çok polipeptid zincirinin meydana gelmesi ile oluşan yapılardır. Proteinlerin yapıları Şekil 1.4'te gösterilmiştir [1].



Şekil 1.4. Proteinlerin üç boyutlu yapıları [5]

Primer yapı, belirli aminoasitlerin belirli sayıda ve dizilişte peptit bağları ile birbirlerine bağlanması ile oluşur. Bu şekilde oluşan polipeptid zincirinin bir ucunda aminoasitin serbest amino grubu diğer ucunda ise aminoasitin karboksil grubu bulunur [16]. Sekonder yapı, polipeptid zincirindeki amino grubu ve karboksil grubunun molekül içi veya moleküller arası hidrojen bağları ile bağlanması sonucunda oluşur [16]. Protein molekülleri üç boyutlu bir şekle sahiptirler ve polipeptid zinciri kıvrılmış şekilde bulunur. Bu kıvrılma ve katlanmanın şekli aminoasitler tarafından belirlenir. Hidrojen köprü bağları sekonder yapının oluşumunda yer alan vander waals kuvvetleri olarak bilinmektedir [1].

Tersiyer yapı, polipeptid zincirinin bükülmesi ve helezonlanması ile meydana gelir. Üçüncül yapı proteinlerin üç boyutlu yapısını meydana getirir.

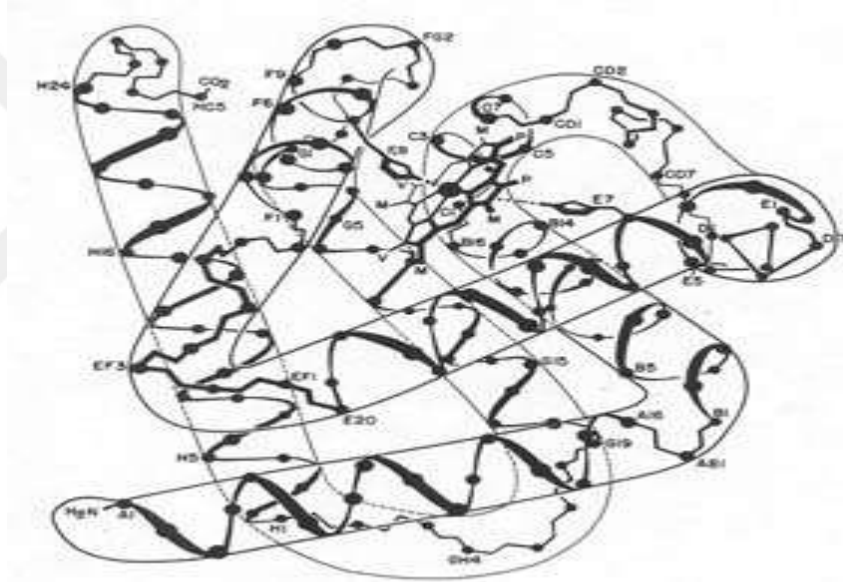
Tersiyer yapıda bulunan bağlar;

- Vander waals bağları
- Hidrojen bağları
- İyonik bağlar
- Disülfür bağları

Bu bağlar ile oluşan üçüncül yapıda globüler yani yumak şeklinde ve fibriler yani lifsi proteinler oluşmaktadır.

Globüler proteinler helezonlanmış ve katlanmış yani ikincil yapıları oluşmuş proteinlerin yumak gibi kendi üzerinde katlanması ile meydana gelirler. Örneğin miyoglobin tersiyer bir proteindir. Globüler proteinler; enzimler, hormonlar, antikorlar gibi biyolojik oluşumlara katılan proteinlerdir.

Fibriler proteinler ise güçlü disülfür bağlarının olması sebebi ile suda çözünmezler. Dış etkenlere ve enzimlere karşı dayanıklıdırlar. Fibriler proteinler, keratin, kollajen, elastin gibi dokuların yapısını oluştururlar [16].



Şekil 1.5. Miyoglobin proteinin tersiyer yapısı [16]

1.2.1. Proteinlerin Fonksiyonel Özellikleri

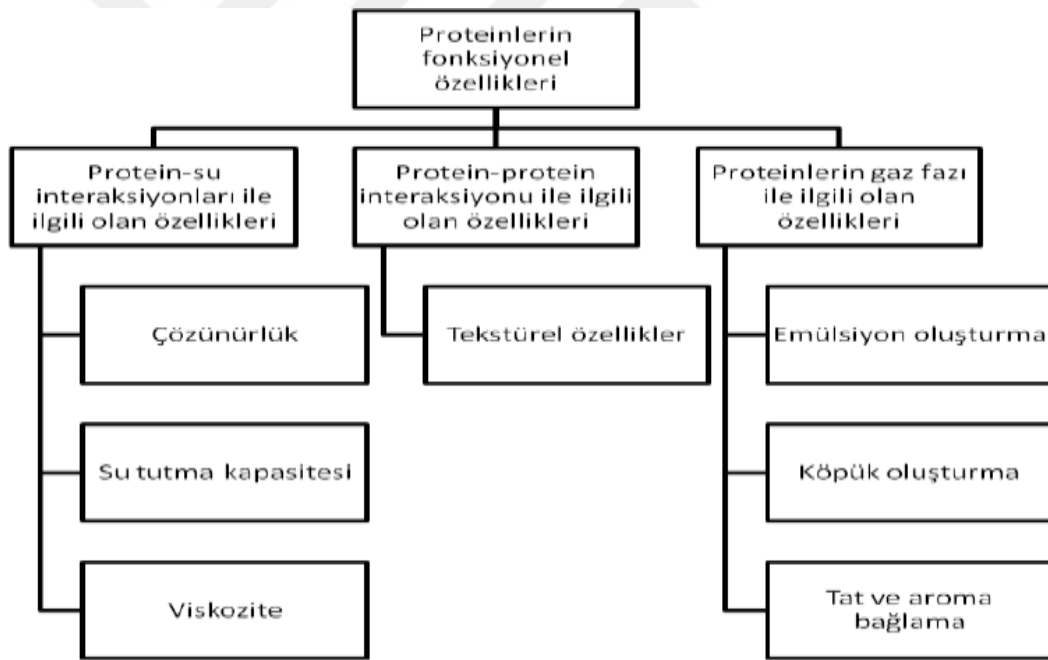
Proteinlerin fonksiyonel özellikleri üretim, işleme, depolama, taşıma ve tüketim esnasında bulunduğu gıdayı etkileyen fiziksel ve kimyasal özellikler olarak tanımlanır [17].

Proteinlerin gıdalara uygulandıklarında sahip oldukları besleyici değerini yanı sıra işlevsel faktörlerinin olması sebebi ile gıda uygulamalarındaki kullanılabilirliği artmaktadır. İşlevsel özellik tekstür, tat-koku, renk ve görünüş gibi özellikleridir.

Örneğin köpük oluşturma, emülsifiye etme ve jelleşme gibi işlevsel özellikler gıdaların tekstürünün oluşmasını sağlarlar [18].

Canlıların büyümesi ve gelişmesi için başta gelen besin gruplarından biri olan proteinler, aminoasitlerin peptid bağlarıyla bağlanmasından oluşan ve bir veya birden fazla polipeptid zinciri içeren makro moleküllerdir [1]. Yüksek besin değerine sahip proteinlerin gıdaların yapısal özelliklerinin geliştirilmesinde; kıvam arttırma, jel oluşumunu güçlendirme, emülsiyon oluşturma, su tutma ve serum ayrılmasını engelleme gibi fonksiyonel özellikleri bulunmaktadır [19].

Proteinlerin fonksiyonel özellikleri; protein-su interaksyonu, protein-protein interaksyonu ve proteinlerin gaz fazı ile ilgili özellikleri olarak tanımlanmaktadır. Proteinlerin fonksiyonel özellikleri Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



Şekil 1.6. Proteinlerin fonksiyonel özellikleri [19]

Günümüzde, unlu mamüler, et ve süt ürünleri, çikolata ve şekerleme gibi gıda ürünlerinde tekstür ve duyuşal özellikler üzerindeki olumlu etkileri sayesinde proteinlerin gıda endüstrisinde kullanımı giderek artmaktadır. Bunun yanı sıra proteinler; sporcu beslenmesinde ve özel beslenme amaçlı gıda ve içeceklerde, bebek mamalarında ve daha birçok gıdada çeşitli amaçlar için katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [20]. Diğer taraftan hayvansal beslenme ilkelerinde özellikle hayvan

besleme rasyonlarında protein çok önemli bir besin bileşeni olup haricen protein kaynağı olarak, kan unu, kemik unu gibi ilave katkıları kullanılmaktadır. Dolayısıyla proteinlerin kullanımı sadece gıda amaçlı veya insan beslenmesi amaçlı değil hayvansal beslenmeye dönük kullanılabilirliği de göz önüne alınmalıdır.

Proteinlerin gıda endüstrisinde kullanım amaçları ve kullanıldığı ürünler Tablo 1.2’ deki gibidir.

Tablo 1.2. Proteinlerin fonksiyonları ve gıdalarda kullanımı [19]

Proteinlerin Fonksiyonel Etkileri	Kullanıldıkları Alanlar
Proteince zengileştirme	Diyet gıdalar, Sürülebilir gıdalar, Fırın ürünleri, Gazlı içecekler, Sporcu gıdaları, Süt ürünleri
Aminoasit içeriğini artırma	Bebek mamalarının hazırlanması Bitkisel kaynaklı gıdaların zenginleştirilmesi
Çözünürlüğü artırma	Gazlı içecekler
Su absorpsiyonu sağlama	Gazlı içecekler
Viskoziteyi geliştirme	Hazır çorbalar, Salça
Elastikiyet sağlama	Et ürünleri, Fırın ürünleri
Emülsifiye etme	Dondurma, Hazır çorba, Salça, Et ürünleri, Mayonez üretimi
Şekil oluşturma ve geliştirme	Fırın ürünleri, Tatlılar
Jel oluşturma	Fırın ürünleri, Tatlılar, Et ürünleri, Quark, Cheddar ve Ricotta peynirleri
Stabilizasyonu sağlama	Hazır çorba, Süt ürünleri, Mayonez benzeri ürünler

1.2.2. Bitkisel Proteinler

Gıda endüstrisinde kullanılan protein tozları hayvansal kaynaklı ve bitkisel kaynaklı proteinler olarak ikiye ayrılır. Protein açısından zengin oldukları bilinen hayvansal gıdaların kısıtlı ve pahalı olması sebebiyle bitkilerden elde edilen proteinlerin kullanılması değer kazanmıştır. Bitkisel proteinler artan nüfusla birlikte ortaya çıkan besin yetersizliği, ekonomik sebepler ve son dönemde daha yaygın hale gelen vejeteryan ve vegan beslenme tarzı ile birlikte daha fazla talep görmektedir [21]. Bitki

proteinleri düşük yağ ve kalori içeriği ile yüksek besin değerine ve biyoyararlanıma sahiptir. Ayrıca, bitki proteinleri düşük fiyat ile antioksidan, antidiyabetik ve antifat aktiviteleri gibi iyi fonksiyonel aktivitelere sahiptir. Bu nedenlerden dolayı, bitki proteinlerinin hayvansal proteinlere alternatif olarak kullanımı için artan bir talep vardır [22]. Sürekli artan protein talebi nedeniyle alternatif protein elde edilebilecek kaynaklarla ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

Protein bakımından zengin olan kanola, soya ve çeşitli baklagiller protein kaynağı olarak kullanılmaktadır. Özellikle saflaştırılmış bitkisel proteinler bu çalışmalarda büyük öneme sahiptir [23,24]. Ayrıca bitkisel proteinler sadece besin olarak tüketilmemekte, son zamanlarda yenilebilir film ve ambalajların bileşimine de katkıda bulunmaktadır [25].

Çoğu bitkisel kaynaklı protein, insan beslenmesinde düşük maliyetli ve alternatif protein kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Dünya genelinde artan nüfus ve azalan besin kaynakları nedeniyle 1950 yıllarından beri alternatif protein kaynakları arayışı ortaya çıkmıştır. Bu kaygılar doğrultusunda birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin maya, küf, bakteri, mikroalg gibi canlılardan, bitkisel kaynaklardan ve üretimde yan ürün olarak meydana gelen atık gıda posalarından protein üretimi yönünde çalışmalar devam etmektedir [26].

İhtiyaç duyulan bu protein kaynaklarından soya başta olmak üzere çeşitli bitkisel kaynaklı proteinler ticari olarak kullanılmaktadır. Soya fasulyesine alternatif bitkisel protein kaynakları arasında patates, pirinç, mısır, nohut, mercimek, fasulye, susam, yerfıstığı, ceviz, fındık ve buğday ürünleri bulunmaktadır [27]. Örneğin; soya fasulyesi kuru maddede % 40 oranında protein içermektedir. Bu nedenle endüstriyel olarak protein üretimine uygun bir materyaldir. Bunun yanı sıra lif ve antioksidan içeriği gibi avantajları da vardır. Ancak alerjen bir besin olması ve transgenik genler taşıması sebebi ile tüketiciler tarafından tercih edilmemeye başlanmıştır [5]. İnsan beslenmesinde düşük maliyetli ürünler olarak bitkisel proteinler ilgi görmektedir. Bu nedenle yeni bitkisel protein kaynakları aranmaktadır.

Kırmızı pancarın protein miktarı ise literatüre göre farklılık göstermektedir. Yapılan bir çalışmaya göre kırmızı pancar nişasta, früktoz, sakaroz, glukoz ve diyet lif gibi karbonhidratlar (9.96g /100 g), protein (1.68 g/100 g) ve yağ (0.18/100 g) içermektedir.

[28]. Başka kaynaklara göre ise protein miktarı, 100 gram kırmızı pancarda % 0.98 ile % 12 arasında değişiklik göstermektedir [29].

1.2.3. Protein Eldesinde Kullanılan Çöktürme Yöntemleri

Proteinlerin ayrılması ve saflaştırılması, hammaddenin ekstraksiyonu ile proteinlerin izole edilmesi ve istenmeyen kontaminantların uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır [30]. Proteinler; çeşitli tuzlar (amonyum sülfat, magnezyum sülfat, sodyum sülfat), organik çözücüler, ısı, asit ve bazlarla çöktürülebilir, ancak tuzlar dışındakilerle yapılan çöktürme proteinleri denatüre eder ve proteinler bir daha doğal şekillerine dönemez. Buna karşın tuzlarla yapılan çöktürme proteinleri denatüre etmezler. Tuzlar, protein moleküllerinin etrafındaki su moleküllerini çekerler ve böylece proteinler birbirleri ile birleşerek toplu halde çökme eylemini gerçekleştirirler [10].

1.2.3.1. İzoelektrik Çöktürme Yöntemi

Aminoasitlerin nötral oldukları noktaya izoelektrik nokta denir [16]. Proteinler, net sıfır yükte oldukları noktada birbirlerine yaklaşırlar ve daha az çözünürlük özelliği gösterirler. Protein çözeltisinin pH değerini proteinin izoelektrik noktasına yaklaştırmak ya da eşit duruma getirme işlemine izoelektrik çöktürme denir. Protein moleküllerinin yüzeyi negatif ve pozitif yüklü gruplar ile kaplıdır. pH değerinin üstünde yüzey negatif yüklüdür. pH değerinin altında ise yüzey pozitif yüklüdür. Bu nedenle bu noktalarda yükler birbirini iterler. İzoelektrik noktada ise protein yüzeyindeki negatif ve pozitif yükler birbirlerine eşit olur ve moleküller arasında elektrostatik çekim oluşur ve benzer moleküller arasında artık elektrostatik itmeler oluşmayacaktır. Bu da proteinlerin çökmesine neden olur. İzoelektrik çöktürme genellikle istenen ve istenmeyen proteinleri çöktürmek için kullanılır [10].

