

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN YEREL MERCİMEK TÜRLERİNDEN
PROTEİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep Saliha GÜNEŞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN YEREL MERCİMEK TÜRLERİNDEN
PROTEİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Zeynep Saliha GÜNEŞ
(506161539)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi. Aşlı CAN KARAÇA

HAZİRAN 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506161539 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Zeynep Saliha GÜNEŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN YEREL MERCİMEK TÜRLERİNDEN PROTEİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Aslı CAN KARAÇA
İstanbul Teknik Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Esra Çapanoğlu Güven
İstanbul Teknik Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Celale Kırkın
Özyeğin Üniversitesi

.....

Teslim Tarihi : 03 Mayıs 2019
Savunma Tarihi : 14 Haziran 2019





Canım aileme,



ÖNSÖZ

Türkiye'de yetiştirilen baklagillerin öneminin artırılması ve bitkisel kaynaklı tüketimin arttığı şu günlerde zengin beslenme alışkanlıklarını desteklemek dileğiyle yürüttüğümüz bu çalışmada ve yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini ve yardımlarını her zaman yanımda hissettiğim çok kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Aslı CAN KARAÇA'ya teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yerel mercimek çeşitlerini temin ettiğimiz Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü ve Güneydoğu Anadolu Araştırma Enstitüsü'ne, İstanbul Teknik Üniversitesi öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine, özellikle laboratuvar çalışmalarım süresince bana yardımcı olan Yük. Müh. Evren DEMİRCAN ve Dr. Fatih BİLDİK'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğretimim süresince ve bu tezi yazma aşamasında her zaman yanımda olan desteklerini daima hissettiğim kıymetli arkadaşlarım Rukiye GÜNDOĞAN ve Sümeyra ÖNDER'e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Bana her daim güvenen, yanımda olan ve her zaman desteklerini hissettiğim canım babam Vaiz GÜNEŞ, canım annem Meral GÜNEŞ, çok kıymetli abim İlyas GÜNEŞ ve kızkardeşim Betül GÜNEŞ başta olmak üzere benim için çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi ve en derin sevgilerimi sunarım.

Mayıs 2019

Zeynep Saliha Güneş
(Gıda Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 Baklagiller	5
2.2 Mercimek	10
2.2.1 Mercimeğin tarihi ve sınıflandırılması.....	10
2.2.2 Mercimek üretiminin küresel ve Türkiye’deki durumu	11
2.2.3 Mercimeğin besinsel değeri	13
2.2.4 Yerel mercimek türleri	15
2.2.5 Proteinler	16
2.2.5.1 Bitkisel proteinler.....	17
2.2.5.2 Protein İzole Etme Yöntemi.....	20
2.2.6 Baklagil Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri	22
2.2.6.1 Bitkisel Kaynaklı Proteinlerin Çözünürlüğü.....	22
2.2.6.2 Bitkisel proteinlerin su ve yağ tutma kapasitesi.....	23
2.2.6.3 Bitkisel proteinlerin emülsiyon oluşturma özellikleri.....	24
2.2.6.4 Bitkisel proteinlerin köpük oluşturma özelliği.....	25
2.2.6.5 Bitkisel proteinlerin jelleşme özelliği	26
3. MALZEME VE YÖNTEM	27
3.1 Malzeme	27
3.1.1 Mercimek örnekleri.....	27
3.1.2 Kimyasal malzeme ve cihaz temini	27
3.2 Yöntemler	28
3.2.1 Mercimek tanelerinin kompozisyon analizleri.....	28
3.2.1.1 Toplam nem içeriklerinin tayini.....	28
3.2.1.2 Toplam kül miktarı tayini	28
3.2.1.3 Toplam protein miktarı tayini	28
3.2.1.4 Toplam yağ miktarı tayini.....	29
3.2.1.5 Karbonhidrat içeriğinin belirlemesi	29
3.2.2 Mercimekten protein izolasyonu.....	29
3.2.3 Mercimek proteinlerinin fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi	30
3.2.3.1 Çözünürlük.....	30
3.2.3.2 Su ve yağ tutma kapasitesi	30

3.2.3.3 Emülsiyon oluşturma kapasitesi.....	30
3.2.3.4 Emülsiyon aktivite indeksi ve stabilite indeksi	31
3.2.3.5 Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi	31
3.2.3.6 Jel oluşturma kapasitesi.....	32
3.2.4 Protein izolatu karakterizasyonu	32
3.2.4.1 Net yüzey yükü (Zeta potansiyeli (Ç)).....	32
3.2.4.2 Protein izotunun termal özelliklerinin incelenmesi	32
3.2.4.3 Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	33
3.3 İstatiksel Analiz	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	35
4.1 Çalışılan Mercimek Çeşitlerinin Besin Öğeleri Kompozisyonu	35
4.2 Mercimek Protein İzolatlarının Besin Öğeleri Kompozisyonu	38
4.3 Mercimek Proteinlerinin Fizikokimyasal Özellikleri	41
4.3.1 Net Yüzey Yükü (Zeta potansiyeli, Ç).....	41
4.4 Mercimek Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri.....	44
4.4.1 Çözünürlük.....	44
4.4.2 Jelleşme kapasitesi	49
4.4.3 Su tutma ve yağ tutma kapasiteleri	50
4.4.4 Emülsiyon oluşturma kapasitesi ve stabilitesi.....	52
4.4.5 Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi	55
4.5 Protein izolatlarının termal özellikleri.....	57
4.6 Proteinlerin Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ölçümleri....	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	67
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR

AOAC	:Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacıları Birliği
ANOVA	:Varyans Analizi
CPI	:Ceren Protein İzolatı
ÇPI	:Çağıl Protein İzolatı
EAI	:Emülsiyon Aktivite İndeksi
EK	:Emülsiyon Oluşturma Kapasitesi
ESI	:Emülsiyon Stabilite İndeksi
KK	:Köpük Oluşturma Kapasitesi
KMPI	:Kahverengi Mercimek Protein İzolatı
KS	:Köpük Oluşturma Stabilitesi
MJK	:Minimum Jelleşme Konsantrasyonu
SPSS	:Sosyal Bilimciler İçin İstatistik Programı
TİGEM	:Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
TPI	:Tigris Protein İzolatı
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
YPI	:Yusufhan Protein İzolatı



SEMBOLLER

ζ : Zeta potansiyel





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Dünyadaki bazı baklagillerin ekim alanları ve üretim miktarları	6
Çizelge 2.2 : 2017 yılında dünyadaki önemli baklagil üreticileri.....	7
Çizelge 2.3 : Türkiye'deyetiştirilen bazı baklagillerin üretim miktarları.....	8
Çizelge 2.4 : Baklagil besin öğeleri kompozisyonu.	10
Çizelge 4.1 : Mercimek unlarının besin öğeleri kompozisyonu.	35
Çizelge 4.2 : Mercimek proteini izolatlarının kompozisyon içeriği.	39
Çizelge 4.3 : Protein ekstraksiyon verimi.....	41
Çizelge 4.4 : Mercimek protein izolatlarının zeta potansiyeli değerleri.....	42
Çizelge 4.5 : Protein izolatlarının izoelektrik noktaları.....	42
Çizelge 4.6 : Protein izolatlarının farklı pH değerlerindeki çözünürlükleri.	45
Çizelge 4.7 : Protein izolatlarının minimum jelleşme konsantrasyonu.	49
Çizelge 4.8 : Protein izolatlarının su ve yağ tutma kapasiteleri.	50
Çizelge 4.9 : Mercimek proteinlerinin emülsiyon oluşturma özellikleri.....	52
Çizelge 4.10 : Protein izolatlarının köpük oluşturma özellikleri.....	55
Çizelge 4.11 : Protein izolatlarının termal özellikleri.....	58



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Peptid bağıyla bağlanmış amino asitler.....	16
Şekil 4.1 : Protein izolatlarının çözünürlük yüzdeleri.	46
Şekil 4.2 : Mercimek protein izolatlarının FTIR spektrumları.	59
Şekil A.1 : CPI'ye ait DSC termogramı.	75
Şekil A.2 : ÇPI'ye ait DSC termogramı.	76
Şekil A.3 : KMPI'ye ait DSC termogramı.	76
Şekil A.4 : TPI'ye ait DSC termogramı.	77
Şekil A.5 : YPI'ye ait DSC termogramı.....	77



TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN YEREL MERCİMEK TÜRLERİNDEN PROTEİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Leguminosae familyası 650 cins ve 18 000'den fazla türü içermektedir ve insanlar tarafından ilk olarak yaklaşık 3000 yıl kadar önce yetiştirilip hasat edilmiştir. Tahıllardan sonra dünyada en önemli ikinci besin kaynağı olup genel olarak baklagil ailesi olarak adlandırılmaktadır. İnsanlar ve hayvanlar *leguminosae* ailesinin yiyecek baklagil çeşitlerini kuru tohum şeklinde tüketmektedir.

Türkiye üretim açısından ülke bazında Hindistan ve Kanada'dan sonra 3. ülke olarak özellikle kırmızı mercimek üretiminde önemli bir paya sahiptir ve aynı zamanda yaklaşık %6 yeşil mercimek üretimi yapmaktadır. Türkiye'nin, 2018 yılında toplam kuru baklagil üretimi 1 225 220 tondur. Ayrıca, kırmızı ve yeşil mercimek üretimi ise sırasıyla 310 000 ve 43 000 tondur.

Baklagiller, acı bakla, nohut, mercimek ve fasulye gibi bitkilerin tohumlarının kuru yenilebilir kısmıdır ve dünyada birçok diyetin önemli protein kaynağıdır.

Bakliyat insan sağlığı için birçok açıdan yararlı bir besin kaynağı olarak kabul edilmekte ve sağlık kuruluşları ve diyetisyenler tarafından temel besin kaynağı olarak tavsiye edilmektedir. Baklagiller insan perhizi için zengin vitamin, mineral içeriğine sahip olup önemli karbonhidrat kaynaklarıdır. Vejetaryenler için önemli bir protein kaynağını temsil ederler ve düşük glisemik indeksli yiyecekler olduğu için tüketimi obezite, tip II diyabet, kalp ve damar hastalıklarının engellenmesinde ve etkilerinin azalmasında rol oynamaktadır.

Hayvansal kaynaklı proteinlerin sınırlı ve yüksek maliyetli olmasından dolayı gelişmekte olan ülkelerde düşük maliyetli potansiyel protein kaynağı olan baklagillerin kullanımı dikkat çekmektedir.

Sağlıklı beslenme ve gıdaların işlevselliğinin popülerlik kazanması, temel olarak tüketici talepleri ve sağlık uzmanlarının genel beslenme durumu olan hayvansal gıdaların fazla tüketiminin bitkisel proteinlerle değiştirilmesi gerektiğini savunmaları bitkisel proteinlere olan ilginin artmasına ve gıda endüstrisinin ihtiyaçlarını iyileştirmesine katkı sağlamaktadır.