1.2.3.2. Tuz Destekli Çöktürme

Proteinlerin su içerisindeki çözünürlükleri çok azdır. Ortama bir miktar nötral tuz (NaCl ve $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gibi) ilave edildiğinde proteinlerin yüzeyinde veya iç kısımlarında bulunan hidrofobik grupların su ile etkileşim derecesi artar, bu durumda proteinlerin çözünürlükleri de artar. Bu olaya ‘salting in’ denir. Protein çözeltisine çok miktarda nötral tuz ilave edildiğinde, proteinlerin genellikle iç kısımlarında yer alan hidrofobik

gruplar etrafındaki su molekülleri tuz iyonları tarafından uzaklaştırılır, bu durumda hidrofobik grupların birbirleri ile olan etkileşimleri artar ve proteinler çökerler. Bu olaya ise ‘salting out’ denir.

Protein çözeltisinde hidrofobik alanları büyük ve daha fazla olan proteinler, hidrofobik alanları küçük ve daha az olanlarınkine göre daha çabuk birbirleri ile etkileşerek çökerler. Bu olaya proteinlerin fraksiyonlanması denir. Bu işlem için protein çözeltisine farklı derişimlerde amonyum sülfat eklenir, oluşan çökelti santrifüjleme ile geri elde edilir ve uygun bir tamponda tekrar çözülür. Her çözeltide ilgili protein, analiz yöntemleriyle aranır. Bu şekilde ilgili proteinin bulunduğu çökelti fraksiyonu, diğer protein fraksiyonlarından uzaklaştırılmış olunur. Böylece çöktürme işlemi ile kısmi bir saflaştırma yapılmış olunur.

Çöktürme işlemi aynı zamanda çok seyreltik olan protein çözeltilerinin deriştirilmesinde kullanılabilir. Bu işlem için çok seyreltik olan protein çözeltisine yüksek derişimlerde amonyum sülfat eklenir, daha sonra santrifüjleme ile elde edilen çökelti uygun bir hacimde tamponda çözündürülür.

Çöktürme işleminde birçok avantajı nedeniyle en fazla kullanılan tuz amonyum sülfattır. Amonyum sülfat proteinleri denatürasyon, proteolizis ve bakteriyel kontaminasyona karşı kararlılığını korur. Ayrıca, amonyum sülfatın çözünürlüğü çok az değişir (0-30°C) ve büyük miktarlarda ucuz bir şekilde saf olarak elde edilebilir [10].

1.3. Ultrasound Yöntemi

Ultrasound, non-termal (ısısal olmayan) hücrelerin parçalanması ve maddelerin ekstraksiyon verimini artırmak için kullanılabilen etkili bir gıda işleme yöntemidir. Ultrasound, mekaniksel olan ve insanların işittiği 20 kHz’in üzerindeki frekanslara sahip bir enerji türüdür [31]. Ultrasound yönteminin etkisi, ses dalgalarının yayılması sonucunda meydana gelir. Mekanik titreşimler mekanik basınç dalgalarına dönüşürler ve ortamdaki enerjiyi temas eden maddeye aktarırlar. Maddedeki her bir molekül titreşerek enerji moleküller arasında aktarılır. Böylece basınç dalgaları maddenin tamamına aktarılmış olur. Bu işlem için ultrasonik ses dalgası üreten ultrasound cihazları kullanılır. Bu cihazlar alternatif akımı mekanik titreşimlere dönüştürürler. Bu titreşimler prob ile ortama iletilirler [32]. Ultrasound yönteminde güç faktörü önemli bir

parametredir. Üretilen ses dalgasının enerji miktarını ifade eder. Dalga tarafından taşınan birim alanda, birim zamanda taşınan enerji miktarı olarak tanımlanır [33].

Ultrasound dokuların membran geçirgenliğini etkiler ve enzim aktivitesini artırmakla beraber enzimlerin çalışmasını ve dolayısı ile enzimatik reaksiyonların hızını artırır. Ayrıca mikroorganizmalar üzerinde öldürücü etkiye sahiptir. Mikroorganizmaların yok olma süreleri uygulanan ultrasound yönteminin gücü ve süresi ile doğru orantılıdır [31]. Ultrasound destekli ekstraksiyon, bitki materyallerinin analizi için kullanılan ve bitkisel materyallerin işlenmesinde etkili bir ekstraksiyon tekniğidir ve son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ultrasound, analitin katı maddeden sıvı faza kütle transferini yoğunlaştırma yeteneğini artırır, böylece ekstraksiyon zamanını kısaltır ve çözücü tüketimini azaltır [34]. Ultrasound uygulaması hücre duvarlarını mekanik olarak parçalar ve hücre içerisindeki bileşenlerin hücre dışına kolayca aktarılmasını sağlar. Ultrasonik dalga hava içinden geçerken, basınçta değişimlere sebep olur. Moleküllerin sıkıştığı noktalarda basınç normal değerinin üstüne çıkarken, moleküllerin birbirinden uzaklaştığı noktalarda basınç normal değerinin altına iner. Ultrasound yöntemi uygulandığında, hücre duvarının ortadan kalkmasından dolayı bu yöntemle yapılan ekstraksiyon işleminin süresi diğerlerine göre daha kısadır. Aynı zamanda hücre içerisindeki maddelerin dışarı çıkmasını hızlandırdığı gibi çözücü solventin de hücre içerisine girmesini hızlandırır.

1.3.1. Ultrasound Teknolojisinin Sınıflandırılması

Ultrasound yöntemi düşük enerjili ve yüksek enerjili olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Düşük enerjili ultrasound düşük güç-düşük yoğunluk, yüksek enerjili ultrasound ise yüksek güç-yüksek yoğunluk özelliklerine sahiptir [11].

1.3.1.1. Düşük Enerjili Ultrasound Teknolojisi

1 W/cm^2 yoğunluğunda ve $>100 \text{ kHz}$ frekanstaki uygulamalardır. Üründe fiziksel veya kimyasal bir değişikliğe neden olmamaktadır. Sertlik, olgunluk, parçacık büyüklüğü ve kompozisyon gibi fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır [11].

1.3.1.2. Yüksek Enerjili Ultrasound Teknolojisi

10/1000 W/cm² enerji yoğunluğunda ve 20-100 kHz frekanstaki uygulamalardır. Üründe mekanik, fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir. Enzim inaktivasyonunda ve mikrobiyal inaktivasyon amacıyla kullanılmaktadır [11].

Ultrasound uygulamasının gıdaların korunması ve işlenmesi konusunda kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır. Tablo1.3'te ultrasound uygulamasının gıdalarda mevcut kullanımı gösterilmiştir.

Tablo 1.3. Ultrasound uygulamasının gıdalardaki mevcut uygulama alanları ve etkileri [30]

UYGULAMA	ETKİ
Katı yağların ve şekerlerin kristalizasyonu	Kristalizasyon akışını artırır, nükleasyonu uniformize eder
Gaz giderme	Fermantasyon sonrası CO ₂ gazını giderir
Köpük kırma	Kazanların doldurulması sırasında sıvıların pompalanmasında oluşan köpük gidermede
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon hızı ve etkinliğinin artırılmasında
Ultrason yardımıyla kurutma	Sıcak havayla kurutmada kuruma etkinliğini artırarak daha düşük sıcaklıklarda ve hava hızlarında yüksek verimle kurumayı sağlar
Karıştırma ve emülsifikasyon	Ticari olarak uygulanmaktadır aynı zamanda emülsiyon kırmada da kullanılabilir
Alkollü içeceklerin olgunlaşması ve oksidasyonu	Alkollü içeceklerin hızlı okside olmasını sağlar
Etin olgunlaşması	Kürlenmiş etlerde miyofibriler proteinlere etki eder
Nemlendirme ve fogging (sisleme)	Havanın nemlendirilmesinde kullanılan sistemlerde, dezenfektan olarak gazlama işleminde
Temizleme ve yüzey dekontaminasyonu	Kümes hayvanları kesiminde kullanılan ekipmanın temizlenmesinde ticari olarak kullanılmakta olan sistemlerde, özellikle mevcut yöntemlerle kolay temizlenemeyen boru iç temizliğinde kullanılır

Tablo 1.3. Ultrasound uygulamasının gıdalardaki mevcut uygulama alanları ve etkilerinin devamı

Atık işleme	Pestisit kalıntılarının giderilmesinde
Hava kaynaklı tozların çökeltilmesi	Duvar tipi sistemlerle havadaki tozların giderilmesi ve atık gazların tozlarının giderilmesinde
Enzim aktivitesinin inhibisyonu	Sükroz inversiyonunu ve pepsin aktivitesini durdurabilir; genellikle oksidazlar ultrason uygulamasıyla inaktive edilebilir fakat katalazlar sadece düşük konsantrasyonlarda etkilenir; redüktazlar ve amilazlar ultrason uygulamasına çok dirençlidir
Canlı hücrelerin uyarılması	Düşük güçteki ultrason uygulaması hücre duvarı zarar görmeksizin hücrelerin etkinliğini artırır, örneğin yoğurt üretiminde <i>Lactobacillus</i> etkinliği %40 arttırılmıştır, ayrıca tohum çimlenmesi ve balık yumurtası oluşumunda da etkinliği gösterilmiştir
Ultrason destekli dondurma	Donmada kristal büyüklüğü kontrolü ve buz kristal oluşum bölgesinde geçen sürenin kısaltılması
Ultrason destekli filtrasyon	Filtre ortamından birim alandan birim zamanda geçen madde miktarında artış meydana gelir
Mikrobiyal inaktivasyon	Sıcaklık ve basınçla kombine olarak uygulanan ultrason işlemiyle mikrobiyal inaktivasyonu daha etkinleştirir bunun sonucunda aynı letaliteyi sağlamak için gerekli işlem süresi kısılır

Bu tez çalışmasında, kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan, klasik ve ultrasound ön uygulamalı olmak üzere iki farklı yöntem ile protein izolatı elde edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen izolatlar % protein miktarı yönünden kıyaslanarak ultrasound uygulamasının protein ekstraksiyon verimine etkisi incelenecektir. Ayrıca üretilen protein izolatları dondurarak kurutma yöntemi ile dondurularak toz ürünlerin kimyasal, teknolojik, yoğunluk ve toz özellikleri incelenecektir.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal

Protein izolatu tozu üretimi için seçilen kırmızı pancar sebzesi Kayseri ili piyasasından temin edilmiştir. Toprak ve kirlerinden arındırılması amacıyla su ile yıkanarak sap kısımları gövdesinden ayrılmıştır. Kırmızı pancar bitkisi rendelenerek etüvde 105 °C’ de kurutulup öğütülmüştür. Ayrıca katı meyve sıkacağında kırmızı pancarın suyu ve posası ayrılarak posası da etüvde 105 °C’ de kurutulup öğütülmüştür. Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu olmak üzere üç farklı materyal kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Bu tez çalışmasında kırmızı pancardan protein elde etmek amacıyla izoelektrik çöktürme ve tuz ile çöktürme yöntemlerinden faydalanılmıştır. Aynı zamanda ultrasound ön uygulaması yapılarak işlemin ekstraksiyon verimine etkisi incelenmiştir. Klasik ve ultrasound ön uygulamalı olmak üzere iki farklı yöntem ile üretilen protein izolatları dondurarak kurutma yöntemi ile kurutularak kimyasal özellikler, toz özellikleri, teknolojik özellikler ve yoğunluk özellikleri açısından kıyaslanmıştır.

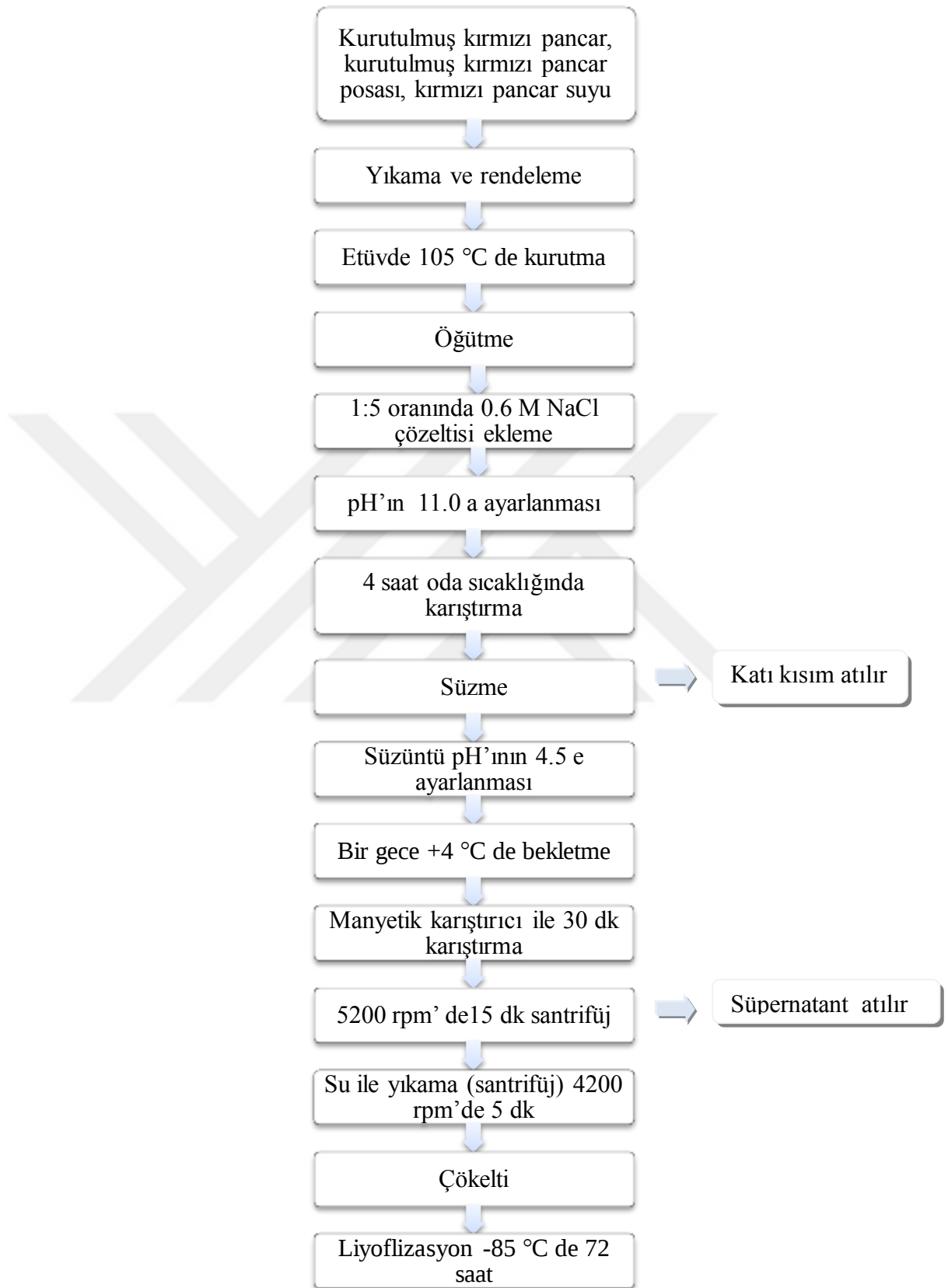
2.2.1. Protein Eldesinde Kullanılan Yöntemler

Kırmızı pancardan protein elde etmek için tuz destekli ekstraksiyon ve izoelektrik noktadan yararlanarak çöktürme yöntemleri bir arada kullanılmıştır.

2.2.1.1. Tuz Destekli İzoelektrik Çöktürme

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerine 1:5 oranında 0,6 M NaCl çözeltisi ilave edilmiştir. Kullanılan örnekler ve NaCl çözeltisi oranı ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Karışımın pH' sı 1 M NaOH çözeltisi ile 11.0'e ayarlanmıştır. Karışım oda sıcaklığında 4 saat boyunca mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Sonrasında kaba filtre kağıdı ile süzülerek süzüntü alınmıştır. Süzüntünün pH'sı 1 M HCl ile 4.5 olarak belirlenen izoelektrik noktaya ayarlanmıştır. Çökelmenin gerçekleşmesi için bir gece boyunca +4 °C'de bekletilmiştir. Daha sonra çökelme gözlenen süzüntü oda sıcaklığında 30 dk manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Ardından 5200 rpm' de 15 dk santrifüjlenmiştir. Süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra çökeltinin 5 katı kadar saf su eklenmiş ve yeniden santrifüj edilmiştir. Süpernatant uzaklaştırılmış ve çökelti toplanmıştır [35]. Daha sonra -85 °C'de, 0.01 mbar vakum ile 72 saat boyunca dondurarak kurutulmuştur.

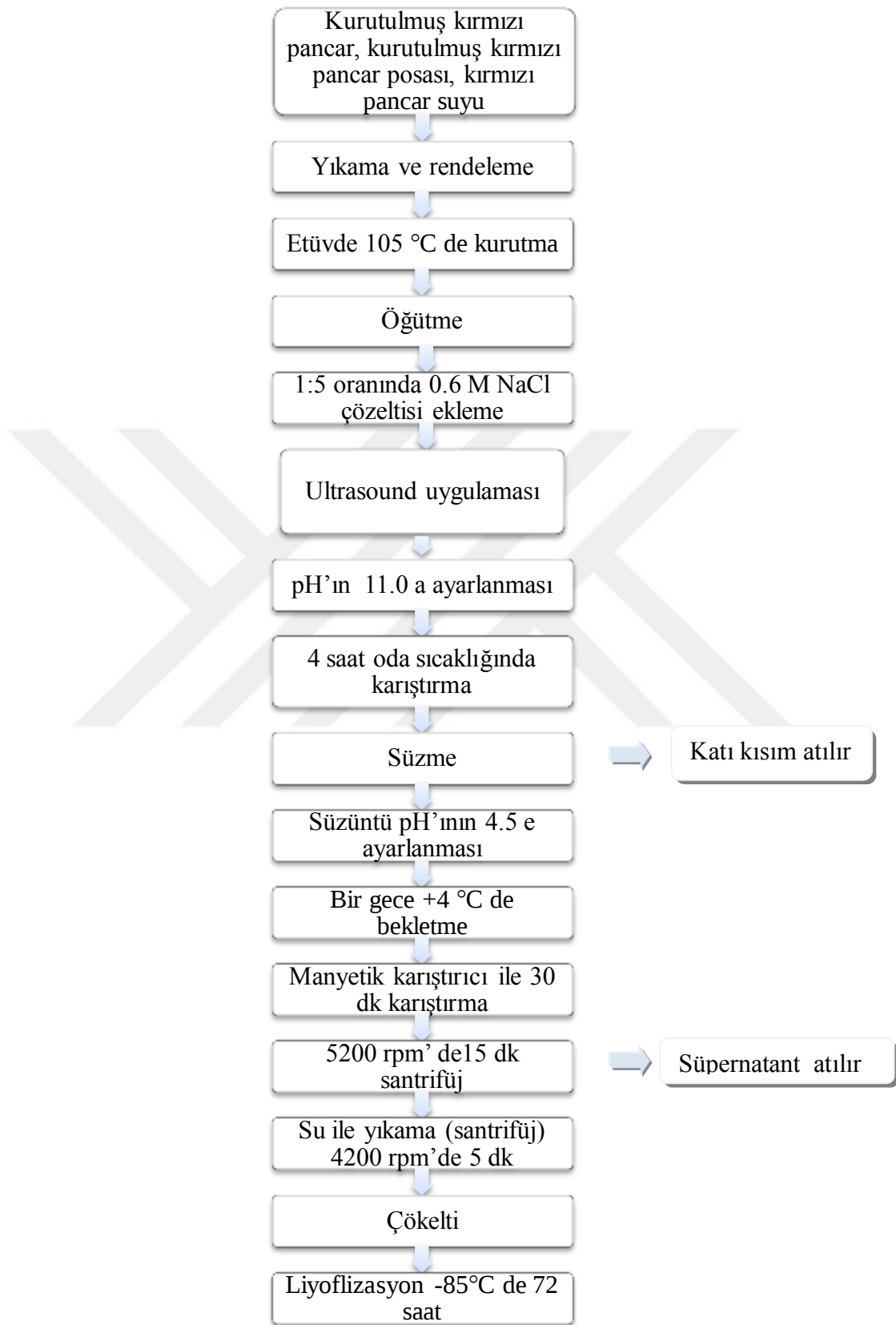
Kullanılan materyallerden tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi aşamaları sırası ile Şekil 2.1'de verilmektedir.



Şekil 2.1. Tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile protein izolatu tozu üretim akış şeması (Kontrol grubu)

2.2.1.2. Ultrasound Uygulaması

Araştırma kapsamında kullanılan materyalde kontrol amaçlı olarak klasik yöntemde protein izolatu üretimi için belirlenen aynı aşamalardan geçirilerek kurutulmuş ve öğütölmüş kırmızı pancara 1:5 oranında NaCl çözeltisi eklendikten sonra ultrasound işlemi uygulanmıştır. Ardından klasik yöntem üretim aşamaları uygulanmıştır. Ultrasound cihazında (UP400S, Hielscher, Almanya), titanyum prob (H22D, 22 mm) kullanılarak materyal üzerine ultrasound uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kullanılan probun maksimum enerji yoğunluğu 85 W/cm^2 ve genliği $100 \text{ }\mu\text{m}$ 'dir. Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örnekleri 1 litrelik beher içerisinde tartılarak 1:5 oranında NaCl çözeltisi ile süspanse edilmiştir. Sıcaklık artışını kontrol edebilmek için beher buzla doldurulan başka bir kap içerisine yerleştirilmiştir. Prob numune içine daldırılarak ön çalışmalar sonucunda belirlenen% 30 güç, 20 dk süre ve 0.65 frekansta ultrasound işlemi uygulanmıştır. Daha sonra klasik yöntemle aynı işlem basamakları takip edilerek izolatlar elde edilmiştir. Bu izolatlarda Lowry yöntemi ile protein tayini yapılmıştır.



Şekil 2.2. Ultrasound ön uygulamalı tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile protein izolatu tozu üretim akış şeması

2.2.2. Liyoflizasyon (Dondurarak Kurutma)

Ön denemeler sonucunda belirlenen güç, süre ve genlikte ultrasound işlemi uygulanarak elde edilen protein izolatları -85 °C’de 0.0100 mbar vakum altında 72 saat boyunca dondurarak kurutulmuştur.

2.2.3. Analiz Yöntemleri

2.2.3.1. Hammaddeye Yapılan Analizler

2.2.3.1.1. Nem Tayini

Kurutma kapları 105 °C’ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma gelinceye kadar, yaklaşık 3 saat boyunca bırakılmıştır. Desikatörde soğuması beklenen kaplar tartılmış ve daraları kaydedilmiştir. Daha sonra yaklaşık 3-5 gram örnek tartılmıştır. Örnekler 105 °C etüvde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir ve ardından yeniden tartılmıştır. % nem miktarı aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır. Nem miktarı analizi kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve bu örneklerden elde edilen protein izolatu tozu örneklerine (kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek grubu olmak üzere) uygulanmıştır [36].

$$\%nem = \frac{m_2(m_3 - m_1)}{m_2} \times 100 \text{ (Denklem 1)}$$

m₁: petri darası (g)

m₂:örnek miktarı (g)

m₃: son tartım (g)

2.2.3.1.2. Toplam Kül Miktarı Tayini

Kül tayini için darası alınan krozelere yaklaşık 3 gram örnek tartılmış ve 550 °C’de 8 saat boyunca yakılarak toplam kül miktarı belirlenmiştir [36]. Kül tayini kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve bu örneklerden elde edilen protein izolatu tozu örneklerine (kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek grubu olmak üzere) uygulanmıştır.

m_0 : kroze darası

m_1 : örnek miktarı

m_2 : son tartım

$$\% \text{ Toplam Kül} = 100 \times \frac{m_2 - m_0}{m_1} \times \frac{100}{100 - \% \text{ nem}} \quad (\text{Denklem 2})$$

2.2.3.1.3. Toplam Protein Miktarı (Kjeldahl Yöntemi)

Kjeldahl yönteminde üç temel aşama uygulanmıştır.

1. Yakma
2. Distilasyon
3. Titrasyon

Kjeldahl cihazının yakma tüplerine 1 er gram örnek tartılmıştır. İçerisine yakma taşı atılarak 20 ml sülfirik asit eklenmiştir ve 1 saat boyunca bulanıklık ve partikül olmayana kadar cihazda yakma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra yakma tüpleri çıkarılıp soğumaya bırakılmıştır. Üzerine 50 ml saf su eklendikten sonra distilasyon aşamasına geçilmiştir. Cihaz yaklaşık 70 ml NaOH çözeltisini yakma tüplerine alınır. Ardından pH'ı 4.65 olan %3'lük borik asit hazırlanarak yaklaşık 60 ml alınarak 100 ml'lik beherlere koyulmuştur. Distile olan çözelti beherdeki borik asitin üstüne alınmıştır. Titrasyon aşamasında beherdeki karışım 0.1 M sülfirik asit ile pH 4.65 olana kadar titre edilmiştir. Sarfiyat kaydedilmiştir. % azot miktarı aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır ve daha sonra 6,25 olarak belirlenen faktör ile çarpılarak % protein miktarına geçilmiştir [36].

$$\% \text{ Azot} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 0.014}{m} \times 100$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Azot} \times F \quad (\text{Denklem 3})$$

V_1 : Titrasyonda harcanan sülfirik asit miktarı

V_0 : kör deneme titrasyonunda harcanan sülfirik asit miktarı

N: Titrasyonda kullanılan sülfrik asit çözeltisinin normalitesi

m : Alınan gıda örneğinin miktarı (g)

F: Gıdalara ait genel protein katsayısı (6,25)

2.2.3.2. Protein İzolatına Yapılan Analizler

2.2.3.2.1. Lowry Yöntemi ile Protein Tayini

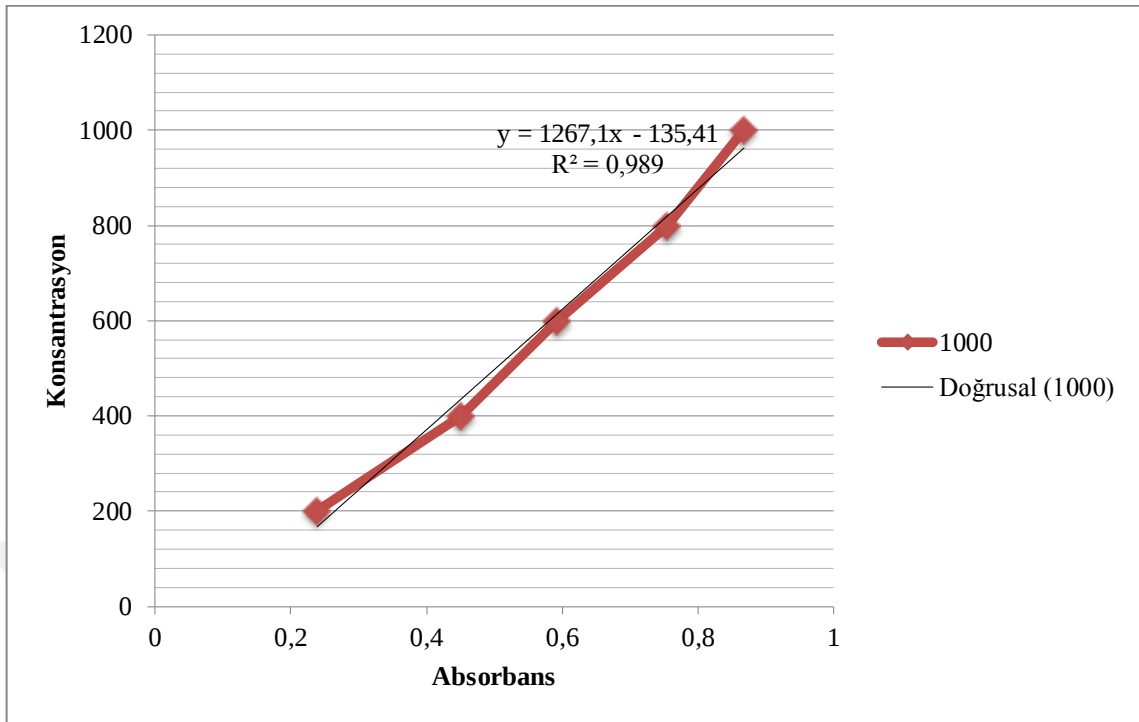
Lowry yöntemi için, A çözeltisi, B çözeltisi ve C çözeltisi olmak üzere üç farklı çözelti kullanılmıştır. Bu çözeltilerden A çözeltisi sodyum karbonat, sodyum hidroksit ve sodyum potasyum tartarat kullanılarak hazırlanmıştır. B çözeltisi Bakır 2 Sülfat Pentahidrat kullanılarak hazırlanmıştır. C çözeltisi ise A çözeltisi ve B çözeltisinin 100:1 oranında karıştırılması ile elde edilmiştir.

25 ml'lik deney tüplerine protein izolatı tozu örneklerinden 1 ml alınmıştır. Üzerine 3 ml C çözeltisi eklenerek oda sıcaklığında 15 dk bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda 0,3 ml folin-fenol çözeltisi eklenerek karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 45 dk bekletilmiştir. Ardından spektrofotometrede 660 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Standart eğrisi oluşturmak için tüplere örnek yerine konsantrasyonları belli olan BSA (Bovine Serum Albumin) çözeltisinden 1 ml eklenerek aynı prosedür uygulanıp 660 nm 'de absorbans okunarak grafik çizilmiştir. BSA çözeltisinin konsantrasyon-absorbans grafiği Şekil 2.3'te verilmiştir. Şahit için örnek yerine 1 ml saf su eklenir. Ardından grafikteki absorbans-konsantrasyon eğrisinden örnekler için okunan absorbans değerleri yazılarak örneklerin konsantrasyonları bulunmuştur. Daha sonra % protein olarak ifade edilmiştir. Lowry yöntemi ile protein tayini kurutulmuş kırmızı pancardan, kırmızı pancar suyundan ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından klasik yöntem ve ultrasound ön uygulamalı yöntem ile elde edilen protein izolatı örneklerine uygulanmıştır [37].

Çözelti A: 1000 ml saf sudaki 20 g Na_2CO_3 (Sodyum Karbonat), 4 g NaOH (Sodyum Hidroksit), 1.6 g Na-K tartarat (Sodyum Potasyum Tartarat)

Çözelti B: 100 ml saf sudaki 4 g $\text{Cu}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Bakır 2 Sülfat Pentahidrat)

Çözelti C: 100:1(v/v) A/B



Şekil 2.3. Bovine Serum Albumin (BSA) çözeltisi konsantrasyon-absorbans grafiği

2.2.3.3. Ultrasound Ön Uygulamalı Kırmızı Pancar Örneklerinden Üretilen Protein İzolatı Tozlarında Yapılan Analizler

2.2.3.3.1. Teknolojik Analizler

Teknolojik analizler, kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek grupları olmak üzere, kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerine uygulanmıştır.

2.2.3.3.1.1. Su Tutma Kapasitesi

Proteinlerin su tutma kapasitesi; bir gram proteinin bağladığı suyun gram olarak miktarı şeklinde ifade edilmektedir. Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinden kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup olmak üzere daraları alınmış falkon tüplerine yaklaşık 0.5 gram tartılmıştır ve 10 ml saf su eklenmiştir. Falkonlardaki karışım 1 dakika vortekslelendikten sonra oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra karışım 5200 rpm'de 15 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Süpernatant dikkatlice

toplanmış ve falkonlar yeniden tartılmıştır. Sonuçlar g/g cinsinden aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır [38].

$$STK (g/g) = \frac{(W3 - W2) - W1}{W1} \text{ (Denklem 4)}$$

W_1 : örnek miktarı (g)

W_2 : falkon darası (g)

W_3 : son tartım (g)

2.2.3.3.1.2. Yağ Tutma Kapasitesi

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinden kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup olarak olmak üzere, daraları alınmış falkon tüplerine yaklaşık 0.5 gram tartılmıştır ve 10 ml bitkisel yağ eklenmiştir. Falkondaki karışım 1 dakika vortekslelendikten sonra oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra karışım 5200 rpm'de 15 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Süpernatant dikkatlice toplanmış ve falkonlar yeniden tartılmıştır. Sonuçlar g/g cinsinden aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır [38].

$$STK (g/g) = \frac{(W3 - W2) - W1}{W1} \text{ (Denklem 5)}$$

W_1 : örnek miktarı (g)

W_2 : falkon darası (g)

W_3 : son tartım (g)

2.2.3.3.1.3. Köpükleşme ve Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi

Köpürme kapasitesi ve stabilitesi Jarpa-Parra et al. yöntemine göre ölçülmüştür. Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinden kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup olarak olmak üzere, % 1 lik 20 ml (w/v) protein izolatu hazırlanıp hacmi dereceli silindirde kaydedilmiştir. Ardından homojenizatörde 6 devirde 2 dk

boyunca karıştırılıp hacmi yeniden kaydedilmiştir. Köpürme kapasitesi aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır.

$$KK(\%) = \frac{\text{Son Hacim} - \text{İlk Hacim}}{\text{İlk Hacim}} \times 100 \text{ (Denklem6)}$$

Köpürme stabilitesi ölçümü için hacim değişiklikleri oda sıcaklığında 15, 30, 45, 60 ve 90 dk bekletildikten sonra yeniden dereceli silindirde ölçülmüştür. Köpürme stabilitesi belirlenen dk sonrası için Denklem 6'ya göre hesaplanmıştır[39].