Bitkisel kaynaklı proteinlerin öneminin ve kullanım alanlarının artması amacıyla bu çalışmada diğer baklagil çeşitlerine göre yüksek protein içeriğine sahip mercimek türü seçilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada yerel ve tescilli mercimek ürünlerinin kullanılması bu ürünlerin kompozisyonunun ve karakteristik özelliklerinin belirlenmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada kullanılan yeşil mercimek türü olan Yusufhan ve Ceren çeşitleri Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden ve kırmızı mercimek türüne ait Tigris ve Çağır mercimek çeşitleri Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden

temin edilmiştir. Ayrıca Malatya bölgesine özgü Kahverengi mercimek ise Malatya yöresel üreticilerinden temin edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerinin unlarına ait nem içerikleri %8,60 ila %10,93 aralığında, protein oranları %21,99 ila %26,22 aralığında değişkenlik göstermektedir. Mercimek türlerinin unlarına ait kül oranları bu çalışmada %2,18 ile %2,65 aralığında, ham yağ değerleri %1,18 ve %1,59 arasında değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada izoelektrik çöktürme metodu kullanılarak elde edilen mercimek protein izolatlarının protein oranları %87,03 ila %84,15 aralığında değişmektedir. Kahverengi mercimek protein izolatının protein miktarı Tigris, Çağıl ve Yusufhan türünden elde edilen izolatların protein miktarından daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen protein izolatlarının yağ oranları en az %0,21 ve en çok %0,85 aralığında değişmektedir. Mercimek protein izolatlarının nem içerikleri en az %4,29 ve en çok %5,59 değerleri arasında ve izolatların içerdiği kül miktarları en düşük %2,49 ve en yüksek %3,36 değerleri arasında değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan yerel çeşitlere ait protein izolatlarının minimum jel oluşturma konsentrasyonu 11 ila 15 (g protein/100 g) aralığında değişmektedir. Ayrıca, mercimek türlerinden elde edilen protein izolatlarının su tutma kapasiteleri protein izolatı gramının absorbe ettiği su miktarı olarak ifade edilmiş ve değerler 1,36 ila 1,5 (g/g) arasında değişmektedir. Mercimek protein izolatlarının yağ tutma kapasiteleri en az 2,73 ve en çok 4,18 (g yağ/g protein) aralığında değişmektedir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait protein izolatlarının emülsiyon oluşturma kapasiteleri en az 403,8 g yağ/g protein ve en çok 468,2 g yağ/g protein aralığında değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait emülsiyon aktivite indeksi en az 18,84 ve en çok 24,20 m²/g protein arasında değişkenlik göstermektedir. Mercimek protein izolatlarının emülsiyon stabilite indeksleri ise en az 43,39 dk ve en çok 125,52 dk olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait protein çözünürlüğüne 4 farklı pH değerinde (pH 3,5,7 ve 9) bakılmış olup kullanılan tüm mercimek çeşitlerinin protein izolatlarının maksimum çözünürlük gösterdiği nokta pH 9 olarak bulunmuştur. Ayrıca, protein çözünürlüğü pH 7 değerinde tüm mercimek türleri için yüksek olup en düşük çözünürlük değeri ise %84,79 olarak bulunmuştur. İzelektrik noktaya yakın olan pH 5 değerinde ise tüm mercimek protein çeşitleri için çözünürlük en az olmuştur ve maksimum değeri %8,68 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerine ait protein izolatlarının köpük oluşturma kapasiteleri en az %71,33 ve en çok %91,33 aralığında değişmektedir. En yüksek köpük oluşturma kapasitesine sahip türler Kahverengi mercimek ve Tigris çeşitlerinden izole edilen proteinlerdir.

Kullanılan çeşitlerin 10, 30 ve 180 dk sonundaki köpük oluşturma stabilitesi değerleri sırasıyla %82,05-88,26; %73,52-77,25; %68,85-73,05 değerleri arasında değişmiştir.

Tezin son bölümünde ise yapılan araştırmalar, deneysel çalışmalar ve istatistiksel sonuçlara bağlı olarak yorumlar ve tavsiyelere yer verilmiştir. Hayvansal protein kaynaklara ek olarak bitkisel kaynaklı proteinlerin detaylı bir şekilde araştırılması, farklı baklagil türlerinden elde edilen proteinlerin özelliklerinin belirlenmesi ve gıda uygulamadaki kullanımı açısından geniş yelpazeli bilgi içeren yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

PROTEIN ISOLATION FROM LOCAL LENTIL VARIETIES GROWN IN TURKEY, AND THE INVESTIGATION OF FUNCTIONAL PROPERTIES AND CHARACTERIZATION OF LENTIL PROTEIN ISOLATES

SUMMARY

The family of *Leguminosae* contains over 650 genera and more than 18 000 species and they were first grown and harvested about 3000 years ago. It is generally known as the legume family which is the world's second most important nutrient after the cereals.

Legumes are defined as edible seeds for human and animal consumption as a subgroup of *Leguminosae*. In addition, pulses are defined as dry seeds with low oil content. Some varieties of legumes used as vegetables such as green beans and peas, soybean and peanut cultivated for oil production and varieties grown for animal feed crops such as alfalfa and clover are excluded from the definition of pulses. Legumes are the dry, edible part of the seeds of plants such as lupine, chickpea, lentils and beans. Different types of legumes are the major protein source of many diets in the world.

Turkey has a significant share in terms of lentil production and is the third country after India and Canada. Red lentil production is especially better in Turkey and produces about 6% of the green lentil. In Turkey, total dry legume production is 1 225 220 million tons. In addition, the production of red and green lentils is 310 000 and 43 000 tons in 2018, respectively.

Pulses are considered to be a useful nutrient source in many aspects for human health and are recommended as a basic food source by health care organizations and dietitians. Legumes are rich in vitamins and minerals and are important sources of carbohydrates for human diets. They represent an important source of protein for vegetarians, and they serve as a good source of low glycemic indexed food. Therefore, consumption of pulses plays a significant role in inhibition and mitigation of obesity, type II diabetes, and cardiovascular disease.

Due to the limited and high cost of animal-derived proteins, the use of low-cost potential protein sources especially plant protein in developing countries has increased.

There are some good reasons which are the importance of healthy nutrition, the functionality of foods, mainly consumer demands and the general nutritional status of health experts about the consumption of animal foods should be replaced with plant proteins increase the interest in vegetable proteins and contribute to the improvement of the needs of the food industry.

In this study, Tigris and Çağıl lentil varieties belonging to red lentil cultivar were obtained from the Southeast Anatolia Agricultural Research Institute. Also, Yusufhan and Ceren lentil type belonging to the green lentil cultivar were obtained from Field Crops Central Research Institute. In addition, Brown lentils which are

Lens culinaris Medikus in the Malatya region included in the Medikus family were obtained from local producers in Malatya.

The moisture content of the lentil species used in this study ranged between 8.60% and 10.93% and the protein content varied between 21.99% and 26.22%. Brown lentils, Tigris and Çağıl lentil species had high protein content and contain more protein than Ceren and Yusufhan lentil varieties. Ash content of flour of lentil species in this study ranged from 2.18% to 2.65%, and the crude oil values ranged from 1.18% to 1.59%.

Different types of processing techniques are applied to obtain protein isolates and concentrates from pulses. The protein-rich concentrate and the plant protein isolates obtained by isoelectric precipitation may vary depending on the conditions such as temperature, salt content and pH during protein extraction.

In this study, protein content of protein isolates of lentil species obtained by isoelectric precipitation varied between 87.03% and 84.15%. The amount of protein of brown lentil protein isolate was higher than that of protein obtained from Tigris, Çağıl and Yusufhan species. Fat percentages of the protein isolates obtained in this study ranged between 0.21% and 0.85%. The amount of fat obtained from Brown lentil, Tigris and Ceren species was higher than that of fat obtained from the Çağıl and Yusufhan species. The moisture content of the lentil protein isolates varied between at least 4.29% and at most 5.59% and the ash content of the isolates varied between the lowest values of 2.49% and the highest 3.36%.

Plant proteins interact with solvents, ions, polysaccharides, fats, and other proteins in the food matrix and as a result of this proteins are able to alter the physical structure of food.

The main functional properties of the protein in food; solubility, water and oil bonding capacities, gel forming and rheological properties, emulsion formation and foaming properties. These properties depend on the interaction of proteins with large molecules such as carbohydrates, lipids, proteins and small molecules such as gas, salt, volatiles and water. In addition, molecular size of proteins, protein distribution and primary, secondary and tertiary structures also affect functional properties.

The least gelation concentration of the protein isolates of the local lentil varieties used in this study ranged from 11 to 15 (g protein / 100 g). In addition, the water absorbtion capacity of protein isolates from lentil species was expressed as the amount of water absorbed by the protein isolate and values ranged from 1.36 to 1.5. In addition to water absorbtion capacity, the fat absorbtion capacity of lentil protein isolate are ranged from 2.73 to 4.18 g fat / g protein. Fat absorbtion capacity of the protein isolates of Yusufhan and Çağıl species was higher than the fat absorbtion capacity of the protein isolate of Ceren species.

The emulsion capacity of 5 local lentil protein isolates used in this study ranged from at least 403.8 g oil/g protein and up to 468.2 g oil/g protein range. The emulsion activity index of 5 local varieties used in this study varied between at least 18.84 and at most 24.20 m²/g protein. Emulsion activity index (EAI) of protein isolates obtained from Brown lentils, Çağıl and Tigris varieties used in this study was higher than EAI of Ceren and Yusufhan varieties. Emulsion stability index (ESI) of lentil protein isolates was calculated as minimum 43.39 min and maximum 125.52 min. The ESI of the protein isolate of the Tigris species was higher than all other varieties.

The protein solubility of the 5 local varieties used in this study was examined at 4 different pH values (pH 3, 5, 7 and 9). The maximum solubility of protein isolates of all types of lentils was found to be at pH 9. Protein solubility was high for all lentil species at pH 7 and the lowest value was found as 84.79%. At pH 5, which is close to the isoelectric point, the solubility for all lentil protein varieties was minimal and the maximum value was determined as 8.68%. The protein solubility profiles of all lentil type used were close to each other and they were found to be very similar in comparison with the solubility of other legume studies in the literature. Furthermore, according to the findings, the solubility varied depending on the pH as expected.

The foaming capacity of the protein isolates of the lentil species used in this study varied between 71.33% and 91.33%. Samples that had the highest foam formation capacity were the proteins isolated from Brown lentils and Tigris varieties. Ceren protein isolate had the lowest foam capacity.

The foam stability values of the varieties at the 10th minute varied between 82.05% and 88.26%. At the 30th minute, the foam stability values were in the range of 73.52% and 77.25%. The foam stability at the end of 180 minutes was found to be between 68.85% and 73.05%.

Functional properties such as emulsifying, foaming and gelling are closely related to the solubility of proteins. In addition, the availability of proteins as a component in different type of food product applications is related to high solubility.

In the last part of the thesis, based on the researches, experimental studies and statistical results, comments, recommendations and potential use of lentil proteins in the field of food application are mentioned.

In addition to animal protein sources, new studies are required to investigate the proteins of plant origin in detail, to determine the properties of proteins derived from different legume species and to use a wide range of information in terms of their use in food applications.



1. GİRİŞ

FAO (1994), bakliyatı, baklagil ailesinin (*Leguminosae*) bir alt grubu olarak insan ve hayvan tüketimi için yenilebilir tohumlar olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, bakliyat FAO tarafından yağ miktarı az olan kuru tohumlar şeklinde de tanımlanmaktadır. Taze fasulye ve bezelye gibi sebze olarak kullanılan çeşitler, yağ üretimi için ekilen soya ve yer fıstığı gibi çeşitler ve hayvan ekini için yetiştirilen alfaalfa ve yonca gibi türler bakliyat tanımının dışında tutulmaktadır (Calles, 2016).

Araştırmacılar, bakliyatın diyabet, kardiyovasküler hastalık ve obezite gibi kronik sağlık sorunlarını önleyebileceğini veya yönetebileceğini; genel sağlık ve zindeliğe katkıda bulunabileceğini göstermiştir (Bassett ve diğ, 2010).

Dünyanın pek çok bölgesinde baklagil tohumları, insan beslenmesinde diyet içindeki eşsiz protein kaynağıdır. Çok yönlü fonksiyonel bileşenler ve biyolojik olarak aktif bileşenler içermektedir. Baklagiller genel beslenme durumunu iyileştirmekte olup gıda endüstrisinin ihtiyaçlarını karşılamaya katkı sağlamaktadır (Oomah ve diğ, 2011).