2.2.3.3.2. Toz Özellikleri

Toz özellikleri analizleri, kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek grupları olmak üzere, kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerine uygulanmıştır.

2.2.3.3.2.1. Islanabilirlik (Çözünme Hızı)

1 gram toz örnek 50 mL saf su içerisine konularak 1000 rpm hızda manyetik karıştırıcı ile çözünene kadar karıştırılarak tamamen çözündüğü süre kronometre ile belirlenip kaydedilmiştir [40].

2.2.3.3.2.2. Dağılabilirlik

Dağılabilirlik analizi için 50 ml hacmindeki behere 10 ml saf su konulup üzerine 1 g protein izolatı tozu örneğinden eklenmiştir. Ardından metal bir kaşık yardımıyla 15 saniye saat yönünde ve tersinde dairesel hareketler yapılmıştır. Sonrasında karışım kaba filtre kağıdından süzülerek süzüntüden 1 ml alınmış ve darası alınmış petrilere konularak 65 °C etüvde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir. Dağılabilirlik (%) olarak aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır [5].

$$\% \text{ Dağılabilirlik} = \frac{(10 + a) \times b}{a \times \frac{100-c}{100}} \text{ (Denklem7)}$$

a: örnek miktarı (g)

b: süzüntünün % kuru maddesi

c: toz ürünün % nem miktarı

2.2.3.3.2.3. Nem Çekicilik (%)

1 gram protein izolatu tozu örneği tartılır. İçerisinde doymuş NaCl çözeltisinin olduğu bir beherde 1 hafta boyunca oda sıcaklığında bekletilir. Süre sonunda örnek tartılır. Nem çekicilik % olarak aşağıdaki denkleme göre hesaplanır [40]. Nem çekicilik analizi kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek gruplarına uygulanmıştır.

$$\text{Nem çekicilik \%} = \frac{(\text{son tartım} - \text{dara}) - \text{örnek miktarı}}{\text{örnek miktarı}} \times 100 \text{ (Denklem 8)}$$

2.2.3.3.2.4. Renk Analizi

Kalorimetre adı verilen Konica-Minolta CR5 marka renk ölçüm cihazı ile toz örneklerin L^* , a^* , b^* değerleri ölçülmüştür. L^* değeri koyuluk-parlaklık, a^* değeri kırmızılık ($+a^*$) yeşillik ($-a^*$) ve b^* değeri ise mavilik ($-b^*$) sarılık ($+b^*$) şeklinde ifade edilmektedir [41].

2.2.3.3.3. Yoğunluk Analizleri

Yoğunluk analizleri, kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek grupları olmak üzere, kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerine uygulanmıştır.

2.2.3.3.3.1. Partikül Yoğunluğu Analizi

Partikül yoğunluğu analizi için 100 ml'lik piknometrenin darası alınır (m_0). Piknometre boşken petrol eteri ile doldurulmuş ve tartılmıştır (m_p). Yine darası bilinen bir piknometre içerisine protein izolatu tozu örneğinden tartılmıştır (m_t) ve üzerine bir miktar petrol eteri eklenir, toz örneğin tamamına nufuz etmesi amacıyla çalkalanır, sonrasında piknometre doldurulur ve tartılır (m_{tp}). Sonuç kg/m^3 olarak aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır [42].

$$\begin{aligned} & \text{Partikül Yoğunluğu} (g/cm^3) \\ &= \frac{(m_t - m_0) \times \text{petrol eteri yoğunluğu}}{(m_{tp} - m_0) - (m_{tp} - m_t)} \text{ (Denklem 9)} \end{aligned}$$

2.2.3.3.3.2. Yığın Yoğunluğu Analizi

Yığın yoğunluğu analizi için 10 ml hacmindeki darası bilinen mezüre huni yardımıyla basınç uygulamadan protein izolatu tozu örneklerinden aktarılmıştır. Ardından mezür tartılarak kaç gram örnek olduğu kaydedilmiştir. Yığın yoğunluğu örnek ağırlığının hacmine oranı (g/ml) olarak belirlenmiştir [40].

2.2.3.3.3.3. Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu Analizi

Yığın yoğunluğu analizi için 10 ml'lik mezüre konulmuş örnek 250 defa tezgaha vurularak sıkıştırılmış ve son hacim ölçülmüştür. Sonuç örneğin hacmi kütleye bölünerek (g/ml) cinsinden hesaplanmıştır [40].

2.2.3.3.3.4. Carr İndeks ve Hausner Değerinin Belirlenmesi (Akabilirlik ve Yapışma)

Tozların akabilirlik ve yapışma özellikleri Carr Index ve Hausner Oranı ile belirlenir. Bu oranlar yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri ile hesaplanmıştır. Bu değerlere göre protein tozlarının akabilirlikleri ve akış özellikleri değerlendirilmiştir [40].

$$CI = \frac{YY - SYY}{YY} \text{ (Denklem 8)} \quad HR = \frac{YY}{SYY} \text{ (Denklem 9)}$$

Tablo 2.1. Carr Index ve Hausner oranına göre toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık özelliklerinin sınıflandırılması [5]

Carr İndeks	Akabilirlik	Hausner Oranı	Yapışkanlık
0.05 – 0.15	Çok iyi	1.00 - 1.11	Mükemmel
0.15 – 0.18	İyi	1.12 – 1.18	İyi
0.18 – 0.22	Zayıf	1.19 – 1.25	Orta
0.22 – 0.35	Kötü	1.26 – 1.34	Vasat
0.35 – 0.40	Çok kötü	1.35 – 1.45	Kötü
> 0.40	Oldukça kötü	1.46 – 1.59	Çok kötü
		> 1.60	Oldukça kötü

2.2.3.4. İstatistiksel Analizler

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan protein izolatu üretimi ve ultrasound ön uygulaması yapılmıştır. İki farklı yöntem ile üretilen protein izolatlarının kimyasal, toz özellikleri, teknolojik özellikleri, ve yoğunluk özelliklerinin kıyaslanmasında, elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 22 programı kullanılmıştır. Ortalamaların kıyaslanmasında tek faktör varyans analizi (ANOVA), gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla da Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.



3. BÖLÜM

BULGULAR

Bu bölümde kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan tuz destekli izoelektrik çöktürme ile elde edilen protein izolatlarının protein miktarları % olarak belirlenmiştir. Kontrol örnek grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek grubu olmak üzere iki farklı grubun % protein miktarları sunulmuştur. Ek olarak ultrasound ön uygulamasının ekstraksiyon verimine etkisini ölçmek için yapılan analiz sonuçları verilmiştir. Dondurarak kurutulan bu örneklerle uygulanan kimyasal analizler, teknolojik analizler, toz analizleri ve yoğunluk analizlerinin sonuçları ile kontrol örnek grubu ve ultrasound ön uygulamalı örnek grubunun sonuçları da bu bölümde sunulmuştur.

3.1. Kurutulmuş Kırmızı Pancar, Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası ve Kırmızı Pancar Suyu Örneklerine Ait Kimyasal Analizlerin Sonuçları

Hammadde olarak kullanılan kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerinin kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile nem, toplam kül ve protein tayini analizleri yapılmıştır. Kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin nem değeri kuru maddede 6.21 ± 0.05 olarak tayin edilmiştir. Toplam kül değeri, kuru maddede 6.93 ± 0.02 olarak tespit edilmiştir. Kjeldahl metodu ile yapılan protein analizinde ise protein miktarı, kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde 9.2 ± 0.05 olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş kırmızı pancar posası örneklerinde ise, nem miktarı 5.47 ± 0.22 , kül miktarı 8.37 ± 0.11 , protein miktarı ise 3.4 ± 0.08 olarak bulunmuştur. Kırmızı pancar suyu örneklerinde, nem miktarı 89.55 ± 0.41 , kül miktarı 1.34 ± 0.01 , protein miktarı 6.31 ± 0.2 olarak belirlenmiştir. En yüksek kül miktarı kurutulmuş kırmızı pancar posası örneklerinde, en düşük kül miktarı ise kırmızı pancar

suyu örneklerinde bulunmuştur. En yüksek protein miktarı kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde, en düşük kurutulmuş kırmızı pancar posası örneklerinde bulunmuştur.

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerinin nem, kül ve protein tayini sonuçları Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerinin kimyasal analiz değerleri

Örnekler	Nem (%)	Kül (%)	Protein(%)
Kurutulmuş kırmızı pancar	6.21±0.05 ^a	6.93±0.02 ^a	9.20±0.05 ^a
Kurutulmuş kırmızı pancar posası	5.47±0.22 ^b	8.37±0.11 ^b	3.40±0.08 ^b
Kırmızı pancar suyu	89.55±0.41 ^c	1.34±0.01 ^c	6.31±0.2 ^c

Aynı sütundaki farklı küçük harfler belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$). $\pm$, standart sapma

3.2. Kurutulmuş Kırmızı Pancar, Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası ve Kırmızı Pancar Suyundan Protein İzolatı Eldesi ve Lowry Yöntemi ile Protein Tayini Sonuçları

Bu çalışmada kurutulmuş kırmızı pancar kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu olmak üzere üç farklı materyalden tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile protein izolatı elde edilmiş ve protein izolatı örneklerinde Lowry yöntemi ile protein tayini yapılmıştır. Kurutulmuş kırmızı pancardan, kırmızı pancar suyundan ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen izolatlarda % protein miktarları sırası ile 12.89±0.05, 8.73±0.03, 4.32±0.03 olarak bulunmuştur. En yüksek protein miktarı kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde gözlenirken en düşük protein miktarı kurutulmuş kırmızı pancar posası örneklerinde gözlenmiştir. Üç farklı materyalden elde edilen protein izolatlarının % protein miktarı Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Ultrasound uygulanmayan kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen izolatların protein miktarları (%) (Lowry yöntemi)

Örnekler	Protein (%)
Kurutulmuş Kırmızı Pancar	12.89±0.05
Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası	4.32±0.03
Kırmızı Pancar Suyu	8.73±0.03

±, standart sapma

3.3. Ultrasound Ön Uygulamalı Kurtulmuş Kırmızı Pancar, Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası ve Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinden Elde Edilen Protein İzolatlarının Protein Miktarları

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerinden tuz destekli izoelektrik çöktürme ile elde edilen protein izolatları ile (kontrol grubu), ultrasound ön uygulaması yapılan örneklerden elde edilen protein izolatları % protein miktarı açısından karşılaştırılmıştır. Ultrasound ön uygulamasının protein ekstraksiyonuna etkisi belirlenmiştir. Kontrol grubu örneklerinde, kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerinden elde edilen protein izolatlarının protein miktarları sırası ile % 12.89±0.05, % 8.73±0.03, % 4.32±0.03 olarak belirlenmiştir. Ultrasound ön uygulamalı örneklerde ise protein miktarı, kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozlarında % 15.88±0.40, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozlarında % 7.13±0.07, ve kırmızı pancar suyu örneklerinden elde edilen protein izolatlarında % 11.92±0.01 değerlerinde bulunmuştur. Ultrasound ön uygulamalı örnek grubunun % protein miktarı kontrol grubuna göre ortalama % 2.96'lık artış göstermiştir. Kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinde en yüksek protein miktarı kurtulmuş kırmızı pancar örneklerinde, en düşük protein miktarı ise kurutulmuş kırmızı pancar posası örneklerinde bulunmuştur. Üç farklı materyalden, ultrasound ön uygulaması yapılarak tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile elde edilen protein izolatlarının ve ultrasound ön uygulaması yapılmadan elde edilen protein izolatlarının (kontrol grubu) % protein miktarları Tablo 3.3'te verilmektedir.

Tablo 3.3. Ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatlarının % protein miktarları

Örnekler	% Protein
K-Kurutulmuş Kırmızı Pancar Protein İzolatı	12.89±0.05 ^a
US-Kurutulmuş Kırmızı Pancar Protein İzolatı	15.88±0.40 ^b
K-Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası Protein İzolatı	4.32±0.03 ^c
US-Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası Protein İzolatı	7.13±0.07 ^d
K-Kırmızı Pancar Suyu Protein İzolatı	8.73±0.03 ^e
US-Kırmızı Pancar Suyu Protein İzolatı	11.92±0.01 ^b

K: Kontrol grubu, US: Ultrasound ön uygulamalı örnek grubu

Aynı sütundaki farklı küçük harfler belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma

3.4. Protein İzolatı Tozlarına Yapılan Analizlerin Sonuçları

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile protein izolatları elde edilmiştir. Ultrasound ön uygulaması yapılan örneklerden de tuz destekli izoelektrik yöntem ile protein izolatları elde edilmiştir. Ultrasound uygulanmamış örnekler kontrol grubu, ultrasound uygulanmış örnekler ise ultrasound ön uygulamalı grup olarak adlandırılmıştır. Her iki örnek grubundan elde edilen izolatlar da dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Bu örnek gruplarının kimyasal analizleri, teknolojik analizleri, toz özellikleri analizleri, ve yoğunluk analizleri sonuçları bu bölümde verilmektedir.

3.4.1. Kimyasal Analizler

3.4.1.1. Nem ve Kül Analizi Sonuçları

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan, klasik yöntem ve ultrasound ön uygulamalı olarak elde edilen ve dondurarak kurutulan protein izolatı tozlarında kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile nem ve kül analizleri yapılmıştır. Kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinin nem değeri % 4.44±0.38, kül değeri % 38.14±0.67, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatı tozu

örneklerinin nem değeri % 3.62 ± 0.25 , kül değeri % 29.50 ± 0.27 , kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinin nem değeri % 5.40 ± 0.44 , kül değeri ise % 15.47 ± 0.35 olarak tespit edilmiştir. Ultrasound ön uygulamalı grupta ise, kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinin nem değeri % 4.32 ± 0.49 , kül değeri % 38.51 ± 0.36 , kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinin nem değeri % 3.50 ± 0.28 , kül değeri % 29.51 ± 0.29 , kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinin nem değeri % 5.40 ± 0.18 , kül değeri ise % 15.40 ± 0.34 olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu örnekleri arasında en yüksek nem değeri kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde, en düşük nem değeri ise kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde gözlenmiştir. En yüksek kül miktarı kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde en düşük kül miktarı ise kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde belirlenmiştir.

Ultrasound ön uygulamalı örnek grupları arasında da aynı şekilde en yüksek nem değeri kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde, en düşük nem değeri ise kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde görülmektedir. En yüksek kül miktarı kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde en düşük kül miktarı ise kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 3.4. Ultrasound ön uygulaması ile elde edilen protein izolatu tozlarının nem ve kül miktarları (%)

Örnekler (protein izolatu tozları)	Nem (%)	Kül (%)
K-Kurutulmuş Kırmızı Pancar	4.44 ± 0.38^{ab}	38.14 ± 0.67^a
US-Kurutulmuş Kırmızı Pancar	4.32 ± 0.49^a	38.51 ± 0.36^a
K-Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası	3.62 ± 0.25^a	29.50 ± 0.27^b
US-Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası	3.50 ± 0.28^a	29.51 ± 0.29^b
K-Kırmızı Pancar Suyu	5.40 ± 0.44^b	15.47 ± 0.35^c
US-Kırmızı Pancar Suyu	5.40 ± 0.18^b	15.40 ± 0.34^c

K: Kontrol grubu, US: Ultrasound ön uygulamalı grup

Aynı sütundaki farklı küçük harfler belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$). $\pm$, standart sapma

3.4.2. Protein İzolatı Tozlarının Teknolojik Özelliklerinin Analiz Sonuçları

Bu çalışmada ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, köpürme kapasitesi ve köpürme stabilitesi analizleri yapılmıştır. Kontrol grubu için de aynı analizler tekrarlanmıştır. Bu analizlerin sonuçları Tablo 3.5'te üçlü ölçümlerin ikili tekerrürleri ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.