Baklagiller gelişmekte olan ülkeler ve düşük gelirli toplumlar tarafından daha çok tüketilmekte olup, hayvan yemi olarak da kullanılan önemli bir besin kaynağıdır (Bressani ve Elias, 1979).

Baklagil proteinleri önemli lif, vitamin, mineral ve polifenol kaynağı olup aynı zamanda tahıllarla beraber tüketildiklerinde amino asitleri tamamlanmış iyi bir protein kaynağıdır. Son 40 yılda baklagillerin üretiminin dünya genelinde arttığı bilinmektedir fakat bunun artan nüfustan kaynaklandığı belirtilmiştir. Baklagillerin kişi başına düşen tüketim miktarları maalesef azalmaktadır. Baklagiller için yeni kullanım alanları bulmak, bu tohumların önemini vurgulamak ve bu sayede yeni talep yaratmak sağlıklı tüketim endüstrisi için önemlidir (Ladjal-Ettoumi ve diğ, 2015).

Yaygın şekilde kullanılmakta olan soyanın bazı bireyler için alerjen olması, tüketicilerin GDO içeren ürünlere alternatif olduğu için farklı baklagilleri

değerlendirilmesi ve gıda formülasyonlarında kullanımı günümüzde yaygınlaşmaktadır. Hayvansal kaynaklı proteinlerden ziyade hızla büyümekte olan fonksiyonel özelliklere sahip baklagillerden elde edilen bitkisel proteinlerin önemi artmıştır (Aydemir ve Yemenicioğlu, 2013).

Protein-kalori malnütrisyonu (PCM), Asya ve Afrika ülkelerinde 170 milyondan fazla gelişim çağındaki çocuk ve emziren annelerde görülen önemli bir sendromdur. Nüfusun devamlı olarak artması ve protein kaynaklarının tükenmesi tedbir alınmadığı takdirde bu durumun gelecekte büyük problemlere yol açabileceği ön görülmektedir. Yeterli proteinin sağlanması hayvansal kaynaklarla zor ve pahalıdır. Bundan dolayı, insanların rahatlıkla tüketebileceği bitkisel kaynaklı proteinlere yönlendirmek önem arz etmektedir (Iqbal ve diğ., 2006).

Hayvansal kaynaklı proteinlere nazaran daha düşük maliyetli olması, fonksiyonel özelliklerin umut vaat etmesi ve maddi geliri yetersiz insanların kolay erişebilmeleri izole edilmiş bitkisel proteinlerin gıda bileşeni olarak kullanımını arttırmıştır (Ghribi ve diğ., 2015).

Bitkisel kaynaklı proteinlerin beslenme özellikleri içerdiği dengeli amino asit profili, kolay sinirilebilirliği ve bazı antibesinsel faktörlerin varlığına bağlıdır (Chéreau ve diğ., 2016).

Türkiye'nin de içinde bulunduğu iklim bölgesi özellikle baklagil yetiştiriciliğine uygun olup, mercimek gibi yemeklik tane türlerinin anavatanı olarak kabul edilmektedir. Ancak, nohut ve mercimek üretimi yeterli düzeyde değildir ve elde edilen baklagiller sistematik bir şekilde gıda endüstrisi ürün uygulamalarında pratik olarak kullanılamamaktadır (TİGEM, 2018).

Farklı bölgelerde yetişmiş olan baklagil türlerinden elde edilen proteinlerin fonksiyonel özelliklerini detaylı olarak inceleyen birkaç çalışma yapılmıştır. Ancak bu çalışma Türkiye'ye özgü olarak yetiştirilen yerel çeşitlerin potansiyel kullanımını ve bu baklagil çeşitlerinin önemini arttırmaya yönelik 5 çeşit yerel mercimek unu ve onlardan elde edilen protein izolatlarının kullanımını konu alan ilk çalışmadır.

Bu çalışmada mercimek türlerinin ve izoelektrik çöktürme yöntemiyle elde edilen protein izolatlarının nem, yağ, kül ve protein gibi besin ögesi kompozisyonları belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen proteinlerin emülsiyon oluşturma, köpük oluşturma özellikleri, yağ ve su tutma kapasiteleri ve jel oluşturma kapasiteleri gibi

gıda formülasyonları açısından önemli olan fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, literatürle kıyaslandığında kullanılan 5 yerel mercimek çeşidine ait yukarıda bahsedilen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.





2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Baklagiller

Leguminosae familyası 650 cins ve 18 000'den fazla türü içermektedir ve insanlar tarafından ilk olarak yaklaşık 3000 yıl kadar önce yetiştirilip hasat edilmiştir. Tahıllardan sonra dünyada en önemli ikinci besin kaynağı olup genel olarak baklagil ailesi olarak adlandırılmaktadır. İnsanlar ve hayvanlar *leguminosae* ailesinin yiyecek baklagil çeşitlerini kuru tohum şeklinde tüketmektedir (Tiwari ve diğ, 2011).

Baklagiller, acı bakla, nohut, mercimek ve fasulye gibi bitkilerin tohumlarının kuru yenilebilir kısmıdır ve dünyada birçok diyetin önemli protein kaynağıdır (Day, 2013).

Baklagil ve kuru bakliyat terimleri birbirlerinin yerine kullanılabilir. Fakat tüm kuru bakliyat çeşitleri baklagil olarak kabul edilirken tüm baklagil çeşitleri kuru bakliyat olarak kabul edilmemektedir. Bakliyatlar düşük yağ içeriğiyle diğer soya fasulyesi ve kanola gibi yağlı baklagillerden ayırt edilerek kuru baklagil tohumu olarak tanımlanmaktadır. İnsanlar tarafından mercimek, nohut, fasulye, bakla ve bezelye gibi 80'den fazla bakliyat türü tüketilmektedir (Tiwari ve diğ, 2011).

Genel olarak, dünyada yaygın bir şekilde ekimi, üretimi ve tüketimi yapılan bakliyatlar; barbunya, beyaz fasulye (*Phaseolus vulgaris*), bakla (*Vicia faba*), nohut (*Cicer arietinum*), kuru veya kırık bezelye (*Pisum sativum*), maş fasulyesi (*Vigna radiata*), börülce (*Vigna unguiculata*) ve mercimektir (*Lens culinaris*) (Sarioğlu & Velioğlu, 2017).

Yüksek karbonhidrat ve protein içeriği ve düşük yağ oranına sahip baklagiller dünyadaki yaklaşık 2 milyar insan için protein kaynağıdır. Baklagiller insan beslenmesinde dünyadaki bitkisel kaynaklı proteinlerin %22'si ve karbonhidratların %7'sini karşılarken hayvan beslenmesinde ise proteinlerin %38'i ve karbonhidratların %5'ini karşılamaktadır (Gülümser, 2016).

Baklagillerin zengin ve ucuz protein kaynağı olması dünyanın birçok yerinde özellikle Latin Amerika, Afrika ve Asya kıtasında insan beslenmesinin önemli bir parçası olmasını sağlamıştır (Jood ve diğ, 1988).

Dünyada 2017 yılı itibariyle yaklaşık olarak 87 milyon hektar alanda, 89 milyon ton baklagil üretimi gerçekleştirilmiştir. Dünyada üretimi gerçekleştirilen baklagiller arasında fasulye ilk sırada yer almaktadır. Bu ürünü nohut, bezelye ve mercimek izlemektedir (FAO, 2017). Mercimek, nohut ve fasulye türlerine ait 2012-2017 yılları arasında üretim miktarı ve ekili alan miktarları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Fasulyeye ait üretim miktarı ve ekili alanlar son 6 yılda dünya genelinde Çizelge 2.1'deki verilere dayanarak düzgün artış gösterirken, mercimek ve nohutun üretim miktarları ve ekili alanları dalgalanmalar göstermesine rağmen 2017 yılında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Mercimek, nohut ve fasulye üretimi dünya genelinde 2017 yılı itibariyle yaklaşık sırasıyla 7,5 milyon, 14 milyon ve 31 milyon ton olarak gerçekleştirilmiştir (FAO, 2017).

Çizelge 2.1 : Dünyadaki bazı baklagillerin ekim alanları ve üretim miktarları (FAO, 2017).

Yıllar	Mercimek		Nohut		Fasulye	
	Ekim alanı (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Ekim alanı (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Ekim alanı (1000 ha)	Üretim (1000 ton)
2012	4 193	4 491	12 321	11 519	29 141	24 449
2013	4 058	5 194	12 574	13 265	29 337	24 939
2014	4 020	4 700	13 839	13 356	30 337	26 798
2015	4 707	5 495	11 932	11 002	30 808	27 613
2016	5 392	6 557	12 648	11 267	34 188	28 783
2017	6 582	7 590	14 564	14 776	36 458	31 405

Türkiye'de en çok üretimi yapılan nohut, mercimek ve fasulye türlerinin dünya genelinde 2017 yılındaki üretimi Çizelge 2.2'de verilmiştir. Hindistan, yemeklik kuru tane bakımından fasulye ve nohut üreminde lider ülke durumundadır ve üretim miktarları sırasıyla 6 390 000 ve 9 075 000 tondur. Mercimek üretiminin en çok olduğu ülke ise Kanada'dır ve üretim miktarı 3 732 900 tondur. Ayrıca, Türkiye dünya genelinde önemli bir mercimek üreticisi olup Kanada ve Hindistan'dan sonra

gelmektedir ve üretim miktarı 2017 yılı itibariyle 430 000 ton olarak belirtilmiştir (FAOSTAT-CROPS, 2017).

Çizelge 2.2 : 2017 yılında dünyadaki önemli baklagil üreticileri (FAO, 2017).

Ürün	Ülke	Ekim alanı (1000 ha)	Üretim (1000 ton)
Nohut	Avustralya	1 069	2 004
	Hindistan	9 539	9 075
	Pakistan	971	330
	Türkiye	392	470
Mercimek	Kanada	2 467	3 732
	Hindistan	1 657	1 220
	Türkiye	292	430
	ABD	413	339
Fasulye	Brezilya	2 795	3 033
	Çin	807	1 333
	Hindistan	15 425	6 390
	Myanmar	3 182	5 466

Fasulyenin ve nohutun dünya çapında üretiminde Hindistan en fazla ekim alanına sahip ülkedir. Ayrıca, mercimek üretiminde ise ekim alanı en fazla olan ülke Kanada'dır (FAO, 2017).

Geleneksel gıda olarak tüketilen baklagillerin çoğunluğu, Hindistan, Pakistan, Bangladeş ve Myanmar gibi Güney Asya ülkelerinde, Brezilya ve Meksika gibi Latin Amerika'da ve Türkiye, İran, Mısır, Etiyopya ve Nijerya gibi Orta Doğu ve Afrika ülkelerinde kullanılmaktadır. Bu ülkeler, büyük nüfuslarla birlikte kişi başına düşen baklagil tüketiminin yüksek olduğu ve toplamda tüketiminin 26 milyon ile %62'sini oluşturmaktadır. Ayrıca, geleneksel tüketiciler olarak düşünülmeyen diğer ülkeler de baklagil kullanımında önemli rol oynamaktadır. ABD ve Çin'de yıllık yaklaşık 1,5 milyon baklagil tüketilmektedir. Çin'in nüfusu ABD'nin nüfusunun dört katından fazla olduğu için kişi başına düşen tüketim oldukça azdır (Solanki ve diğ., 2007).

Küresel olarak, toplam baklagil tüketimi artmaktadır. Gıda amaçlı küresel baklagil tüketiminin 1961'den itibaren %48 artarak 29 milyon tondan 2007'de 42,7 milyon tona ulaşmıştır. Fakat, son 40 yılda kişi başına düşen tüketim, 1961'de 9,5 kg iken 2007'de %46 düşüş göstererek kişi başına düşen baklagil tüketim miktarı azalmış olup 6,5 kg'dır (FAO, 2007).