Tablo 3.5. Ultrasound ön uygulaması ile elde edilen protein izolatu tozlarının teknolojik özellikleri

Örnekler	STK	YTK	KK	KS				
	g/g	g/g	%	15. dk	30. dk	45. dk	60. dk	90. dk
K-Kurutulmuş KP	1.97±0.06 ^a	1.13±0.04 ^a	164.0±0.5 ^a	161.0±1.0 ^{ab}	153.3±4.6 ^{ab}	151.0±3.6 ^{ab}	147.3±4.0 ^{abc}	142.5±5.1 ^{abc}
US-Kurutulmuş KP	2.17±0.02 ^a	1.38±0.06 ^b	164.5±0.5 ^a	161.2±3.3 ^{ab}	153.3±3.8 ^{ab}	151.7±2.5 ^{ab}	148.0±5.2 ^{abc}	143.8±5.5 ^{abc}
K-Kurutulmuş KP Posası	1.96±0.04 ^a	1.45±0.04 ^b	160.3±0.6 ^b	157.0±1.0 ^a	150.2±3.4 ^a	146.8±2.8 ^a	141.6±3.0 ^{ac}	136.0±1.5 ^{ac}
US-Kurutulmuş KP Posası	2.87±0.10 ^b	1.76±0.03 ^c	160.5±0.5 ^b	156.8±1.8 ^a	150.0±1.3 ^a	146.5±2.2 ^a	141.5±3.5 ^c	13.5±2.6 ^c
K-Kırmızı Pancar Suyu	1.93±0.08 ^a	1.17±0.03 ^a	167.3±0.6 ^c	165.8±2.4 ^b	160.8±1.1 ^b	155.0±1.0 ^a	150.3±1.5 ^{abc}	145.5±1.8 ^{abc}
US-Kırmızı Pancar Suyu	2.61±0.30 ^b	1.43±0.06 ^b	167.5±0.5 ^c	164.3±1.4 ^b	161.3±1.9 ^b	155.3±1.5 ^a	151.2±0.8 ^b	14.3±1.9 ^b

STK: Su tutma kapasitesi, YTK: Yağ tutma kapasitesi, KK: Köpürme Kapasitesi KS: Köpürme Stabilitesi, K: Kontrol Grubu, US: Ultrasound ön uygulamalı Grup KP: Kırmızı Pancar

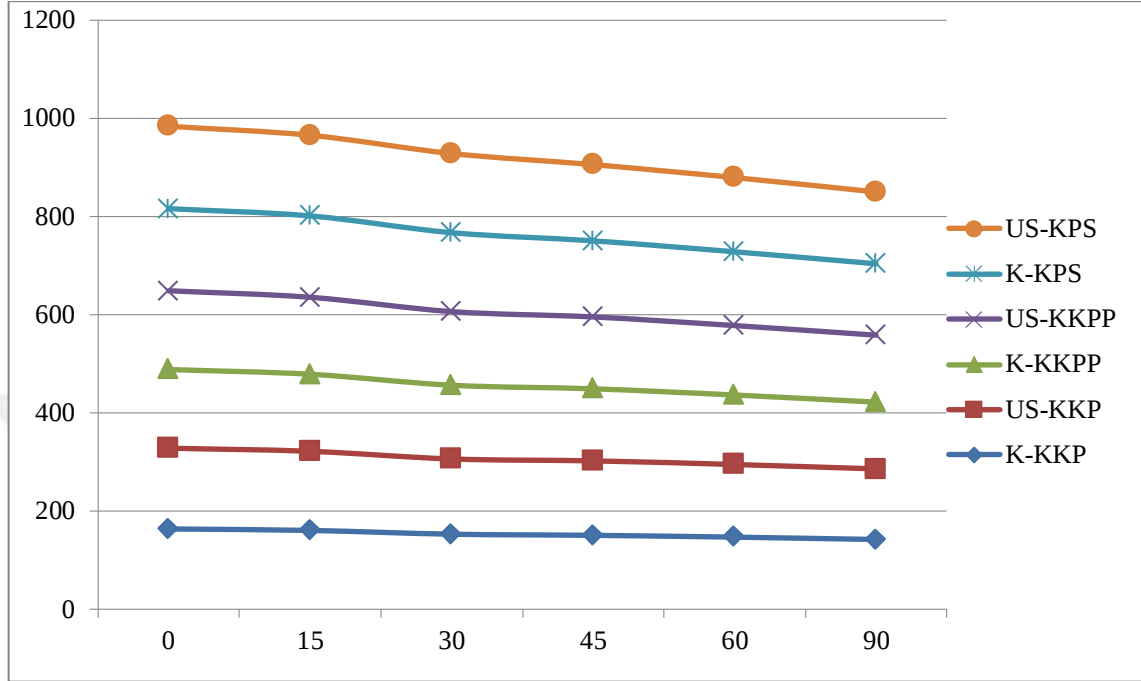
Aynı sütundaki farklı küçük harfler belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma

Tablo 3.5'te görüldüğü üzere kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinin su tutma kapasitesi sırası ile 1.97 ± 0.06 g/g, 1.96 ± 0.04 g/g, 1.93 ± 0.08 g/g, ultrasound ön uygulamalı örnek grubunda ise yine aynı sıra ile 2.17 ± 0.02 g/g, 2.87 ± 0.10 g/g, 2.61 ± 0.30 g/g olarak belirlenmiştir. Toz örneklerin yağ tutma kapasiteleri kontrol grubunda, kırmızı pancardan elde edilen protein tozu izolatu tozlarında 1.13 ± 0.04 g/g, kırmızı pancar posasından elde edilen protein tozu izolatu tozlarında 1.45 ± 0.04 g/g, kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozlarında ise 1.17 ± 0.03 g/g olarak bulunmuştur. Ultrasound ön uygulamalı grupta ise kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozlarında 1.38 ± 0.06 g/g, kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozlarında 1.76 ± 0.03 g/g, kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozlarında 1.43 ± 0.06 g/g olduğu belirlenmiştir. Ultrasound ön uygulamalı grup ile kontrol grubu örnekleri arasında yağ tutma kapasitesi değerleri açısından istatistiksel olarak önemli fark olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre protein izolatu tozu örneklerinin su tutma ve yağ tutma kapasitelerinin ultrasound ön uygulamalı grupta kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Köpürme kapasitesi, kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde sırası ile % 164.0 ± 0.5 , % 160.3 ± 0.6 , % 167.3 ± 0.6 olarak belirlenmiştir. Ultrasound ön uygulamalı grupta ise aynı sıra ile % 164.5 ± 0.5 , % 160.5 ± 0.5 , % 160.5 ± 0.5 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin köpürme kapasitelerinin kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ancak kırmızı pancardan, kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde istatistiksel olarak önemli fark olduğu gözlenmiştir. En yüksek köpürme kapasitesinin kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde, en düşük köpürme kapasitesinin ise kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.5'e bakıldığında örneklerin köpürme stabilitelerinde 15. dakika ile 90. dakika arasında yaklaşık % 20'lik bir azalma olduğu görülmektedir. Ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar

suyundan elde edilen protein izolatu tozlarının köpürme kapasitelerinin zamana göre değişimi Şekil 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.1. Ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozlarının köpürme kapasitelerinin zamana göre değişimi

K: Kontrol, US: Ultrasound ön uygulamalı örnekler, KPS: Kırmızı Pancar Suyundan elde edilen protein izolatu tozu, KKPP: Kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu, KKP: Kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozu olarak grafikte verilmiştir.

3.4.3. Protein İzolatu Örneklerinin Toz Özelliklerinin Analiz Sonuçları

Bu bölümde, ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozlarının ve ultrasound ön uygulaması yapılmayan kontrol grubunun ıslanabilirlik, dağılılabilirlik, nem çekicilik ve renk özellikleri analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Toz analizlerinin sonuçları Tablo 3.6’ da verilmiştir.

Tablo 3.6. Ultrasound ön uygulamalı protein izolatu tozlarının toz özellikleri ve renk değerleri

Örnekler	Islanabilirlik	Dağılabilirlik	Nem Çekicilik	Renk		
	Saniye	%	%	L*	a*	b*
K-Kurutulmuş KP	64.33±1.0 ^a	54.26±1.9 ^a	15.00±1.00 ^a	87.43±0.02 ^a	-0.27±0.00 ^a	1.04±0.01 ^a
US-Kurutulmuş KP	64.78±3.6 ^a	54.40±1.4 ^a	15.30±0.60 ^a	88.59±0.27 ^b	-0.13±0.01 ^b	1.56±0.06 ^b
K-Kurutulmuş KP Posası	64.64±1.9 ^a	48.81±0.3 ^b	14.33±0.58 ^a	87.51±0.06 ^a	-0.19±0.04 ^a	1.15±0.07 ^c
US-Kurutulmuş KP Posası	64.23±1.0 ^a	48.45±1.0 ^b	14.33±0.58 ^a	87.74±0.06 ^c	-0.11±0.01 ^b	1.24±0.01 ^d
K-Kırmızı Pancar Suyu	52.38±0.9 ^b	57.13±1.6 ^a	20.67±0.58 ^b	87.31±0.02 ^a	-0.11±0.01 ^b	1.03±0.01 ^a
US-Kırmızı Pancar Suyu	52.56±0.8 ^b	56.94±0.8 ^a	20.67±1.15 ^b	87.43±0.01 ^a	-0.11±0.01 ^b	1.08±0.01 ^{ac}

K: Kontrol grubu, US:Ultrasound ön uygulamalı grup, KP: Kırmızı Pancar

Aynı sütundaki farklı küçük harfler belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma

Tablo 3.6’da görüldüğü üzere, ıslanabilirlik özelliği, kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde 64.33 ± 1.0 saniye, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde 64.64 ± 1.9 saniye, ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde 52.38 ± 0.9 saniye olarak bulunmuştur. Ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinde ise kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde 64.78 ± 3.6 saniye, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde 64.23 ± 1.0 saniye, ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde 52.56 ± 0.8 saniye olduğu gözlenmiştir. Islanabilirlik özelliğinin en yüksek olduğu örnekler kurutulmuş kırmızı pancardan ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örnekleri iken, en düşük olduğu örnekler kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örnekleridir. Ancak aynı materyallerin kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grubu arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir.

Dağılılabilirlik özelliği, kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde sırası ile % 54.26 ± 1.9 , % 48.81 ± 0.3 , % 57.13 ± 1.6 , ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinde ise % 54.40 ± 1.4 , % 48.45 ± 1.0 , % 56.94 ± 0.8 olarak tespit edilmiştir. Ancak aynı materyallerin kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grubu arasında dağılılabilirlik özellikleri açısından fark gözlenmemiştir. En yüksek dağılılabilirlik özelliği gösteren örnekler kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozları, en düşük dağılma özelliği gösteren örnekler ise kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozlarıdır.

Örneklerin % nem çekicilik değerleri, kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde % 15.00 ± 1.00 , kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde % 14.33 ± 0.58 ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde % 20.67 ± 0.58 , ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinde ise aynı sıra ile, % 15.30 ± 0.60 , % 14.33 ± 0.58 , % 20.67 ± 1.15 olarak bulunmuştur. En yüksek nem çekicilik değeri kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde gözlenirken, en düşük nem çekicilik değeri kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozu örneklerinde gözlenmiştir. Ancak aynı materyallerin kontrol grubu ve ultrasound

ön uygulamalı grubu arasında nem çekme özellikleri açısından istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir.

Renk değerlerinde L* değeri koyuluk-parlaklık, a* değeri kırmızılık (+a*) yeşillik (-a*) ve b* değeri ise mavilik (-b*) sarılık (+b*) olarak kabul edilmektedir [43]. Protein izolatu tozu örneklerinin L*, a* ve b* değerleri arasında hem kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı gruplar arasında hem de kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli fark olmadığı belirlenmiştir.

3.4.4. Protein İzolatu Tozlarının Yoğunluk Özelliklerinin Analiz Sonuçları

Bu bölümde, ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozlarının ve ultrasound ön uygulaması yapılmayan kontrol grubu örneklerinin yoğunluk analizleri sonuçları incelenmiştir. Örneklerin partikül yoğunluğu, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, Carr İndeks ve Hausner oranı değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Ultrasound ön uygulamalı protein izolatu tozlarının yoğunluk özellikleri

Örnekler	PY g/cm ³	YY g/ml	SY g/ml	CI g/ml	HR g/ml
K-Kurutulmuş KP	1.53±0.02 ^a	0.65±0.034 ^a	0.89±0.007 ^a	0.28±0.43 ^a	1.38±0.08 ^a
US-Kurutulmuş KP	2.13±0.02 ^b	0.64±0.004 ^a	0.86±0.012 ^a	0.26±0.01 ^a	1.35±0.02 ^a
K-Kurutulmuş KP Posası	1.37±0.03 ^a	0.63±0.016 ^a	0.88±0.045 ^a	0.28±0.04 ^a	1.39±0.08 ^a
US-Kurutulmuş KP Posası	3.24±0.06 ^c	0.63±0.006 ^a	0.88±0.015 ^a	0.28±0.02 ^a	1.38±0.04 ^a
K-Kırmızı Pancar Suyu	1.34±0.17 ^a	0.54±0.007 ^b	0.74±0.005 ^b	0.28±0.01 ^a	1.38±0.01 ^a
US-Kırmızı Pancar Suyu	2.07±0.01 ^b	0.56±0.047 ^b	0.74±0.079 ^b	0.24±0.02 ^a	1.31±0.04 ^a

K: Kontrol grubu, US: Ultrasound ön uygulamalı örnek grubu, PY: Partikül Yoğunluğu, YY: Yığın Yoğunluğu, SY: Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu, CI: Carr Index, HR: Hausner Oranı
Aynı sütundaki farklı küçük harfler belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma

Tablo 3.7' de görüldüğü üzere, partikül yoğunluğu, kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolat tozu örneklerinde $1.53 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde $1.37 \pm 0.03 \text{ g/cm}^3$, kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde $1.34 \pm 0.17 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir., Ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinde ise kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatı tozlarında $2.13 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatı tozlarında $3.24 \pm 0.06 \text{ g/cm}^3$, kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozlarında ise $2.07 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar ışığında ultrasound ön uygulamalı örnek grubunun partikül yoğunluğunun, kontrol grubu örneklerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Yığın yoğunluğu, kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde sırası ile $0.65 \pm 0.034 \text{ g/ml}$, $0.63 \pm 0.016 \text{ g/ml}$, 0.54 ± 0.007 , ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinde ise $0.64 \pm 0.004 \text{ g/ml}$, $0.63 \pm 0.006 \text{ g/ml}$, $0.56 \pm 0.047 \text{ g/ml}$ olarak belirlenmiştir. Toz örnekler arasında kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozları ile kurutulmuş kırmızı pancardan ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatı örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli fark gözlenmektedir. Kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozlarının yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin kurutulmuş kırmızı pancardan ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatı tozlarına göre daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Aynı materyallerin kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grubun örnekleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir.

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, kontrol grubu örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde $0.89 \pm 0.007 \text{ g/ml}$, kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde $0.88 \pm 0.045 \text{ g/ml}$ ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde $0.74 \pm 0.005 \text{ g/ml}$ olarak bulunmuştur. Aynı materyallerin kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur. Kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatı tozları ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatı tozları arasında da

istatistiksel olarak fark olmamakla birlikte, kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozu örneklerine göre daha yüksektir.

Carr Index ve Hausner oranı değerleri, yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri kullanılarak, materyal yöntem bölümünde verilen Denklem 8 ve Denklem 9'a göre hesaplanmıştır. Tablo 3.7'de görüldüğü gibi kontrol ve ultrasound ön uygulamalı iki farklı grup olmak üzere kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan üretilen protein izolatu tozları arasında, Carr Index ve Hausner oranı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir.



4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma- Sonuç

4.1.1. Kırmızı Pancar Örneklerinden Elde Edilen Protein İzolatlarının Protein İçerikleri ve Ultrasound Yönteminin Etkileri

Kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile üretilen protein izolatlarında Lowry yöntemi ile protein tayini yapılmış ve en yüksek değer kurutulmuş kırmızı pancardan üretilen protein izolatlarında bulunmuştur. Protein miktarı kontrol örneklerinde kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatında % 12.89 ± 0.05 , kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatında % 4.32 ± 0.03 ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatında % 8.73 ± 0.03 olarak bulunmuştur. Ultrasound ön uygulamalı grupta ise, kurutulmuş kırmızı pancardan elde edilen protein izolatı örneklerinde % 15.88 ± 0.40 , kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen izolatlarda % 7.13 ± 0.07 ve kırmızı pancar suyundan üretilen protein izolatı örneklerinde % 11.92 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir. Ultrasound ön uygulamalı örnekler ile kontrol grubu örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup, ultrasound uygulanmış örneklerde protein miktarı yaklaşık % 2.96 artış göstermektedir. Bu artışın sebebinin ultrasound uygulamasının hücrelerin membran geçirgenliğini ve analitin katı maddeden sıvı faza kütle transferini yoğunlaştırma yeteneğini artırması, aynı zamanda hücre duvarlarını mekanik olarak parçalayıp hücre içerisindeki bileşenlerin hücre dışına kolayca aktarılmasını sağlaması olduğu düşünülmektedir. Ek olarak, ultrasound yöntemi hücre içerisindeki maddelerin dışarı çıkmasını hızlandırdığı gibi çözücü solventin de hücre içerisine girmesini, dolayısı ile ekstraksiyon süresini

hızlandırmaktadır. Bu sonuçlar ışığında, ultrasound ön uygulamasının protein ekstraksiyonuna etkisinin olumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Literatüre bakıldığında, Türkoğlu T. (2017), havuç ve patatesten ve bunların atıklarından bitkisel protein tozu elde etme amacıyla yaptığı bir çalışmada, izolasyon sonrasında havucun tamamından ve kabuklarından elde edilen bitkisel protein tozlarının kuru maddede protein içerikleri sırasıyla %7.741 ve %9.593 olarak belirlemiştir. Patatesin tamamında ve kabuklarından elde edilen bitkisel protein tozlarının protein içeriği ise sırasıyla %9.560 ve %16.898 olarak tespit etmiştir [26].

Akyüz A. (2018), şeker pancarı yaprağından alternatif bitkisel protein tozu üretmek amaçlı yaptığı bir çalışmada şeker pancarı yaprağının kuru madde bazında % 24.02 ± 0.18 protein içerdiğini belirlemiştir. Elde edilen protein tozlarının kuru madde bazında protein içeriği % 69,08 olarak saptanmıştır [5].

Öztop K. (2014), Fındık Proteini Konsantresinin Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi isimli çalışmada, üretilen protein konsantresinde 89.71 ± 1.2 protein bulunduğunu belirtmiştir [44].

Çiftçi H. S., (2018), fındık ve susam posalarından protein konsantresi ürettiği bir tez çalışmasında fındıktan elde ettiği protein konsantresinin protein miktarını % 89.30 ± 0.04 , susamdan elde ettiği protein konsantresinin protein miktarını ise % 80.95 ± 0.04 olarak belirlemiştir [45].

Bu çalışma kapsamında elde edilen protein izolatlarının % protein miktarları literatür ile kıyaslandığında, patates ve havuçtan elde edilen protein tozlarına göre yüksek, ancak diğer çalışmalardaki protein miktarlarına göre düşüktür. Bunun sebebinin izolatlardaki safsızlıklar ve hammaddedeki protein oranının diğer çalışmalardaki hammaddedeki protein oranına göre düşük olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

4.1.2. Hammadde ve Protein İzolatı Tozlarının Nem ve Kül İçerikleri

Başlangıçta hammadde olarak kullanılan kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyunun ve bu hammaddelerden üretilen protein izolatı tozlarının kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla nem tayini ve toplam kül tayini yapılmıştır. Tablo 3.1'e göre kullanılan hammaddelerin % nem değerlerine bakıldığında

en yüksek nem miktarının sıvı materyal olması sebebi ile kırmızı pancar suyu örneklerine ait olduğu bilinmektedir. Kül değerlerine bakıldığında, en yüksek kül miktarının kurutulmuş kırmızı pancar posası örneklerinde, en düşük kül miktarının ise kırmızı pancar suyu örneklerinde olduğu görülmektedir.

Aynı analizler üç farklı hammaddeden elde edilen protein izolatı tozlarına da uygulanmıştır. Ultrasound ön uygulamalı örnek grubu kontrol örnekleri ile kıyaslanmıştır. İstatistiksel olarak önemli bir fark olmamakla birlikte protein izolatı tozlarının kül miktarlarının kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyu örneklerinin kül miktarına kıyasla düşük olmasının sebebinin ekstraksiyon aşamasında uzaklaştırılan safsızlıklarla ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca nem ve kül içerikleri, etüvde kurutma ve liyoflizatörde dondurarak kurutma işlemlerinden kaynaklı olarak düşük olduğu düşünülmektedir. Literatür incelendiğinde Monilola ve ark. (2007) bezelyeden elde ettikleri protein tozlarında nem oranını % 8.3 olarak bulmuşlardır [46]. Yapılan bir tez çalışmasında havuç ve patatesten elde edilen protein tozlarında nem değeri havuçta % 2.1, patateste % 2.7 olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada havuç ve patatesten elde edilen protein tozlarının % toplam kül miktarları % 0.245 ve % 0.371 olarak tespit edilmiştir. Protein tozlarının düşük kül içeriği fonksiyonel özelliklerini etkilememesi ve dolayısıyla eklendiği gıdanın fonksiyonel özelliklerine de etki edemeyeceği gerekçesiyle avantaj olarak görülmektedir [26].

4.1.3. Protein İzolatı Tozlarının Özellikleri

Endüstride toz ürünlerin taşınması depolanması ve ambalajlanması sırasında ıslanabilirlik, dağılabilirlik ve nem çekicilik değerleri önem arz etmektedir [5].

4.1.3.1. Protein İzolatı Tozlarının Islanabilirlik Özellikleri

Islanabilme yığın halindeki tozun kapiler kuvvetler etkisi ile suyu emme yeteneği olarak bilinmektedir. Katı yüzeyin hava ile dolu olan kısmının sıvı fazla dolmasıyla yüzey ile sıvı arasındaki geriliminin belirlenmesi prensibine bağlıdır [47]. Partiküllerin ıslanabilirliği hız kontrollü bir adım olup partikül büyüklüğü ile alakalıdır. Çoğu gıda tozlarında yaklaşık 250-300 µm aralıklarında aglomerat büyüklükleri kritik yığın gözeneklilik değerini aşmadıkça instant özellik gösterebilmektedir [48]. Yüzeyde

serbest yağ bulunması hidrofobik özellik göstermesi nedeniyle suyun penetrasyonu dolayısıyla ıslanabilirliği azaltmaktadır. Islanabilirlik değeri toz ürünlerin suyu emme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Toz örneklerin su veya kuru ürünlerde kullanılması için suda yeniden çözünürlüğü veya karışım yeteneği önemli bir fiziksel özelliktir. Toz ürünlerin ıslanabilirliği suda rehidrate olabilme yeteneği olarak tanımlanır ve örneğin suyu absorbe etme özelliğini göstermektedir. Daha kısa sürede ıslanabilirlik özelliği daha hidrofilik özellikte olduğunu gösterir ve bu suyun partikül içine nüfuz etmesini kolaylaştırmaktadır. Islanabilirlik partiküllerin partikül büyüklüğüne, yoğunluğuna poroziteye, yüzey yüküne ve yüzey alanına bağlı olarak değişmektedir [40]. Literatüre bakıldığında 10 gram toz örnek için ıslanabilirlik süresinin 120 saniyenin altında olması gerekmektedir [49]. İki farklı yöntemle üretilen protein izolatı tozlarının ıslanabilirlik özellikleri 52.38 ± 0.9 ve 64.78 ± 3.6 saniye aralığındadır. En yüksek ıslanabilirlik değeri ultrasound ön uygulamalı kurutulmuş kırmızı pancardan üretilen protein izolatı tozu örneklerinde 64.78 ± 3.6 saniye olarak belirlemiştir. Bu çalışmada yapılan ıslanabilirlik analizi için 1 gram örnek kullanılmıştır. Ancak yine de iyi bir ıslanabilirlik özelliği göstermediği saptanmıştır. Bunun sebebinin toz örneklerin partikül büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlı olarak düşük olduğu tahmin edilmektedir.

4.1.3.2. Protein İzolatı Tozlarının Dağılabilirlik Özellikleri

Dağılabilirlik toz ürünlerin su ile buluştuktan sonra kuvvetli bir şekilde karıştırılmadan su içerisinde rastgele dağılma özelliği olarak tanımlanmaktadır [50]. Suda çözünen maddeler kısa sürede çözünmekte diğerleri ise suda asılı kalmaktadır. Örneklerin partikül boyutlarının artması dağılabilirlik özelliğini iyileştirmektedir. Dağılabilirlik analizlerinin sonuçları % 48.45 ± 1.0 - 57.13 ± 1.6 aralığındadır. Toz örneklerde en yüksek dağılabilirlik özelliği kırmızı pancar suyundan üretilen protein izolatı tozlarında en düşük dağılabilirlik özelliği ise kurutulmuş kırmızı pancardan üretilen protein izolatı tozlarında saptanmıştır. Kontrol grubu ile ultrasound ön uygulamalı grup arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar ultrasound ön uygulamasının protein izolatı tozlarının dağılabilirlik özelliği üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkisi bulunmadığını göstermektedir. Yapılan bir tez çalışmasında şeker pancarının yapraklarından elde edilen protein tozlarında dağılabilirlik özelliği % 77.90 ± 1.88 olarak bulunmuştur. Literatüre bakıldığında, toz bir ürünün dağılabilirliğinin iyi olarak nitelendirilmesi için dağılabilirlik değerinin %95'ten büyük olması

gerekmektedir. Buna göre üretilen protein izolatı tozlarının dağılılabirlik açısından ıslanabilirlik özelliğinde olduğu gibi yeterli olmadığı tespit edilmiştir [5].

4.1.3.4. Protein İzolatı Tozlarının Nem Çekicilik Özellikleri

Nem çekicilik % nem çekme olarak ifade edilmektedir. Su alma yeteneği olarak da bilinir. Toz ürünlerin ambalaj malzemesinin seçiminde ve depolama esnasında ortamdaki nemden nasıl etkileneceğinin bilinmesi hususunda önemli bir parametredir. Aynı zamanda mikrobiyolojik açıdan nem çekiciliği yüksek olan ürünler daha risklidir. Ek olarak nem çekicilik arttıkça toz ürünlerin yapışkanlığı da artmaktadır. Bu sebeple kurutuculardan alınırken kurutucuya yapışma ya da ambalaja yapışma problemi gözlenebilir. Bu özellik dolayısı ile nem çekicilik özelliğinin düşük olması istenmektedir [50]. Tablo 3.6'ya bakıldığında toz örneklerin nem çekicilik değerleri % 14.33 ± 0.58 - 20.67 ± 1.15 aralığında yer almaktadır. Kontrol grubu örnekleri ile ultrasound ön uygulamalı grup örnekleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamış olup, ultrasound ön uygulamasının nem çekiciliği üzerine olumlu ya da olumsuz bir etkisi olmadığı düşünülmektedir. Ispanak suyu tozlarında yapılan bir çalışmada nem çekicilik değeri % 20.14 ± 0.00 olarak belirlenmiştir [51]. Mei Ling Ng ve ark. yaptıkları bir çalışmada, kurutulmuş pancar tozunun nem çekicilik değerini % 17.45 ± 0.55 ve % 23.37 ± 1.22 değerleri arasında bulmuşlardır [52]. Bu sonuçlara göre kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan üretilen protein izolatı tozlarında saptanan nem çekicilik değerinin literatürdeki verilere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

4.1.3.4. Protein İzolatı Tozlarının Renk Özellikleri

Renk gıdanın görsel olarak nasıl görüldüğünü ve tüketici tercihlerini belirleyen önemli bir parametredir. Renk ölçmede HunterLab ve CIE LAB renk skalası olarak bilinen modifiye edilmiş CIE sistemi, gıda alanında genel olarak kullanılan sistemdir. Konica-Minolta CR5, Japonya cihazı kullanılarak ölçülen renk değerlerinden a^* 'nın pozitif değerleri kırmızılığı negatif değerleri yeşilliği ifade ederken, b^* 'ın pozitif değerleri sarılığı negatif değerleri ise maviliği ifade etmektedir L^* değeri ise koyuluk ve parlaklığı ifade etmektedir. Elde edilen protein izolatı tozlarında yapılan renk analizleri sonuçları Tablo 3.6' da verilmiştir. Toz örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup arasında farklılık göstermemiştir. Aynı zamanda

kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozları arasında da istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. Şeker pancarı yaprağından protein konsantresi elde edilen bir tez çalışmasında protein konsantresi tozlarının L^* , a^* ve b^* değerlerini sırası ile 79.55 ± 0.03 , 0.33 ± 0.02 ve 13.27 ± 0.02 olarak bulmuşlardır [5]. Soya protein konsantresi renk değerleri ise L^* değeri 88.40, a^* değeri 1.10 ve b^* değeri 14.56 olarak belirtilmiştir [5]. Bu bilgiler doğrultusunda kırmızı pancardan elde edilen protein izolatı tozlarının L^* parlaklık değeri literatür ile uyumlu olup kırmızılığı (a^*) ve sarılığı (b^*) literatürdeki örneklere göre daha yüksektir. Bunun sebebinin hammaddedeki renk pigmentlerinin farklılığı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca hammaddenin sahip olduğu renk pigmentlerinin yanı sıra toz ürünün partikül boyutuna, ekstraksiyonun gerçekleştiği pH değerine ve protein elde etme yöntemine göre renk değerlerinin değiştiği düşünülmektedir. Sonuç olarak protein tozlarına renk açma işlemi uygulanabilir ya da renkli gıdalara eklenmek üzere üretimi gerçekleştirilebilir [53,54,55].