Düşük gelire sahip insan gruplarının ve gelişmekte olan ülkelerin yaygın olarak tükettiği yemeklik tane baklagiller önemli besin kaynağıdır ancak, dünyada üretim miktarı önceki yıllara göre artmasına rağmen ortalama tüketim miktarları değerlendirildiğinde kişi başına düşen tüketim oldukça düşük olup fasulyede 3-4 kg,

bezelyede 1 kg iken mercimek ve nohut tüketiminde ise 1 kg'ın altındadır (FAO, 2009).

Türkiye ekolojik şartlar açısından baklagil üretimine uygun olup baklagillerin gen merkezi olarak kabul edilmektedir. Geleneksel olarak uzun zamandır üretimi yapılan baklagiller tarla bitkileri ekim alanları içinde tahıllardan sonra ikinci sıradadır (Bolat ve diğ, 2017). Türkiye genelinde 2018 yılı itibariyle 8,9 milyon dekar alanda 1,2 milyon ton baklagil üretimi gerçekleşmiştir (TÜİK, 2018).

Türkiye'de üretimi yaygın bir şekilde yapılan baklagil türleri nohut (%45), mercimek (%38) ve kuru fasulyedir (%17) (ZMO, 2011). Türkiye'de üretimi gerçekleştirilen baklagil çeşitlerinden nohut üretimi ilk sırada yer alırken bu ürünü mercimek ve fasulye takip etmektedir (TÜİK, 2018).

Dünyadaki mercimek, nohut ve fasulye üretim miktarından Türkiye sırasıyla %6, %3 ve %1 pay almaktadır (FAO, 2017). Türkiye'de son 6 yılda yetiştirilen mercimek, nohut, bakla, bezelye ve fasulye üretim miktarları Çizelge 2.3'te verilmiştir (TÜİK, 2018).

Çizelge 2.3 : Türkiye'de yetiştirilen bazı baklagillerin üretim miktarları (TÜİK, 2018).

Yıllar	Bakla (Ton)	Bezelye (Kuru)(ton)	Nohut (Ton)	Fasulye (Kuru)(Ton)	Mercimek*
2012	18 406	2 686	518 000	200 000	438000
2013	17 826	3 235	506 000	195 000	417000
2014	14 927	2 987	450 000	215 000	345000
2015	13 856	3 125	460 000	235 000	360000
2016	14 489	2 919	455 000	235 000	365000
2017	14 746	2 673	470 000	239 000	430000
2018	13 198	2 603	630 000	220 000	353000

*Kırmızı ve yeşil mercimek toplamıdır.

Türkiye'de 2018 yılında kuru baklagillerin ekildiği olduğu alan 8 879 229 dekar olup son 9 yıl içerisinde ekili olan alanların en fazlasıdır. Kuru baklagil üretimi 2018'de yıllık 1 225 220 ton civarında olup son 8 yılda üretilen en fazla miktardır (TÜİK, 2018).

Türkiye’de her yıl işlenen tarım alanlarının yaklaşık %3,9’luk bölümünde baklagiller yetiştirilmektedir (TUİK, 2018). İklimin elverişli olmasından dolayı baklagil üretimi ülke genelinde yayılmış olup Güneydoğu Anadolu (%39) ilk sırada yer alırken, Batı Anadolu (%15) ikinci sırada, Orta Anadolu ve Akdeniz (%12) üçüncü sırada yer almaktadır (TUİK, 2013). Türkiye’de genel olarak kırmızı mercimek üretiminin yapıldığı bölge Güneydoğu Anadolu, yeşil mercimek, kuru fasulye ve nohutun üretimlerinin yapıldığı yerler Orta Anadolu ve geçit bölgeleri, bezelye ve bakla üretimleri ise Ege ve Güney Marmara bölgelerinde yapılmaktadır (ZMO, 2011).

Baklagil üretimi son yıllarda dünya çapında ülkelerin biyoyakıt üretimi için mısır ve diğer bazı bitkileri teşvik etmeleri nedeniyle düşmüştür. Ayrıca, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yaşanan dönemsel kuraklık ve değişen tarım politikaları sebebiyle de baklagil üretimi ve elde etme verimi düşmektedir. Türkiye’de üretimi yapılan tarla bitkilerinden toplam alanın %74’ünü tahıllar oluşturken, baklagiller %8,3’ünü oluşturlar (TUİK, 2009).

Türkiye’de yıllık ortalama kişi başına düşen tüketim miktarları sırasıyla 4-5 kg mercimek, 5-6 kg nohut ve 3-4 kg fasulye olarak belirtilmiştir (Adak ve diğ, 2010). Ayrıca, 2015 yılı itibariyle yaklaşık 1 milyon baklagil tüketiminde 408 bin ton ile nohut en büyük paya sahip olup; nohutu 379 bin tonla kırmızı mercimek ve 265 bin tonla kuru fasulye takip etmektedir (Bolat ve diğ, 2017).

Hayvansal kaynaklı proteinlerin sınırlı ve yüksek maliyetli olmasından dolayı gelişmekte olan ülkelerde düşük maliyetli potansiyel protein kaynağı olan baklagillerin kullanımı dikkat çekmektedir (Wang ve diğ, 1997).

Baklagil insan sağlığı için birçok açıdan yararlı bir besin kaynağı olarak kabul edilmekte ve sağlık kuruluşları ve diyetisyenler tarafından temel besin kaynağı olarak tavsiye edilmektedir. Baklagiller insan perhizi için zengin vitamin, mineral içeriğine sahip olup ve önemli karbonhidrat kaynaklarıdır. Vejetaryenler/veganlar için önemli bir protein kaynağını temsil ederler ve düşük glisemik indeksli yiyecekler olduğu için tüketimi obezite, tip II diyabet, kalp ve damar hastalıklarının engellemesinde ve etkilerinin azalmasında rol oynamaktadır (Rizkalla ve diğ, 2002).

Baklagiller diyet lifi, dirençli nişasta ve oligosakkarit gibi kompleks karbonhidratlar içerir ve yüksek lisin oranına sahip iyi bir amino asit profiline sahiptir. Bundan dolayı, baklagiller besin değeri yüksek ve potansiyel sağlık yararı olan yiyecekler

olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, önemli vitamin ve mineraller olan B vitaminleri, folat ve demir içeren bakliyatlar antioksidan ve polifenoller açısından da zengin besin kaynağıdır (Tiwari ve diğ, 2011).

Baklagiller yüksek protein içeriğine sahip olup ve genel olarak yemeklik kuru baklagillerin protein içeriği %18-32 aralığında değişmektedir. Baklagillerin içerdiği karbonhidrat miktarları ise %55-65 aralığında değişmektedir. Kuru tane baklagiller düşük yağ oranına sahip olup genel olarak %1-6 aralığında yağ içermektedir (Boye ve diğ, 2010a).

Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilmekte olan baklagil çeşitlerinin besin ögeleri kompozisyonu Çizelge 2.4'te yer almaktadır (Sarioğlu ve Velioğlu, 2018). Çizelge 2.4 incelendiğinde mercimek türünün protein içeriği, demir (Fe), fosfor (P) ve niasin miktarları bezelye, nohut ve fasulyeden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, fasulye türü kalsiyum (Ca) ve toplam diyet lif miktarı ile öne çıkarken nohut türünün ise yağ miktarı fazladır.

Çizelge 2.4 : Baklagil besin ögeleri kompozisyonu (Sarioğlu ve Velioğlu, 2018).

	Fasulye (Dermason)	Nohut (Koçbaşı)	Mercimek (Yeşil)	Bezelye
Enerji (kcal)	281	334	299	309
Protein (g)	21.75	18.56	23.00	19.82
Karbonhidrat (g)	29.42	41.35	36.62	42.98
Yağ (g)	1.35	5.33	0.92	1.15
Toplam Diyet Lif (g)	32.17	23.03	25.99	23.65
Ca (mg)	141	99	64	125
Fe (mg)	4.71	5.92	7.77	6.79
P (mg)	367	397	415	295
B1 Vitamini (mg)	0.796	0.572	0.159	0.709
B2 Vitamini (mg)	0.181	0.164	0.148	0.186
Niasin (mg)	4.141	3.146	4.613	3.813

Değerler 100 gram üzerinden verilmiştir.

2.2 Mercimek

2.2.1 Mercimeğin tarihi ve sınıflandırılması

Mercimek tarihi tarım kadar eskidir (Helbaek, 1963). Kömürleşmiş mercimek kalıntıları Yunanistan'ın Franchthi mağarasında MÖ 11000 tarihli yıllarda

bulunmuştur ve bilinen en eski kalıntılardır. Kuzey İsrail'deki bir arkeolojik sit alanında M.Ö. 6800 yıllarına ait büyük ambarlar içerisinde mercimek tohumlarının bulunması, mercimek yetiştiriciliğinin tarımın önemli bir parçası olduğunu göstermektedir (Sandhu ve Singh, 2007).

Kömürleşmiş mercimek tohumları; Suriye'de Tell Ramand kentinde (MÖ 6250-5950), Ürdün'de Beidha'da, Türkiye Hacılar'da (MÖ 5800-5000) ve İran'da Tepe Sabz'da (MÖ 5500-5000) bulunmuştur (Helbaek, 1970; Van Zeist ve Bottema, 1971).

Mercimek yıllık gür yetişen bitkidir ve tohumları karakteristik olarak lens şeklindedir. Bundan dolayı *Lens culinaris* olarak adlandırılmıştır. Yaklaşık 40 cm boyunda büyür ve tohumlar kabuk içerisinde gelişir, genellikle her birinde iki tohum bulunur (Yadav ve diğ, 2007).

Tohum proteinlerinin elektroforetik çalışmalarına göre, 11'i *Lens culinaris*, altısı *Lens orientalis*, dördü *Lens ervoides* ve farklı dağılım bölgelerine ait bir grup olan *Lens nigricans* ile birlikte toplamda 22 tür mercimek profili bulunmaktadır (Sandhu ve Singh, 2007).

Mercimek tohumları bütün tane olarak veya kabuklarından ayrılmış şekilde tüketilmektedir. Büyük tohumlu (makrosperma) ve küçük ile orta boy tohumlu (mikrosperma) iki tip mercimek vardır. Ayrıca, tohumların rengi geniş yelpazeye sahip olup kırmızı, kahverengi, yeşil ve beyaz olarak değişmektedir. Mercimek tohumları nispeten diğer baklagillere göre daha fazla protein (%25), karbonhidrat ve kalori içermektedir (Muehlbauer ve diğ, 1985).

2.2.2 Mercimek üretiminin küresel ve Türkiye'deki durumu

Mercimek üretimi küresel anlamda yaygın bir şekilde Amerika ve Asya ülkelerinde yapılmaktadır (Bolat ve diğ, 2017). Kanada, Hindistan, Türkiye, ABD ve Çin'de en çok mercimek ekimi ve üretimi gerçekleşen ülkelerdir (TEPGE, 2017). Avustralya ve Hint yarımadasında daha çok kırmızı mercimek üretimi hakimdir. Ayrıca, Türkiye Suriye'ye benzer olarak çoğunlukla kırmızı mercimek ve aynı zamanda yaklaşık %6 yeşil mercimek üretimi yapmaktadır. Düşük fiyatlardan dolayı yeşil mercimek üretiminde ise bir gerileme yaşanmıştır. Kırmızı ve yeşil mercimek üretimi küresel üretimdeki büyük payı oluşturmaktadır fakat Fransız yeşili ve çok küçük çapta siyah mercimek gibi üretilen diğer mercimek türleri de vardır. Ayrıca, Bölgelerde ithal

edilen ve tüketilmekte olan mercimek türü bölgesel tercihlere bağı olarak değişebilmektedir. Buna örnek olarak, İspanya koyu renkli mercimek tercih ederken, Cezayir ise iri yeşil mercimek tercih etmesi verilmektedir (Mcneil ve diğ, 2007).