4.1.4. Protein İzolatı Tozlarının Teknolojik Özellikleri

4.1.4.1. Protein İzolatı Tozlarının Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi

Köpük, ince sıvı tabakası (lamella fazı) ile ayrılmış hava hücrelerinden oluşan 2 fazlı bir oluşum olarak tanımlanır. Bu sistem sabit olmadığından, stabilizasyonu artırmak amacıyla hava/su ara yüzeyindeki gerilimi azaltacak yüzey aktif moleküllere ihtiyaç duyulur. Çırpma veya hava enjekte etme süresince köpük oluşumu için en önemli ihtiyaç, oluşturulan yeni ara yüzeyin serbest enerjisinin bir yüzey aktif madde yardımı ile hızla azaltılmasıdır [56]. Proteinlerin hem polar hem de apolar grupları bir arada içermesi onları iyi bir köpük oluşturucu madde konumuna getirmektedir. Bu nitelikleri sayesinde proteinler su-hava ara yüzeyinde yer alarak hava küreciklerinin birleşmesine engel olurlar. Dondurma, kek gibi köpüklü yapıya sahip gıdalarda köpürmeyi sağlamak için genellikle süt veya yumurta proteinleri kullanılmaktadır [57]. Protein izolatı tozlarının köpürme kapasitesi 160.3 ± 0.60 - 167.5 ± 0.6 aralığında belirlenmiştir. Protein izolatı tozlarının köpürme stabilitesi değerlerine bakıldığında en yüksek köpürme kapasitesine sahip olan ultrasound ön uygulamalı kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde 0. dakikada % 167.5 ± 0.6 olan değer başlangıca göre 15. dakikada % 3.2 azalırken yarım saat sonra % 6.2 oranında, 45 dakika sonra %12.2

oranında, bir saat sonra %16.3 oranında, bir buçuk saat sonunda % 21.2 oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ultrasound ön uygulamalı kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozlarının köpürme kapasitesinin zamana göre dağılım grafiği Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Protein izolatu tozlarının 15. ve 30. dakika arası hızlı bir oranda köpük miktarında düşüş gözlenirken 30. dakikadan sonra stabilitesinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubu örnekleri ve ultrasound ön uygulamalı grup örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmayıp ultrasound uygulamasının köpürme kapasitesi ve stabilitesi üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Ancak kullanılan farklı materyaller arsında istatistiksel olarak fark olduğu belirlenmiştir. En yüksek köpürme kapasitesi kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozlarında, en düşük kurutulmuş kırmızı pancar posasından elde edilen protein izolatu tozlarında belirlenmiştir. Literatüre bakıldığında vişne çekirdeğinden elde edilen protein izolatlarında köpürme kapasitesi % 450 ± 40.8 köpürme stabilitesi ise 10. 30. ve 60. dakikalarda sırası ile % 90.86 ± 0.68 % 83.38 ± 1.30 ve % 75.91 ± 3.04 olarak bulunmuştur [39]. Kurutulmuş pancar tozlarında yapılan bir çalışmada ise en yüksek köpürme kapasitesini % 87.78 ± 13.83 olarak bulmuşlardır [58]. Yine başka bir çalışmada fındık ve susam posalarından üretilen konsantre protein tozlarında köpürme kapasitesi fındıktan üretilen konsantre protein tozunda % 103.23 ± 0.05 , susamdan elde edilen konsantre protein tozunda % 112.36 ± 0.05 olarak belirlenmiştir. Köpürme stabilitesi ise fındıktan elde edilen konsantre protein tozunda 15. 30. 45. 60. ve 90. dakikalarda sırası ile % 80.43 ± 0.05 , % 61.26 ± 0.05 , % 62.33 ± 0.05 , % 59.46 ± 0.05 ve % 56.73 ± 0.05 olarak saptanmıştır. Susamdan elde edilen protein izolatu tozlarında ise 15. 30. 45. 60. ve 90. Dakikalarda sırası ile % 89.56 ± 0.05 , % 72.43 ± 0.05 , % 68.83 ± 0.05 , % 67.53 ± 0.05 ve % 66.33 ± 0.05 olarak saptanmıştır [45]. Bu bilgilerin ışığında kırmızı pancardan elde edilen protein izolatu tozlarının köpürme kapasitesinin vişne çekirdeğinden elde edilen protein izolatlarına göre düşük ancak susam ve fındıktan elde edilen konsantre protein tozlarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Köpürme stabilitesinin ise literatürdeki örneklere göre oldukça iyi durumda olduğu belirlenmiştir.

4.1.4.2. Protein İzolatı Tozlarının Su ve Yağ Tutma Kapasitesi

Gıda ürünlerinin su tutma özelliği endüstride çok önemli bir parametredir. Su tutma kapasitesi gıdaları hem fizyolojik hem de teknolojik açıdan etkiler. Gıdaların hacmini artırma ve kalınlaştırma işlemlerinde kullanımları mevcuttur [59]. Gıdaların su tutma

özellikleri hidrofobik ve hidrofilik özelliklerinden kaynaklı olarak ortaya çıkar. Proteinler yapılarına su alarak şişerler ve gıdaların yapısal olarak tekstür viskozite gibi özelliklerini ortaya çıkarırlar. Proteinlerin su tutma özelliğinden faydalanarak gıdalara kıvam vermesi beklenir [60]. Su tutma kapasitesi yüksek olan gıdalar, gıdanın içerisindeki diğer bileşenlerin su kaybetmesine neden olmaktadır [61]. Su tutma kapasitesi sektörel olarak hazır çorbalar, soslar ve fırıncılık ürünleri gibi gıdalar için önem arz etmektedir. Ayrıca su tutma kapasitesine bağlı olarak gıdalara eklenen protein tozları Cottage ve eritme peynirlerinde yapıyı geliştirmek, Cheddar peynirinde randımanı arttırmak, yoğurt üretiminde ise kıvam artırmak için kullanılmaktadır [62]. Tablo 3.5'e göre toz örneklerin su tutma ve kapasiteleri incelendiğinde kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozlarında istatistiksel olarak fark olmadığı ancak kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup örnekleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu belirlenmiştir. Ultrasound ön uygulamasının su tutma ve yağ tutma kapasitesini artırdığı tespit edilmiştir. Bu artışın sebebinin ultrasound yönteminin hücre duvarını parçalaması sırasında ortaya çıkan selülozik maddelerin su tutma ve yağ tutma kapasitesini artırması olduğu düşünülmektedir. Örneklerin su tutma kapasitesinin yağ tutma kapasitesinden daha iyi olduğu ve ultrasound ön uygulamasının su tutma kapasitesini yağ tutma kapasitesine göre daha fazla artırdığı tespit edilmiştir. Literatüre bakıldığında fındık ve susamdan elde edilen konsantre protein tozlarının su ve yağ tutma kapasiteleri sonuçları g/g cinsinden verilmiştir. Susamdan elde edilen konsantre protein tozlarının su ve yağ tutma kapasitelerinin sırası ile 1.96 ± 0.01 ve 2.37 ± 0.02 , fındıktan elde edilen konsantre protein tozlarında ise 2.06 ± 0.01 ve 2.59 ± 0.03 olduğu gözlenmiştir. kırmızı pancardan elde edilen protein izolatlarının su tutma kapasitesi diğer örnekler ile kıyaslandığında, literatür ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Elde edilen proteinlerin su tutma özellikleri, protein çöktürme işlemi sırasında ortaya çıkan izolatların liyoflizatörde kurutulmadan önce nötralizasyon işlemine tabi tutulması ile iyileştirilebilir [63].

Yağ tutma kapasitesi, gıdaların duysal ve yapısal özelliklerine etki eden önemli bir özelliktir. Özellikle kek ve bisküvi gibi unlu mamüllerde tekstürel yapıyı ve lezzeti tutma özelliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca, et ürünlerinde kullanıldıklarında su ve yağ kaybını azaltarak ürünün raf ömrünü uzatabilirler ve lezzetini geliştirirler [64]. Gıdaların doksal yapısı yağ tutma kapasitesinden etkilenir ve bu nedenle sosis

hamur işlenmiş peynir çorbalar et ve unlu mamüller gibi gıdaların yapımında yağ tutma kapasitesinin artırılması tercih edilir. Literatür ile karşılaştırıldığında kurutulmuş kırmızı pancardan kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatu tozlarının yağ tutma kapasitesinin bir miktar düşük olduğu gözlenmektedir.

4.1.5. Protein İzolatı Tozlarının Yoğunluk Özellikleri

Partikül yoğunluğu sıvı yer değiştirmesi ile ölçülmekte ve sadece açık gözenekler hariç olmak üzere, parçacığın kütlesinin hacmine bölünmesi ile ifade edilmektedir [65]. Partikül yoğunluğu, 1 cm³ hacme karşılık gelen partikül kütlesinin ölçümüdür. Ultrasound ön uygulamalı kırmızı pancardan elde edilen protein izolatlarında yoğunluk analizleri başlığı altında partikül yoğunluğu, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu analizleri yapılmıştır. Protein izolatu tozlarının kontrol grubu örneklerinde partikül yoğunluğu değerleri g/cm³ cinsinden 1.34±0.17-1.53±0.02 aralığında iken ultrasound ön uygulamalı grup örneklerinde 2.07±0.01-3.24±0.06 olarak belirlenmiştir. Ultrasound uygulamasının toz örneklerin partikül yoğunluğu değerlerini artırdığı ancak üç farklı materyalden elde edilen protein izolatu tozu örneklerinin partikül yoğunluğu değerlerinin aynı olduğu görülmektedir. Yoğurt tozlarıyla ilgili yapılan bir tez çalışmasında yoğurt tozu örneklerinin partikül yoğunluğu en yüksek 1.33 g/cm³ olarak bulunmuştur. Toz ürünler için yoğunluk özellikleri endüstride depolama, taşıma ve ambalajlama alanlarında ekonomik açıdan önem taşımaktadır.

Yığın yoğunluğu toz gıda ürünleri için önemli bir özelliktir. Bu değer, ürünlerin işleme ve depolama şartlarına ek olarak partikül büyüklüğünden ve nem oranından etkilenmektedir. Ayrıca kurutma yöntemine bağlı olarak büzülme şekli değiştiği için yoğunlukla kurutma yönteminden etkilenmektedir.

Yığın yoğunluğu, birim hacmini kaplayan toz kütlesi olarak bilinmektedir. Toz ürünlerin ne kadar sıkı yapıda oldukları hakkında bilgi vermektedir. Herhangi bir sallama hareketi yapmadan ve kuvvet uygulanmadan okunan hacme yığın yoğunluğu denir [66]. Toplam hacim, toz parçacıkları arasındaki boşluğu, parçacığın hacmini ve iç gözenek hacmini kapsamaktadır. Dökme işlemi gerçekleştirildiğinde hacmin fazla okunmasının sebebi partiküller arasındaki boşluklardır. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ise, belirli bir sayıda sallama işlemi yapıldıktan sonra toz parçacıkların arasındaki

boşluğun azalması halinde ölçülen toz kütlesidir [67]. Yığın yoğunluğu, parçacık büyüklüğü ve gözenekliliğin belirlenmesi, üretim aşamasındaki cihaz ve parçalarının seçimi, ambalaj malzemesinin seçiminde çok önemli bir parametredir. İşleme, paketlenme, depolama ve saklama koşulları yığın yoğunluğuna göre belirlenebilmektedir [68]. Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık özellikleri ile ilgili fikir vermektedir. Sabit hacimli bir ambalaj malzemesine yerleştirilebilecek toz ürün miktarı hakkında karar vermek için toz ürünlerin yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin belirlenmesi önemlidir [69]. Carr indeksi, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ile yığın yoğunluğunun farkının sıkıştırılmış yığın yoğunluğuna oranı ile hesaplanmaktadır. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğunun yığın yoğunluğuna oranı ile hesaplanan değer ise Hausner Oranı olarak bilinmektedir. Toz ürünler için; Carr Index değeri akabilirlik, Hausner oranı ise yapışkanlık özelliklerini vermektedir. Akabilirlik, parçacıkların kuvvet uygulamadan hareket edebilme yeteneği olarak tanımlanır. Toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık davranışlarının belirlenmesi, taşıma ve depolama, paketlenme, doz ayarlama, karıştırma gibi özelliklerin belirlenmesi için oldukça önemli parametrelerdir [70]. Ancak toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık değerlerini belirleyen Carr Indeks değeri ve Hausner oranı toz ürünlerin nemi, kimyasal yapısı, partikül boyutu ve partikül şekli gibi faktörlerden etkilenmektedir [67]. Örneğin; toz ürünlerin nem içeriğinin artması, partiküller arası yapışkanlığın (kohezyon) artmasına sebep olur ve yapışkanlığın artması toz ürünlerin akış özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Buna ek olarak partikül boyutunun tozların akabilirlik özelliğini büyük ölçüde etkilediği belirlenmiştir [71]. Partikül boyutu küçük olan tozlar düşük akış özellikleri göstermektedir [72]. Başka bir deyişle, Carr Index ve Hausner oranının yüksek olması, yapışkanlık özelliğinin yüksek, akabilirlik özelliğinin ise düşük olması anlamına gelmektedir [73].

Yapılan bu çalışmada, toz örneklerde yapılan yoğunluk analizlerinde yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri açısından kurutulmuş kırmızı pancar ve kurutulmuş kırmızı pancar posası örnekleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. Ancak kırmızı pancar suyundan elde edilen protein izolatı tozu örneklerinde istatistiksel olarak fark olup yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri diğer örneklerle göre daha düşüktür. Aynı zamanda kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup örnekleri arasında da istatistiksel olarak fark yoktur.

Bu sonuçlara göre ultrasound uygulamasının toz örneklerin yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu özelliklerine olumlu ya da olumsuz bir etkisi görülmediği anlaşılmaktadır. Literatüre bakıldığında, vişne çekirdeğinden protein izolatu elde edilen bir çalışmada izolatların yığın yoğunluğu değeri 0.32 ± 0.0 g/ ml olarak belirlenmiştir [39]. Bir diğer çalışma olan bezelyeden elde edilen protein izolatlarında ise yığın yoğunluğu değeri 0,40 ve 0,45 g/ml, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ise 0,60 ve 0,64 değerleri arasında bulunmuştur [46]. Bu çalışma kapsamında üretilen protein izolatu tozlarının yoğunlu analizi değerleri literatürdeki örneklere göre daha yüksektir.

Tabla 3.7'ye göre, elde edilen protein izolatu tozlarının Carr Index ve Hausnerr oranı değerleri hem farklı materyaller arasında hem de kontrol grubu ve ultrasound ön uygulamalı grup arasında istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Bu değerler Tablo 2.1'e göre yorumlandığında örneklerin akabilirlik özelliklerinin kötü, yapışkanlık özelliklerinin ise çok kötü olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların istenilen düzeyde olmamasının, kullanılan ekstraksiyon yöntemine, kullanılan dondurarak kurutma yöntemine ve partikül büyüklüğüne bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.2. Öneriler

Bu tez çalışması kapsamında, kurutulmuş kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan tuz destekli izoelektrik çöktürme yöntemi ile protein izolatu elde edilmiştir. Elde edilen protein izolatları kontrol örnekler olarak kabul edilmiştir. Ek olarak kurutulmuş kırmızı pancar, kurutulmuş kırmızı pancar posası ve kırmızı pancar suyuna ultrasound ön uygulaması yapılarak aynı yöntemle protein izolatları elde edilmiştir. Kontrol örnekleri ve ultrasound ön uygulaması yapılan örnekler protein ekstraksiyon verimi açısından karşılaştırılmıştır.. Ultrasound uygulamasının protein ekstraksiyon veriminde olumlu yönde etkisinin olduğu saptanmıştır.

Elde edilen protein izolatları dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Kurutulan protein izolatlarına kimyasal analizler, teknolojik analizler, toz özellikleri analizleri, yoğunluk analizleri ve istatistiksel analizler uygulanarak özellikleri belirlenmiştir.teknolojik analizler kapsamında; su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, köpürme kapasitesi ve köpürme stabilitesi, toz analizleri kapsamında; ıslanabilirlik, dağılılabilirlik, nem çekicilik ve renk analizleri, yoğunluk analizleri

kapsamında; partikül yoğunluğu, yağın yoğunluğu, sıkıştırılmış yağın yoğunluğu, Hausner oranı ve Carr Index değerleri incelenmiştir. Kontrol örnekleri ve ultrasound ön uygulamalı örnekler bu özellikler açısından karşılaştırılmıştır.

Ultrasound uygulamasının, lowry yöntemi ile yapılan protein tayini sonucunda izolatlarda protein oranını ortalama % 2,96 oranında artırdığı belirlenmiştir

Bu tez çalışmasının ışığında yapılabilecek öneriler maddeler halinde özetlenmiştir;

- ✓ Bu çalışmalar sonucunda kırmızı pancar bitkisinin protein elde edilmesinde uygun bir materyal olduğu belirlenmiştir.
- ✓ Ultrasound yönteminin protein ekstraksiyon verimine olumlu etkisi belirlenmiştir.
- ✓ Yanı sıra hammadde olarak kullanılan kırmızı pancarın yanı sıra farklı bitkisel protein kaynakları kullanılabilir.
- ✓ Çalışmada protein verimini artırmak için uygulanan ultrasound işlemi yerine mikrodalga ön uygulaması yapılabilir.
- ✓ Protein çöktürme yöntemlerinin hammaddeye göre etkisinin değiştiği bilinmektedir. Çöktürme yöntemi olarak kullanılan tuz destekli çöktürme ve izoelektrik çöktürme yöntemleri yerine diğer protein çöktürme yöntemleri uygulanabilir. Bu çalışmada tuz destekli çöktürme için kullanılan NaCl tuzu yerine başka tuzlar kullanılabilir
- ✓ Bu çalışmada kurutma yöntemi olarak dondurarak kurutma yöntemi kullanılmıştır. Tepsili kurutma ve püskürtmeli kurutma yöntemleri de uygulanabilir.
- ✓ İzolatlarda protein oranını artırmak ve safsızlıkları uzaklaştırmak adına saflaştırma işlemleri uygulanabilir. Bu saflaştırma yöntemleri diyaliz ve ultrafiltrasyon yöntemleri olabilir.
- ✓ Elde edilen protein izolatlarının duyuşal, lezzet, tat, koku, aroma, doku, viskozite, jelleşme ve emülsiyon özellikleri üzerine yeni çalışmalar yapılabilir.
- ✓ Ayrıca bu bitkisel protein izolatları yeni bir gıdaya eklenerek bu gıdanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi incelenebilir.