Mercimek 1961'de küresel anlamda 900 000 ton üretilmiş olup o zamandan itibaren üretimi üç kattan fazla artarak 2008'de 3,5 milyon ton mercimek üretilmiştir. Üretimdeki büyüme, büyük ölçüde Kanada, Hindistan ve Türkiye'deki üretimin artmasından kaynaklanmaktadır (FAO, 2008).

Mercimek 2000 ile 2005 yılları arasında uluslararası ticareti yapılan küresel mahsül üretiminde %33 pay oluşturmaktadır. Kanada bu dönemde küresel ihracatın %39'unu karşılayarak dünya ticaretine hâkim olurken, Türkiye %14, Avustralya %15, Hindistan %11, ABD %8 ve Suriye %3 üretimle dünya ticaretine dahil olmuşlardır (FAOSTAT, 2007).

Baklagil yılı olarak ilan edilen 2016 yılında ise, mercimek üretimini 3,2 milyon ton ile Kanada, 1,3 milyon ton ile Hindistan ve 365 bin ton ile Türkiye toplam mercimek üretiminin %74'ünü karşılamaktadır (TAGEM, 2018).

Mercimek birçok ülkede yetiştirilmesine rağmen Hindistan, Kanada ve Türkiye en çok üretim yapan üç ülkedir ve 2017 yılında genel anlamda dünyada 6 582 779 hektar alanda 1,2 ton/hektar verimle 7 590 761 ton mercimek üretimi gerçekleşmiştir (FAO, 2017).

Türkiye'deki toplam baklagil ekim alanlarının %36,7'sini mercimek ekim alanı oluştururken, üretim miktarı olarak ise toplam baklagil miktarının %37,1'ini mercimek üretimi oluşturmaktadır. Toplam mercimek üretiminin %93'ünü kırmızı mercimek, %7'sini ise yeşil mercimek oluşturmaktadır (TUİK, 2017).

Türkiye'de yeşil mercimek üretiminin yapıldığı alanlar incelendiğinde %28 ile Orta Anadolu Bölgesi ilk sırada yer alırken onu Batı Karadeniz %25, Ege %19, Batı Anadolu %18 ve Akdeniz Bölgesi %4 ile takip etmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise kırmızı mercimek üretiminin %98'i yapılmaktadır (GAPUTAEM, 2013).

Kırmızı mercimek üretiminin en fazla yapıldığı iller Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin'dir. Ayrıca, yeşil mercimek üretimi ise en çok Yozgat, Çorum ve Konya'da yapılmaktadır (TEPGE, 2017).

Türkiye'de mercimek üretimine bakıldığında, kırmızı ve yeşil mercimeğin 2018 yılında toplam ekili olduğu alan 2 772 277 dekar ve yeşil mercimeğin son 10 yılın en fazla ekili olduğu alan 341 625 dekar olarak belirlenmiştir. 2018'de üretilen kırmızı mercimek ve yeşil mercimek miktarı sırasıyla 310 000 ve 43 000 ton civarındadır (TÜİK, 2018).

Türkiye'de 2015-2016 üretim döneminde mercimek tüketimine bakıldığında; toplam kırmızı mercimek tüketimi 379 bin ton civarı olup kişi başına düşen tüketim miktarı 4,8 kg'dır. Toplam yeşil mercimek tüketim miktarı 42 bin ton olup kişi başına düşen tüketim miktarı ise 0,5 kg'dır (TEPGE, 2017).

2.2.3 Mercimeğin besinsel değeri

Mercimek tohumları zengin besin kaynağı olup kalsiyum, fosfor, demir ve B vitamini içermektedir. Mercimek tohumları dünya çapında çeşitli mutfaklarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ana yemekler, garnitürler, gözleme ve pilavlı salatalarda filizlenmiş tane olarak kullanılmaktadır. Mercimek ayrıca başka kullanımlar için kızartılıp baharatlandırılarak tüketilmektedir. Diyet lifi kaynağı olarak birçok Orta Doğu ülkesinde ve Hindistan'da kullanılmaktadır. Mercimek unu olarak ise çorba, güveç ve püre yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, yine mercimek unu olarak ekmek, kek yapımında ve bebek maması hazırlamada diğer tahıllarla karıştırılıp kullanılmaktadır (Williams ve Singh, 1988).

Mercimek yüksek besleyici içeriğinin yanı sıra mide ve bağırsaklarda şişkinliğe sebep olan proteaz inhibitörleri, lektin ya da fitohemaglutinin gibi antibesinsel faktörleri de içerebilmektedir. Bu antibesinsel faktörler su ile ıslatma, pişirme ve çimlenme gibi işlemlerle en az seviyelere indirilmektedir (Jumbunathan ve diğ, 1994). Tanenler ise antibesinsel faktörlerdir ve mercimek kabuğunda bulunmaktadır. Tanenler mercimek tohumlarının kabuk ayırma işlemi sırasında uzaklaştırılmış olur. Baklagiller genel olarak yüksek konsantrasyonlarda antibesinsel bileşikler içerirken mercimek tohumları bu bileşikler en az miktarda içeren baklagil türüdür (Williams ve diğ, 1994).

Mercimeğin kurutulmuş yaprakları, sapları, kabukları, kabuk duvarları gibi bitki artıkları harman edildikten sonra zengin hayvan yemi kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu artıklar %10,2 oranında nem, %1,8 yağ, %4,4 protein, %50 karbonhidrat, %21,4 lif ve %12,2 kül içermektedir. Mercimek tohumları ayrıca

tekstil için ticari nişasta ve baskı kaynağı olarak sanayi tarafından kullanılmaktadır (Yadav ve diğ, 2007).

Soya fasulyesinden sonra %25 protein oranı ile en yüksek protein oranına sahip baklagil çeşidi mercimektir ve bu nedenle dünyanın birçok yerinde ve özellikle büyük vejetaryan popülasyonunun bulunduğu Güney Asya ülkelerinde insan diyetinin önemli bir parçasıdır (Singh, 1999).

Mercimek tohumları ve özellikle kabuğundan ayrılmış kırmızı mercimek çeşitleri kısa sürede pişmekte ve kendilerine özgü farklı tatlara sahiptir. Bunun nedeni ise hasat edilme zamanı, depolama süresi ve iklim koşullarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır (İliadis, 2001). Mercimek Akdeniz'in birçok bölgesinde ve Orta Doğu'da birçok öğünün ana yemeği olarak kullanılırken, Avrupa ve Kuzey Amerika'da popüler olan maliyeti düşük ve besleyici çorbalar yapmak için kullanılmaktadır (Kay, 1979).

Çölyak hastalığı genetik bir rahatsızlık olup buğday, arpa ve yulafda bulunan gluten proteininin sindirilememe rahatsızlığıdır ve ince bağırsaklara zarar vermekte olup besinlerin emilimini engelleyip hastalarda gluten hassasiyetine sebep olmaktadır. Mercimekten elde edilen un glutensiz olduğundan dolayı çölyak hastalığı olan bireyler için buğdaya besleyici alternatif bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Mercimek iyi bir protein ve demir kaynağı olup tahıl ve kuruyemişlerin amino asit profilini tamamladığından dolayı vejetaryen diyetler için uygun bir besin deposudur (Rani ve Kawatra, 1994; Iqbal ve diğ, 2006). Ayrıca, mercimek mükemmel bir B₉ vitamini (folik asit) ve lif kaynağıdır. Çözünür olmayan lif tüketimi kolonun sağlıklı bir şekilde korunmasına yardımcı olup kolon kanseri riskini azaltmaktadır. Lif içeriği yüksek diyetler tokluk hissi verdiğinden dolayı sağlıklı bir şekilde zayıflamaya yardımcı olmaktadır (Dülger ve Şahan, 2011).

Mercimeğin protein içeriği genetik faktörlere ve çevresel koşullara göre değişebilmektedir. (Bhatty, 1984). Mercimek çeşitlerinin içerdiği protein miktarı %22–30 arasında değişmekte olup; 100 gram kurutulmuş mercimek ununda yaklaşık 340-346 kalori, %12 nem, 20,2 g protein, 0,6 g yağ, 65 g toplam karbonhidrat, yaklaşık 4 g lif, 2,1 g kül, 68 mg kalsiyum, 325 mg fosfor, 7 mg demir, 29 mg sodyum, 780 mg potasyum, 0,46 mg tiamin, 0,33 mg riboflavin, ve 1,3 mg niacin bulunmaktadır (Syham ve diğ, 2007).

2.2.4 Yerel mercimek türleri

Bu çalışmada kullanılan yerel tohumlar; kırmızı mercimek çeşidi olan Tigris ve Çağıl, yeşil mercimek çeşidi olan Ceren ve Yusufhan'dır. Ayrıca, yöresel üreticilerden temin edilen Kahverengi mercimek de bu çalışmada kullanılmıştır.

Tigris

Kotiledon rengi kırmızı ve tane kabuk rengi ise pembe olan mercimek çeşididir. Ortalama 1000 tanenin ağırlığı 25,3-37,3 g aralığındadır. Büyüme tabiatı kışlık olup 2013 yılında tescillenmiştir (GAPUTAEM, 2012). Güneydoğu Anadolu Tarımsal Enstitüsü'nden (Diyarbakır) temin edilmiştir.

Çağıl

Kotiledon rengi kırmızı olup tane kabuk rengi ise koyu kahverengi üzerine siyah noktalı olan çeşittir. Ortalama 1000 tanenin ağırlığı 31-40 g aralığındadır. Büyüme tabiatı kışlık olup 2006 yılında tescillenmiştir (Öktem, 2016). Güneydoğu Anadolu Tarımsal Enstitüsü'nden (Diyarbakır) temin edilmiştir.

Ceren

Kotiledon rengi sarı olup tane kabuk rengi ise yeşil olan mercimek çeşididir. Ortalama 1000 tane ağırlığı 28,8-32,9 aralığındadır. Büyüme tabiatı kışlık olup 2012 yılında tescillenmiştir. Ayrıca, Orta Anadolu ve geçiş bölgeleri için üretimi tavsiye edilmiştir. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden (Ankara) temin edilmiştir (TBMAE, 2014).

Yusufhan

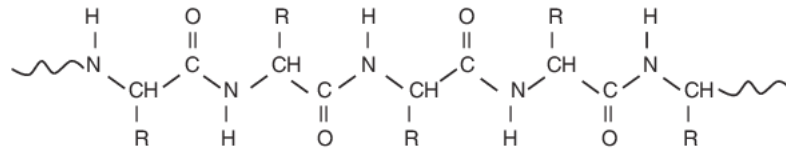
Kotiledon rengi sarı olup tane kabuk rengi ise yeşil olan mercimek çeşididir. Ortalama 1000 tane ağırlığı 53,2-70,1 aralığındadır. Büyüme tabiatı kışlık olup 2012 yılında tescillenmiştir. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden (Ankara) temin edilmiştir (TBMAE, 2014).

Kahverengi Mercimek

Doğu Anadolu bölgesine özellikle Malatya yöresine ait olan Kahverengi mercimek *Lens culinaris Medikus* türüne aittir. Tane kabuk rengi koyu kahverengidir. Boyut olarak ise yeşil mercimekten daha küçük ve daha yuvarlaktır (Okumuş, 2015).

2.2.5 Proteinler

Protein, tüm canlı organizmalarda bulunmaktadır ve oldukça karmaşık yapıya sahip olup insan diyetinde önemli besin kaynağıdır ve doğrudan yaşam için gerekli kimyasal reaksiyonlara doğrudan dahil olurlar. Proteinler, bir veya daha fazla polipeptit zincirden oluşan makromoleküllerdir. Polipeptitler Şekil 2.1’de gösterildiği gibi amino asitlerin peptid (amid) bağlarıyla birbirine bağlanmasıyla oluşan zincirlerdir. Amino asitler döner optik aktivitelere göre D veya L konformasyonunda bulunurlar. Ancak, amino asitler doğada yaygın halde L konformasyonu halinde bulunurlar (Barbana ve Boye, 2012; Walsh, 2015a).



Şekil 2.1 : Peptid bağıyla bağlanmış amino asitler.

Yapıları karmaşık olan proteinlerin peptid zincirinin konfigürasyonu için birincil, ikincil, üçüncül ve kuaterner yapı terimleri kullanılmaktadır. Birincil yapı amino asitlerin doğrusal olarak dizilimi için kullanılmaktadır. Polipeptitlerin birincil yapıları, 20'ye kadar farklı amino asit monomerini içeren önceden kesin olarak tanımlanmış genellikle dallanmamış polimerlerdir. Proteinlerin birincil yapıları amino asit dizisini verirken ikincil yapı ise proteini oluşturan amino asit zincirinin uzaydaki yapı düzenlemesini belirtmektedir. İkincil yapı, amino asitlerin yapısını oluşturan atomların arasındaki bağlarla oluşan katlanmış yapıyı ifade etmektedir. Bilinen en önemli ikincil yapılar α -sarmalı ve β -levhasıdır. Ayrıca, ikincil yapı temel olarak hidrojen bağlarıyla kuvvetlenmiştir. Proteinler, termodinamik kararlılık için ikincil yapıları, elektrostatik ve hidrofobik etkileşimleri, hidrojen bağı ve disülfid çapraz bağlarını içererek üçüncül yapı olarak kendilerini düzenlerler. Son olarak, kuaterner yapı iki veya daha fazla alt birimin kovalent olmayan bağlar tarafından stabilize edilerek oluşturduğu dörtlü yapılardır (Belitz, 2009; Barbana ve Boye, 2012; Walsh, 2015b;).

Gıda içerisinde bulunan proteinler amino asitler gibi yalnızca yapıcı ve enerji verici bileşikler olmayıp aynı zamanda kendi başlarına biyolojik olarak aktif rol oynayabilir ve çeşitli fizyolojik fonksiyonlara sahip biyolojik olarak aktif peptidlerin öncüleri olabilmektedirler. Proteinleri oluşturan 20 amino asitten 8'i esansiyel amino asittir ve

diyetle zorunlu olarak alınması gerekmektedir. İnsanların dışardan alması mecburi olan esansiyel amino asitler: histidin, lösin, izolösin, valin, treonin, metiyonin, fenilalanin, triptofan ve lisindir. Bitkisel proteinler, hayvansal proteinlerin aksine, bütün esansiyel amino asitleri gerekli oranlarda içermeyebilir (Oomah ve diğ, 2011).

Amino asitler asidik, bazik, sülfür içeren, hidroksilik, alifatik ve hidrofobik olarak sınıflandırılabilir. Belirli bir proteindeki amino asit sayısı ve türü farklı pH değerlerinde boyutunu ve net yükünü belirlemektedir. Proteinlerin molekül ağırlığı, amino asitlerin sayısına bağlı olarak 10 000 dalton ve 1 milyon dalton arasında değişmektedir. Protein çözeltilerinde tuz varlığı ve pH değeri gibi çevresel koşullar net yükü değiştirmektedir. Proteinlerin izoelektrik noktaları net yükün sıfır olduğu pH değeri olarak tanımlanmaktadır. Proteinlerin yük ve boyut özellikleri ekstraksiyonda kullanılan işleme koşullarında kritik rol oynamaktadır (Barbana ve Boye, 2012).

2.2.5.1 Bitkisel proteinler

Bezelye, nohut, fasulye ve mercimek gibi farklı bakliyat türleri çeşitli konsantrasyonlarda esansiyel amino asit içeren yaklaşık %17-30 aralığında protein oranına sahiptir (Boye ve diğ, 2010a).

Baklagiller, zengin protein kaynağıdır ve bu bitkisel proteinler temel besin kaynağı olmasının yanı sıra günümüzde çok yönlü fonksiyonel bileşenler veya biyolojik olarak aktif bileşenler olarak da kabul edilmektedir (Oomah ve diğ, 2011).

Sağlıklı beslenme ve gıdaların işlevselliğinin popülerlik kazanması, temel olarak tüketici talepleri ve sağlık uzmanlarının yaygın beslenme durumu olan hayvansal gıdaların fazla tüketiminin bitkisel proteinlerle değiştirilmesi gerektiğini savunmaları bitkisel proteinlere olan ilginin artmasına ve gıda endüstrisinin ihtiyaçlarını iyileştirmesine katkı sağlamaktadır (Guillon ve Champ, 1996).

Kişisel tercihler ve yetersiz beslenen nüfusun besinsel ihtiyaçlarının karşılanması açısından unlu mamüllerde buğday proteinin kalitesi lisin içeren takviyelerin eklenmesiyle artırılabilir. Baklagil proteinleri, neredeyse tüm temel amino asitleri sağladıkları için yüksek kaliteye sahip protein grubudur. Bakliyalardaki yüksek lisin ve düşük metiyonin, sistein ve triptofan içerikleri, lisin bakımından fakir olan ve kükürt içeren amino asitler açısından nispeten zengin olan buğday proteinlerini tamamlar. Baklagil proteinleri besleyici olmalarının dışında, son ürün

uygulamalarında yapısal olarak ve ağızda bıraktığı izlenim açısından önemli rol oynayan çözünürlük, jelleşme ve su bağlama gibi özelliklere sahiptir (Duranti, 2006; Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Baklagillerden elde edilen protein konsantre ve izolatları temel amino asit ve sağlığı geliştiren polipeptid gibi besinsel kaliteyi arttıran fonksiyonel içeriklere sahiptir. Ayrıca, bu fonksiyonel özellikler son ürün uygulamalarında yapı, tekstür, aroma ve renk gibi duyuşsal özelliklerin iyileşmesine de katkı sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde soya proteini, buğday proteini ve peynir altı suyu proteinleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, üreticiler ve tüketiciler allerjen, helal tüketim, vegan ve vejetaryen beslenme biçimi gibi diyet kısıtlamaları ve tercihleri nedeniyle alternatif kaynaklara yönelim artmaktadır (Carbonaro ve diğ, 2014).

Çölyak hastalığına sahip ve gluten tüketimine karşı hassas olup alerjik reaksiyon geliştiren insanlar için hazırlanan ürünlerde glutenin sağladığı yapı ve yoğurma, mayalama ve pişirme sırasında düzgün gelişme göstermesi baklagillerden gelen proteinlerle de sağlanabilmektedir (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011). Bezelye protein izolatının %1 ve %6 oranında glutensiz hamura eklenerek; gluten proteinin yokluğunda ufalanan doku, zayıf ekmek rengi, yapıyı sağlama ve gazı tutmak için glutenin viskoelastik özelliklerini tolere edilebilirliği test edilmiştir. Bezelye proteinin eklenmesiyle elde edilen ürünün reolojik, yapısal ve beslenme açısından glutensiz hamurun gelişmesine katkı sağladığı görülmüştür (Mariotti ve diğ, 2009).

Bitkisel proteinler, depolama proteinleri olarak çeşitli çözücülerdeki çözünürlüğe ve ekstrakte edilebilirliklerine dayanarak Osborne (1924) tarafından sınıflandırılmıştır. Albüminler, globülinler, prolamınler ve glutelinler olarak dört ana protein sınıfa ayrılmıştır ve 'Osborne fraksiyonları' olarak bilinmektedir. Albüminler suda çözünebilir ve ısı ile pıhtılaşırken globülinler ise suda çözünmeyip tuzlu çözeltilerde çözünmektedir. Prolaminler ise su veya tuzlu su çözeltilerinde çözünmezken, hacimce %60-70'lik konsantre sulu alkol solüsyonlarında çözünüp ve ekstrakte edilebilir (Oomah ve diğ, 2011). Albümin ve globülinler baklagillerde bulunan proteinlerin büyük kısmını oluşturmaktadır (Boye ve diğ, 2010a).

Albümin

Albüminler tahıl tohumlarının depolama proteinlerinin küçük bir kısmını oluşturken, baklagillerde daha fazla bulunmaktadır. Albüminler, moleküler ağırlığı 4000 ve 9000 Dalton arasında değişen iki polipeptit zincirinin disülfid bağlarıyla oluşturduğu

küresel proteinlerdir. (Oomah ve diğ, 2011). Ayrıca, albümin proteinleri, bezelye ve acı bakla gibi baklagillerden elde edilen tohumlardaki toplam protein miktarının %10 ila 30'unu oluştururken, baklagil içerisindeki toplam kükürt miktarının %50'den fazlasını oluşturmaktadır (Day, 2013).

Globülin

Bitki depolama proteini olan globülinler, tahıllarda düşük miktarda bulunurken soya fasulyesi, bezelye ve lupinler gibi baklagillerin ana protein fraksiyonudur. Ancak globülinlerin konsantrasyonu baklagil çeşitliliğine bağlı olarak değişebilmektedir. Albümin proteinleri daha fazla sülfür içeren amino asitlere sahipken, baklagillerde bulunan globülin proteinleri sülfür içeren sistein ve metiyonin amino asitlerini daha az miktarlar içermektedir (Day, 2013).

Globülin kuru tane baklagillerinde en fazla miktarda bulunan depolama protein sınıfıdır ve sedimantasyon katsayılarına (S) göre genellikle 7S ve 11S globülinler olarak sınıflandırılır. Bezelye 7S ve 11S globülinleri sırasıyla vicilin ve legumin olarak adlandırılır, böylece diğer tohumların karşılık gelen proteinleri genellikle visilin ve legumin benzeri globülinler olarak tanımlanır. 7S proteinleri oligomerik proteinlerdir ve genellikle trimer yapıdadır. 11S proteinleri de oligomerik proteinlerdir, ancak genellikle heksamerler oluştururlar (Duranti ve Gius, 1997).

Baklagillerin çoğunun ana depolama proteinleri 11S globülinleridir ve tipik olarak kovalent olmayan şekilde etkileşime giren 6 alt birim çiftten oluşan heksamerlerdir. Bu alt birim çiftlerinin her biri, 40 000 daltonluk asidik alt birim ve 20 000 daltonluk bazik alt birimin disülfid bağ ile bağlanmasıyla oluşur. Her bir alt ünite disülfid bağ oluşumundan sonra ayrılır. 7S globülinleri ise tipik olarak 150 000 ile 190 000 dalton arasında değişen proteinlerdir ve eksik sistein kalıntılarından dolayı disülfid bağları oluşturamazlar (Oomah ve diğ, 2011).

Baklagil türlerinin sahip olduğu farklı albümin/globülin oranları, protein fraksiyonu açısından önemli değişikliklere sebep olmaktadır. Mercimek, siyah mercimek, Fransız fasulyesi ve nohut için albümin/globülin oranları sırasıyla 1/3, 1/6.3, 1/3 ve 1/4 olarak bildirilmiştir (Gupta ve diğ, 1993).

Farklı bakliyat türlerinden elde edilen proteince zengin konsantre ve izolatların fonksiyonel özelliklerinin değişkenlik göstermesi albümin/globülin oranındaki

farklılık ve aynı zamanda visilin/legumin oranındaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Prolaminler

Prolaminler tahıllardaki başlıca depolama proteinleridir ve pirinç dışındaki diğer tahılların toplam proteinlerinin yaklaşık %50'sini oluştururlar. İsim olarak prolaminlerin kullanması tahıl proteinlerinde yüksek prolin ve glutamin içeriğini yansıttığından dolayıdır (Day, 2013).