Tüm bu değerlendirmelerin ışığında, yapılan bu çalışma günümüzde hayvansal protein kaynakları yerine daha çok tercih edilmeye başlanan bitkisel protein kaynağı açısından değerlendirilebilir.



KAYNAKÇA

1. Demirci, M., 2014. Gıda Kimyası. Hat Baskı Sanatları San. ve Tic. Ltd. Şti. No: ZA5, İstanbul, 296s.
2. Mainous, MR., Deitch, EA., 1994. Nutrition and infection. **Surg Clin North Am.** 74(3):659-76.
3. Arıman, E., 2013. Dünyadaki vejetaryen ve vegan nüfusu. <https://tvd.org.tr/2014/01/dunyadaki-vejetaryen-vegan-nufusu/>, (erişim tarihi: Temmuz 2019).
4. Temiz, H., Yeşilsu, A. F., 2006. Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar. **Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 2: 41-50.
5. Akyüz, A., 2018. Gıda Endüstrisi İçin Alternatif Bitkisel Protein Tozu Üretimi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 77s.
6. Cook, J. D., Morck, T. A., Lynch, S. R., 1981. The inhibitory effect of soy products on nonheme iron absorption in man, **The American journal of clinical nutrition**, 12: 2622-2629.
7. Er, T., 2011. Kırmızı Pancarın Bazı Fiziksel ve Fitokimyasal Özellikleri Üzerine Farklı Kurutma Sıcaklıklarının Etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 65s.
8. Wiczowski, W., Romaszko, E., Piskula, M. K., 2018. The impact of the matrix of red beet products and interindividual variability on betacyanins bioavailability in humans. **Food Research International**, 108:530-538.
9. Preczenhak, A. P., Tessmer, M. A., Berno, N. D., Vieria, A. P., Kluge, R. A., 2018. Initial stages of minimal processing of red beets result in significant loss of bioactive compounds. **LWT-Food Science and Technology**, 96: 439-445.
10. Protein Saflaştırmada Çöktürme Yöntemleri <http://biyologlar.com/ekoloji/protein-saflastirmada-cokturme-yontemi>, (erişim tarihi: Aralık 2018)

11. Yavuz, U. B., 2018. Stabilization Of Emulsion Of Olive Oil InWater By Ultrasound Treatment. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 47s.
12. Nistor, O., Seremet, L., Andronoiu, D. G., Rudi, L., Botez , E., 2017. Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (Beta vulgaris L. var. Cylindra). **Food Chemistry** 59-67
13. Costa, A. P. D., Hermes, V. S., Rios, A. O., Flôres, S. H. 2017. Minimally processes beetroot waste as an alternative source to obtain functional ingredients. **Journal of Food Science and Technology**, 8(66): 1–9.
14. Fujii, N., Takata, T., Fujii, N., Aki, K., Sakaue, H., 2018. D-Amino acids in protein: The mirror of life as a molecular index of aging. **Biochimica et Biophysica Acta - Proteins and Proteomics**, 7: 840–847.
15. Nelson, D., Cox, M., 2005. Lehninger Principles of Biochemistry (4th Ed.), W.H. Freeman and Company, New York.
16. Akev, N.,Proteinlerin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu, [https://docplayer.biz.tr/105795925-Proteinlerin-saflastirilmasi-ve karakterizasyonu-prof-dr-nuriye-akev.html](https://docplayer.biz.tr/105795925-Proteinlerin-saflastirilmasi-ve-karakterizasyonu-prof-dr-nuriye-akev.html), (erişim tarihi: Aralık 2018)
17. Yavuz, M., Özçelik, B., 2016. Bitkisel protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri. **Akademik Gıda**, 4:424-430.
18. Wang, J. C. and Kinsella, J. E., 1976, Functional properties of novel proteins: Alfalfa leaf protein. **Journal of food science**, 2: 286-292.
19. Delikanlı B., 2012. Süt Protein Katkıları ile Zenginleştirilen Yağsız Yoğurtların Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 100s.
20. Cárdenas-Fernández M., 2018.University of Bath, Continuous enzymatic hydrolysis of sugar beet pectin and L-arabinoserecovery within an integrated biorefinery, **Bioresource Technology**, s. 195–202
21. Ogunwolu, S.O., Henshaw, F.O., Mock, H.P., Santos, A., Awonorin, S.O., 2009. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (Anacardium occidentale L.) nut, **Food Chemistry**, 115: 852–858.

22. Zhang, D., Mu, T., Sun, H., Chen, J., Zhang, M., 2016. Comparative study of potato protein concentrates extracted using ammonium sulfate and isoelectric precipitation. **International Journal of Food Properties**, 41s.
23. Philip L. R. Bonner., Protein Purification, https://books.google.com.tr/books?id=0nN_fn4e9PgC&pg=PP5&lpg=PP5&dq=Protein+Purification.+Taylor+and+Francis+Group,+Milton+Park+Abingdon,+UK.&source=bl&ots=_evA8ak_XQ&sig=ACfU3U2G6CnUoe9VOx82bCgfKwiN9uU_1g&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwiv15GSyKHgAhWLR6QKHac_C2IQ6AEwAHoECAEQAQ#v=onepage&q=Protein%20Purification.%20Taylor%20and%20Francis%20Group%2C%20Milton%20Park%20Abingdon%2C%20UK.&f=true , (erişim tarihi: Aralık 2018)
24. Harrysson, H., Hayes, M., Eimer, F., Carlsson, N., Toth, G. B., Udeland, I., 2018. Production of protein extracts from Swedish red, green, and Brown seaweeds, *Porphyra umbilicalis* Kützinger, *Ulva lactuca* Linnaeus, and *Saccharina latissima* (Linnaeus) J. V. Lamouroux using three different methods. **Journal of Applied Phycology**, 30:3565-3580.
25. Cao Y.M, Chang K.C. 2001. Edible films prepared from water extract of soybeans. **Journal of Food Science**, 67 (4) 1449-1454
26. Türkoğlu, T., 2017. Havuç ve Patates Sebzelerinden ve Bunların Atıklarından Bitkisel Protein Elde Edilmesi ve Elde Edilen Proteinlerin Bir Örnek Gıdaya Uygulanması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 57s.
27. Özdemir, Y., Güven, E., Özdemir, B. A., 2013. Et Ürünlerinde Kullanılabilecek Soya Proteini Alternatifleri, **Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 81: 44–5144.
28. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y. ve Panghal, A. J., 2018. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review, *Food Chemistry*, 272, 192-200
29. Sert, T., 1 Adet Kırmızı Pancar Kaç Kalori, <https://www.diyetisyentugcesert.com/1-adet-kirmizi-pancar-kac-kalori/> , (erişim tarihi: Ocak 2019)

30. Akyüz, A., Ersus, Bilek, S., 2018. Protein çöktürme yöntemlerinin karşılaştırılması, **Çukurova Tarım Gıda Bilimi Dergisi**, **33**(2): 83-92.
31. Bayraktaroğlu, G., Obuz, E., 2006. Ultrasound yönteminin etkileri ve gıda endüstrisinde kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.
32. Çiçek, S., 2011. Yüksek Hidrostatikbasınç, Mikrofluidizer Ve Ultrasound Uygulamalı Peyniraltı Suyu İlavesinin Ekmeğin Tekstür, Renk ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerindeki Etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 73s.
33. Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akkaya, Z., 2009. Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. **Gıda**, **34** (3): 175-182.
34. Wei, M., Yang, L., 2017. Determination of orientin in Trollius chinensis using ultrasound-assisted extraction and high performance liquid chromatography: Several often-overlooked sample preparation parameters in an ultrasonic bath. **Journal of Chromatography A**, **1530**: 68-79.
35. Dündar Emir, D., 2014. Soğuk Pres Yöntemiyle Elde Edilen Haşhaş Yağlarının, Yağsız Keklerinin ve Protein İzolatlarının Teknolojik ve Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Çanakkale, 152s.
36. AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 17th Ed., Washington
37. Lowry, OH., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, **193**: 265-275
38. Kurek, M. A., Karp, S., Wyrwicz, j., Niu, Y., 2018., Physicochemical properties of dietary fibers extracted from gluten-free sources: quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*) and millet (*Panicum miliaceum*). **Food Hydrocolloids**, **85**: 321-330.

39. Eryılmaz, H. S., 2016. Valorization Of Functional Protein From A Plant Based Food Waste: Sour Cherry Kernel, And Its Physicochemical Characteristics. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 62s.
40. Tunç Odabaş, M. T., 2018. Toz Ürünlerin Karakterizasyonu. <https://www.google.com/search?q=toz+%C3%BCr%C3%BCnlerin+karakterizasyonu&oq=toz+%C3%BCr%C3%BCnlerin+karakterizasyonu&aqs=chrome..69i57.10852j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (erişim tarihi: Mayıs 2019)
41. Soronjo-simovi, D., Djordjevi, M., Tepi, A., 2016. Enhancement of physicochemical properties of sugar beet fibers affected by chechemical modification. **Food and Bioproducts Processing**, **100**: 432–439
42. Erbay, Z., 2013. Püskürtmeli Kurutucuda Beyaz Peynir Tozu Üretim Optimizasyonu Ve Peynir Suyu İle Maltodekstrin Kullanımının Ürün Kalitesi ve Depolama Stabilitesi Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 100Ss.
43. Hunter, R., 1975z The Measurement of Appearance, John Wiley & Sons, New York.
44. Öztop, K., 2014. Fındık Proteini Konsantresinin Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin, 64s.
45. Çiftçi H. S., 2018. Fındık ve Susam Posalarından Üretilen Protein Konsantrelerinin Gıda Ürünlerinde Değerlendirilmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 69s.
46. Adenekan, M, K., Fadimu G, J., Odunmbaku, L, A., Oke, E, K., 2017. Effect of isolation techniques on the characteristics of pigeon pea (*cajanus cajan*) protein isolates. **Food Science & Nutrition** 1-7.
47. Fang, Y., Selomulya, C., Chen, X. D., 2008. On measurement of food powder reconstitution properties, **Drying technology**, **26**(1): 3-14.
48. Schubert, H., 1993. Instantization of powdered food products, **International Chemical Engineering**, **33**(1): 28–45pp.

49. Schuck, P., Jeantet, R., Dolivet, A., 2012. Determination of rehydration ability, *Analytical Methods for Food and Dairy Powders*. John Wiley & Sons, Oxford, UK.
50. Yüksel, H., 2018. Püskürtmeli Kurutma Yöntemleriyle Elde Edilmiş Sebze Suyu Tozlarına Aglomerasyon İşleminin Uygulanması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 142s.
51. Caliskan Koc G., Dirim S. N., 2017. influence of the different drying agents on the production of spinach powder by spray drying. **Innovations in Food Science and Technology**, **82**: 2873-2884.
52. Ng, M. L., Sulaiman, R., 2018. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. **LWT- Food Science and Tchnology**, **88**: 80-86.
53. Han, J. Y. and Khan, K., 1990, Physicochemical studies of pin-milled and air-classified dry edible bean fractions. **Cereal Chemistry**, **67**(4): 380-394.
54. Adebowale, Y. A., Adeyemi, I. A., Oshodi, A. A., Niranjan, K., 2007. Isolation, fractionation and characterisation of proteins from *Mucuna* bean. **Food Chemistry**, **104**(1), 287-299.
55. Sosulski, F., Sosulski, K., McCurdy, A., 1988. Wet milling vs. air classification of field peas to isolate protein, starch and fiber. **Acta Alimentaria Polonica**, 41-49.
56. Makri, E., Papalamprou, E., Doxastakis, G., 2005. Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. **Food Hydrocolloids**, **19**(3), 583-594.
57. Çelik, M., Yıldırım, M., Yıldırım, Z., 2015. Patates Proteinleri. **Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **4**: 68-77.
58. Ng, M. L., Sulaiman, R., 2018. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. **LWT- Food Science and Tchnology**, **88**: 80-86.
59. Hasnaoui N., Wathelet, B., Jimenez-Araujo, A., 2014. Valorization of pomegranate peel from 12 cultivars: Dietary fibre composition, antioxidant capacity and functional properties. **Food Chemistry**, **160**: 196-203.

60. Xu, L., Diosady, L.L., (1994). Functional properties of Chinese rapeseed protein isolates. **Journal of Food Science**, **59**:1127-1130.
61. Saldamlı, İ. ve Temiz, A., 1998. Aminoasitler, Peptitler ve Proteinler. Gıda kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 195-257.
62. Koçak, C., Aydemir, S., 1994. Süt proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. **Gıda Teknolojisi Derneği**, **20**: 46.
63. Fernandez-Quintela, A., Macarulla, M.T., Del Barrio, A.S., Martinez, J.A., 1997. composition and functional properties of protein isolates obtained from commercial legumes grown in northern spain. **Plant Foods for Human Nutrition**, **51**: 331-342.
64. Guerrero, L.C., Perez-Flores, V., Betancur-Ancona, D., Davilla-Ortiz, G., 2002. Functional properties of flours and protein isolates from Phaseolus lunatus and Canavalia ensiformis seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **50**: 584-591.
65. Ortega-Rivas, E., Juliano, P., Yan, H., 2006. Food powders: physical properties, processing, and functionality, Springer Science & Business Media.
66. Atalar, İ., 2018. Instant Yoğurt Tozu Üretim Koşullarının Optimizasyonu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun, 104s.
67. Parrott, E.L., 1981. Densification of powders by concavo-convex roller compactor. **Journal of Pharmaceutical Science**, **70**: 288–291.
68. Barbosa-Canovas, G. V., Juliano, P., 2005. Physical and chemical properties of food powders. **Encapsulated and Powdered Foods**, 40–71.
69. Koç, M., Koç, B., Kaymak-Ertekin, F., 2011. Toz Gıdaların Fiziksel Karakterizasyon Özellikleri, **Akademik Gıda**, **9**(4):60-70s.
70. Caliskan Koc G., Dirim S. N., 2017. Influence of the different drying agents on the production of spinach powder by spray drying. **Innovations in Food Science and Technology**, **82**: 2873-2884.

71. Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M.E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M.N. and Dumoulin E., 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. **Journal of Food Engineering**, **75**: 27–35 pp.
72. Fitzpatrick, J. J., Iqbal, T., Delaney, C., Twomey, T. and Keogh, M. K., 2004. Effect of powder properties and storage conditions on the flowability of milk powders with different fat content. **Journal of Food Engineering**, **64**: 435–444.
73. Jinapong, N., Supphantharika, M. and Jamnong, P., 2008. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration, **Journal of Food Engineering**, **84**: 194-205.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Büşra ÇİĞDEM
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 08.12.1991 - Kayseri
Medeni Durum: Bekar
e-mail: busra-cigdem@hotmail.com
Yazışma Adresi: Yıldızevler Mah. 308. Sok. Atakule Sitesi B Blok kat:9 no:19
Kocasinan/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği	2019
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği	2016
Lise	Fevzi Çakmak Lisesi, Kayseri	2010

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2017-2018	Eryağ Erciyes Yağ San. Tic. A.Ş	Kalite Güvence Uzmanı
2016	3. Kuşak Şekerci Paşalar	Sorumlu Mühendis

YABANCI DİL

İngilizce