2.2.5.2 Protein İzole Etme Yöntemi

Baklagil kuru tohumlarından protein elde etme amacıyla çeşitli işleme teknikleri uygulanmakta ve protein bakımından zengin konsantrasyonlar ve izolatlar elde edilmektedir. Elde edilen proteince zengin bu malzemeler protein ekstraksiyonu sırasında sıcaklık, tuz içeriği ve pH gibi koşullara bağlı olarak protein miktarında ve içeriklerinde farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca, bu farklılıklar elde edilen protein konsantre ve izolatların son ürünlerdeki fonksiyonel özelliklerinin farklı olmasına neden olabilmektedir (Barbana ve Boye, 2012).

Baklagillerden daha fazla faydalanmak amacıyla sırasıyla yaklaşık %70 ila %90 protein içeren konsantreler ya da izolatlar gibi protein bakımından zengin bileşenlerin hazırlanmasında kullanılan yöntemler hava ile sınıflandırma ve sulu protein ekstraksiyon yöntemleridir. Ekstrakte edilmiş protein moleküllerinin ikincil, üçüncül veya kuaterner yapıları protein ekstraksiyon ve geri kazanım proseslerinden etkilenebilmektedir ve bunun sonucunda elde edilen proteinlerin fonksiyonel özellikleri hazırlama yöntemine bağlı olarak değişebilmektedir (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Hava ile sınıflandırma, proteinlerin hafif ince parçacıklı ve nişastanın ağır büyük moleküllere sahip olmasından faydalanılarak baklagil unlarını protein ve nişasta bakımından zengin iki fraksiyona ayırmaktadır. İşlem, bütün veya kabuğundan ayrılmış tohumların öğütülmesini ve daha sonra ardından spiral hava akımıyla iki fraksiyonun ayrılmasını içeren kuru ekstraksiyon yöntemidir. Elde edilen protein fraksiyonunun saflığı baklagil türüne veya baklagil ununun nem miktarına göre değişkenlik göstermektedir. Proteince zengin unlar ve konsantrelerin protein miktarı en az %40 ve en çok %75,1 aralığında değişmektedir. Ayrıca, hava ile ayırma metodu kullanılarak elde edilen proteinin verimi baklagil türüne göre değişkenlik

gösterirken bu yöntem maş fasulyesi ve mercimek için uygun olup lima fasulyesi ve börülce için uygun olmadığı belirtilmiştir (Tyler ve diğ, 1981; Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011; Barbana ve Boye, 2012).

Hava sınıflandırma metodu yağ içeriği yüksek olan soya fasulyesi gibi baklagillerde topaklanmaya sebep olduğu için verimli bir şekilde uygunamamaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda yağ miktarı az olan baklagil proteinlerini ayırmak için uygun bir metottur (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Mevcut olan alkali, asidik ve tuz ile protein ekstraksiyonu gibi sulu yöntemlerden birinin uygulanmasıyla baklagillerden %80-90 ve daha yüksek protein içerikli izolatlar elde edilebilmektedir. Bu yöntemler, öncelikle öğütülmüş baklagil unundan yağını hekzan ile ayırarak daha sonra 1:5 ile 1:20 aralığında değişen un:su oranıyla çözündürüp geri kazanım işlemlerinden sonra suyu uzaklaştırıp izolat elde edilmesini içerir. Proteinlerin genellikle birçoğu ve özellikle baklagil proteinleri, alkali ya da asidik koşullarda nispeten yüksek oranda çözündüğünden, öğütülmüş baklagil unundan protein ekstraksiyonu alkali koşullarda (pH 8 ile 10) ve asidik koşullarda (pH 4 ve altı) uzun süreli karıştırma sonrası izoelektrik çöktürme ile kolaylıkla elde edilmektedir (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011; Barbana ve Boye, 2012;).

Karıştırma sonrası albümin ve globülin fraksiyonlarına ait bir protein çözeltisi elde edilir. Çözünür halde bulunan ekstrakte edilmiş proteinler genel olarak izoelektrik çöktürme ile globüllerin minimum çözünürlük gösterdiği pH değeri 4,5 civarına ayarlanarak veya ultrafiltrasyonla konsantre edilerek izolat elde edilmektedir. Püskürtmeli kurutucu veya dondurularak kurutma yoluyla toz halindeki protein izolatları elde edilmektedir (Boye ve diğ, 2010a).

Mercimek unundan farklı pH değerlerinde ve farklı un:su oranlarında protein izole etme yönteminin son ürünün verimine ve protein miktarına etkisinin incelendiği çalışmada, en iyi sonucun pH 9 değerinde 1:10 un:su oranında 1 saat karıştırma sonucu elde edilmiştir ve 100 g undan protein oranı %82 olan 14,5 g protein ekstraktı elde edilmiştir (Jarpa-Parra ve diğ, 2014). Un ve çözücünün miktar oranı, pH değeri ve karıştırma süresi protein elde edilebilirliğini etkileyen en temel faktörlerdir (Barbana ve Boye, 2012).

2.2.6 Baklagil Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri

Proteinler, amino asit içeriğiyle insan beslenmesinin temelini oluşturmalarının dışında gıda ürünlerinin kalite ve duyu özelliklerine katkı sağlayan gıda ürünlerinin hazırlanması, işlenmesi, depolanması ve tüketilmesi aşamalarında fiziksel fonksiyonel açıdan da önemli role sahiptir (Day, 2013).

Gıdalardaki proteinin başlıca fonksiyonel özellikleri; çözünürlük, su ve yağ bağlama kapasitesi, jel oluşturma ve reolojik davranışlar, emülsiyon ve köpük oluşturma özellikleridir (Day, 2013).

Boye ve diğ. (2010a) farklı gıda formülasyonlarına baklagillerden elde edilen proteinlerin eklenebilmesi açısından değişik pH değerlerinde çözünürlüğünün yüksek olması ve fonksiyonel özelliklerini en iyi şekilde gösterebilmesinin gıda uygulamaları açısından önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Mercimek proteinlerinin çözünürlüğü, kullanılan ekstraksiyon çözeltisinin pH değerine bağlı olarak çok fazla değişkenlik gösterebilmektedir. Mercimek proteinleri diğer baklagillere benzer şekilde en düşük çözünürlük gözlenen pH 4,0-6,0 arasında nispeten geniş bir izoelektrik aralığa sahiptir (Urbano ve diğ, 2007).

2.2.6.1 Bitkisel Kaynaklı Proteinlerin Çözünürlüğü

Sulu çözeltilerde, proteinlerin çözünürlüğü emülsiyon ve köpük oluşturma gibi diğer fonksiyonel özelliklerini gösterebilmeleri açısından önemli bir ön koşuldur. Protein çözünürlüğünü etkileyen faktörler pH, iyonik kuvvet, çözücü türü ve sıcaklıktır. Proteinler en az çözünürlüğü izoelektrik noktalarında gösterirler. Bitkisel proteinlerin özellikle albuminler ve globülinlerin izole edilmesinde kullanılan yöntem izoelektrik nokta prensibine dayanmaktadır. Kısaca; proteinler asit, alkali veya tuzlu solvent içerisinde izoelektrik noktalarından uzakta çözdürüldükten sonra proteinin pH'ını hedef izoelektrik noktaya ayarlayarak çökeltirir. İzole edilmiş soya, bezelye, nohut ve mercimek gibi proteinler nötr pH'da iyi protein çözünürlüğüne sahiptir (Day, 2013; Chéreau ve diğ, 2016).

Proteinlerin çözünürlüğü protein moleküllerinin hidrofiliklik ve hidrofobiklik dengesine bağlıdır. Moleküler düzeyde apolar veya polar amino asitlerin kompozisyonu açısından oluşan farklılıkları protein-protein arası ve protein-çözücü

arasındaki termodinamikliği etkileyerek protein çözünürlüğünde önemli rol oynamaktadır (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Emülsiyon oluşturma, köpük oluşturma ve jelleşme gibi fonksiyonel özellikler proteinlerin çözünürlüğü ile yakından ilişkilidir. Ayrıca çeşitli ürün uygulamalarında proteinlerin bileşen olarak kullanılabilirliği çözünürlüğün yüksek olmasıyla gerçekleşmektedir (Day, 2013).

Mercimek proteinlerinin farklı gıda ürünlerine entegrasyonu için çözünürlük en önemli parametredir. Bunun en temel sebebi ise, protein çözünürlüğünün, emülsiyon oluşturma kapasitesi ve stabilitesi, köpük ve jel oluşturma kapasitesi gibi diğer önemli fonksiyonel özelliklerini verimli bir şekilde gösterebilmesini etkilemesidir (Urbano ve diğ, 2007).

Baklagillerinden elde edilen konsantre veya izolatların temel proteinleri globülinlerdir ve yapısal olarak nispeten hidrofobiktir. Bu hidrofobik globülinler, elektrostatik itme ve moleküllerin iyonik hidrasyonunun minimum olduğu protein izoelektrik noktasına yakın pH ortamlarında düşük çözünürlük sergileme eğilimindedir (Day, 2013).

Bakliyalardan alkali ekstraksiyonla çözdürülen ve izoelektrik çöktürme veya ultrafiltreasyon metotlarıyla geri kazanılan konsantre veya izolatların çözünürlüğü pH 4 ile 6 arasında çok düşüktür. Asidik, bazik ve nötr pH değerlere çekildiğinde ise çözünürlük hızlı ve belirgin bir şekilde artmaktadır (Bora, 2002; Ladjal-Ettoumi ve diğ, 2015).

2.2.6.2 Bitkisel proteinlerin su ve yağ tutma kapasitesi

Su ve yağ tutma kapasitesi, sırasıyla protein miktarının birim ağırlığına bağlı olarak emdiği veya taşıyabildiği su ve yağ miktarı olarak tanımlanmaktadır. Genellikle, gram protein başına emilen ya da tutulan su ve yağ gramı olarak ifade edilmektedir. Proteinlerin, ürün işleme ve depolama sırasında sıvı sızıntısını ne kadar önlenebileceği hakkında fikir veren önemli bir parametredir (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Mercimek, nohut, bezelye ve bakla gibi baklagillerden hazırlanan protein izolatları ve konsantreleri için su tutma kapasitesi gram protein başına düşen su miktarı olarak en düşük 0,6 ve en yüksek 4,9 g olarak belirtilmiştir (Fernandez-Quintela ve diğ, 1997; Kaur and Singh, 2007; Boye ve diğ, 2010a). Bu da baklagil çeşitlerinin ve aynı

cinse ait baklagillerin farklı türlerinin fonksiyonel özelliklerini etkilediğini göstermektedir. Baklagil çeşitlerinden kaynaklanan bu farklılıklara ek olarak geri kazanım metodunda su tutma kapasitesini etkileyebileceği belirtmiştir (Boye ve diğ, 2010a).

Su tutma kapasitesine benzer olarak, çeşitli baklagil proteinlerinin yağ tutma kapasitesi 1 ila 3,9 g yağ/g protein arasında değişmektedir ve bu farklılıklar baklagil çeşidine, aynı cinse ait türlere ve protein elde etme yöntemine bağlıdır (Paredes-Lopez ve diğ, 1991).

2.2.6.3 Bitkisel proteinlerin emülsiyon oluşturma özellikleri

Emülsiyonlar, yağ ve su gibi iki veya daha fazla birbiri içerisinde çözünmeyen sıvının oluşturdıkları sistemlerdir. Protein gibi emülgatörler varlığında, sürekli olmayan faz sürekli bir faz içerisinde damlacık halinde dağılmıştır. Süt ve yumurta proteinleri yaygın olarak gıda emülsiyonlarını ve köpüklerini stabilize etmek için kullanılmaktadır (McClements, 2005).

Proteinlerin amfifilik yapıları, yağ içinde su ve su içinde yağ emülsiyon arayüzeylerinde adsorbe olmalarını sağlar. Ayrıca, yüzey gerilimini düşürerek arayüz oluşturur ve gıda işleme aşamalarında, depolama süresince yağ moleküllerinin ve hava hücrelerinin bir araya gelerek katman oluşturmalarını engellemektedir. Proteinlerin emülgator olarak fonksiyonel özellik göstermeleri proteinin yapısı ve kolloidal arayüzlerdeki özellikleri belirlemektedir (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011; Day, 2013).

Proteinlerin emülsiyon oluşturma kabiliyeti, partikül boyutu, çözünürlük, yüzey hidrofobikliği, amino asit kompozisyonu ve yapısal esneklik gibi protein moleküler özelliklerine bağlıdır ve bu özellikler protein adsorpsiyon özelliklerini belirlemektedir. Çeşitli bakliyalardan elde edilen proteinler birçok benzerlik göstermesine rağmen, bu proteinler çoğunlukla legumin veya visilin benzeri globülinler ve albüminlerden oluştuklarından dolayı, protein ekstraksiyonu için uygulanan yöntem, elde edilen protein konsantrasyonunun veya izolasyonunun kompozisyonunu, denatürasyon derecesini ve sonuç olarak fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir (Sharif ve diğ, 2018).

Genellikle, süt proteinleri ile karşılaştırıldığında bitkisel proteinler, yağ içinde su arayüzlerinde nispeten daha kalın bir arayüzey tabakası oluşturmaktadır. Bunun

temel sebebi ise bitkisel proteinlerin büyük moleküler boyutta olmaları ve çapraz disülfid bağlarına sahip olmalarından kaynaklanmaktadır (Wong ve diğ, 2012; Day, 2013). Süt proteinleriyle kıyaslandığında, bitki proteinleri tarafından stabilize edilen emülsiyonların arayüzeylerde adsorbe edildiklerinden ve protein filmlerin kısmen daha kalın olmasından dolayı ısıtılma ve tuz iyonlarının varlığında yağ damlacıklarının topaklanmasına karşı dirençli olduğu belirtilmiştir (Day, 2013).

Emülsiyon aktivite indeksi (EAI) birim protein başına oluşturulan maksimum yüzey alanı olarak tanımlanmakta ve baklagil proteinlerinin emülsiyon oluşturma kapasitesini ifade etmektedir (Can Karaca ve diğ, 2011). EAI çok defa seyreltilmiş emülsiyon örneklerine türbidimetri uygulanarak belirlenmektedir (Aydemir ve Yemenicioğlu, 2013). Emülsiyon stabilite indeksi (ESI) ise baklagil proteini ile stabilize edilmiş emülsiyonların stabilitesini ölçmek için sıklıkla kullanılmaktadır ve seyreltilmiş bir emülsiyonun süresi ile bulanıklıktaki düşüşün izlenmesiyle belirlenmektedir (Aydemir ve Yemenicioğlu, 2013).

Çeşitli baklagillerden elde edilmiş protein konsantre ve izolatların ve bunların hazırlanma aşamalarındaki farklılıklar bakliyat proteinlerinin emülsiyon oluşturma kabiliyetini etkilemekte olup aynı zamanda emülsiyon oluşturma aktivitesinin belirlenmesinde de önemli rol oynamaktadır (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011; Joshi ve diğ, 2012).

Boye ve diğ. (2010b) bezelye, nohut veya mercimek baklagillerinden izoelektrik çökeltme veya ultrafiltrasyon metotlarını uygulayarak elde ettikleri protein içeriği %63,9 ile %88,6 arasında değişen protein konsantrelerinin EAI ve ESI'sini karşılaştırmıştır. Proteinlerin emülsiyon özelliklerinin, temel olarak protein elde etme yöntemine ve kullanılan baklagil türüne bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir. Nohuttan elde edilen proteinlerin, bezelye ve mercimeklerden elde edilen proteinlere kıyasla daha yüksek emülsifiye etme kabiliyeti gösterdiği belirtilmiştir.

2.2.6.4 Bitkisel proteinlerin köpük oluşturma özelliği

Proteinlerin dayanıklı uzun süre köpük oluşturma özelliği, arayüzeyde su içerisine havayı adsorbe etme eğiliminin çokluğuna ve yüzey gerilimini azaltmasına bağlıdır (Day, 2013). Proteinlerin köpük oluşturma kabiliyeti genellikle, hava moleküllerinin hapsedilmesinden kaynaklanan bir protein çözeltisindeki nispi hacmin artışını temsil eden köpük oluşturma kapasitesi (KK) cinsinden ifade edilir. Ayrıca, köpük

oluşturma stabilitesi (KS), sistemin bekleme sırasında havayı kabarcıklar şeklinde tutabilme kabiliyetinin bir göstergesidir. Genellikle 30 dakika gibi nispeten kısa bir depolama sresinde, köpük hacminin azalması veya sistemdeki serum ayrılma hacmi ile ölçülmektedir (Boye ve diğ, 2010b).

2.2.6.5 Bitkisel proteinlerin jelleşme özelliği

Globüler proteinler başta olmak üzere bitkisel proteinler sulu çözeltelerde çözdürülüp ısı ile denatüre edildiklerinde yeterli protein-protein ve protein-çözgen etkileşimleri olduğunda jel oluştururlar. Jel oluşturma sıcaklığı ve jel oluştuktan sonraki özelliklerini proteinin moleküler yapısı, protein-protein ve protein-çözgen etkileşimleri belirlemektedir. Bitkisel proteinlerin belirli koşullarda jel yapısı ve protein ağı oluşturmasına yaygın olarak üretilen tofu ve ekmek hamuru örnek verilmektedir (Day, 2013).

Fonksiyonel zelliklerin genelinde olduğu gibi, baklagil proteininin jel ađ yapısı oluşturması izolatların ve konsantrelerin, baklagil cinsi ve türünden etkilenmektedir. Ayrıca, protein elde etmek için kullanılan yöntem ve saklama koşullarında jel oluşturma özelliklerini etkileyebilmektedir (Yavuz ve zelik, 2016).

Bitkisel proteinler ile jel ağı oluşumu, protein denatürasyon noktasından daha yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtmanın ardından gerçekleşmektedir. Protein jel oluşturma kabiliyeti genellikle birçok araştırmacı tarafından minimum jelleşme konsantrasyonu (MJK) cinsinden ifade edilmektedir. Ayrıca, protein solüsyonunun kendi kendini destekleyen bir jel ağı oluşturmak için gerekli olan minimum konsantrasyon olarak tanımlanmaktadır (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Malzeme

3.1.1 Mercimek örnekleri

Bu çalışmada kullanılan yeşil mercimek türüne ait Yusufhan ve Ceren çeşidi (*Lens culinaris* Medik.) Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden ve kırmızı mercimek türüne ait Tigris ve Çağır mercimek çeşitleri (*Lens culinaris* Medik.) Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Ayrıca Malatya bölgesine özgü *Lens culinaris Medikus* ailesine dahil olan Kahverengi mercimek ise Malatya'daki yöresel üreticilerden temin edilmiştir.

3.1.2 Kimyasal malzeme ve cihaz temini

Kimyasallar; Sodyum hidroksit (Sigma Aldrich), hekzan (Sigma Aldrich), hidroklorik asit (Sigma Aldrich), borik asit (Sigma Aldrich), sodyum dodesil sülfat (Sigma Aldrich), etil alkol (Sigma Aldrich), metanol (Sigma Aldrich), derişik sülfirik asit (Merck), potasyüm sülfat (Sigma Aldrich) ve bakır (II) sülfat (Sigma Aldrich).

Cihazlar; Dondurarak kurutma cihazı (Alpha 1-2 LD plus, Belçika), Büchi Rotary Evaporator (R-300, İsviçre), Manyetik karıştırıcı (IKA RH Basic 2 IKAMAG, Almanya), Hassas Terazi, pH metre (HI 110 Series, HANNA Instruments, ABD), Etüv (Mettler UNB-100, Almanya), Büchi distilasyon ünitesi (K-350, İsviçre), Santrifüj, Shimadzu Infrared Nem Tayini Cihazı (Shimadzu, Japonya) Gerhardt Soxtherm Otomatik Yağ Tayini Cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya), UV-Visible spektrofotometre (SP-3000 nano OPTIMA, Japonya), Ultra-Turrax (T18 basic, IKA, Staufen, Germany), Diferansiyel taramalı kalorimetre (TE Q10 TA Instrument, ABD), Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), Zeta (Nano-ZS, Malvern Instruments, Worcestershire, UK)

3.2 Yöntemler

3.2.1 Mercimek tanelerinin kompozisyon analizleri

Mercimek unları ve elde edilen protein izolatlarında kompozisyon analizleri için AOAC (1990) metodu kullanılarak kül, nem, protein ve yağ tayinleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1 Toplam nem içeriklerinin tayini

Mercimek protein izolatu ve mercimek unu 0,5-1 g tartılıp infrared nem tayin cihazına konularak 105°C'de ölçüm yapılmıştır ve sonuçlar yüzde (%) olarak kayıt edilmiştir. Ölçümler üç tekrarlı şekilde yapılmıştır.

3.2.1.2 Toplam kül miktarı tayini

Toplam kül miktarı tayini AOAC 923.03 no'lu metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mercimek unu ve protein izolatu darası alınan krozelere 2-3 g aralığında tartılıp konulmuştur. Ön yakma işlemi 2 ml etil alkol eklenerek yapıp kapağı açık şekilde kül fırınında 250°C'de yarım saat, daha sonra 400°C'de kapağı açık şekilde yarım saat ve son olarak kapağı kapalı şekilde kül fırınında 550°C'de 16 saat bekletilmiştir. Analiz her bir örnek için üç tekrarlı olarak yapıp aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kül} = \frac{\text{kül ağırlığı}}{\text{numune ağırlığı}} \times 100$$

3.2.1.3 Toplam protein miktarı tayini

Toplam protein miktarı tayini AOAC 920.87 yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mercimek izolatu protein tayininde 0,5 g ve mercimek unu protein tayini için ise 1 g örnek yakma tüpüne konularak 10 g potasyum sülfat (K_2SO_4) ve 0,3 g bakır (II) sülfat ($CuSO_4$) katalizörleri eklenmiştir. Sülfürik asit (H_2SO_4) 25 ml eklenerek açık yeşil renk gözlenene kadar yakılıp sonrasında da yarım saat yakma işlemine devam edilmiştir. Soğuması için 15 dakika beklenip destilasyon aşamasına geçilmiştir ve 0,2 N HCl kullanılarak distant titre edilmiştir. Titrasyon sonrası harcanan sarfiyat miktarı kaydedilip, toplam azot ve protein miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır ve analizler üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

$$\% N = \frac{(V_1 - V_2) * HCl \text{ normalite} * 0,014}{\text{numune ağırlığı}} \times 100$$

V_1 harcanan 0,2 N HCl sarfiyatı, V_2 kör için harcanan 0,2 N HCl sarfiyatını temsil etmektedir.

$$\% \text{ Protein} = \% N * 6,25$$

3.2.1.4 Toplam yağ miktarı tayini

Mercimek unu ve protein izolatu 2-3 g tartılarak Gerhardt Soxtherm Otomatik Yağ Tayin Cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya) tüplerine konulmuştur. Üzerine 150 ml hekzan eklenerek cihaza yerleştirilmiştir. Cihaz sıcaklık olarak 200°C'de çalıştırılmıştır. İşlem bitince tüplerde kalan yağ hekzan ile beraber darası bilinen balon jojelere alınıp döner buharlaştırıcı da çözgen uçurulmuştur. Analizler aşağıdaki formüle göre hesaplanıp üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{ Yağ} = \frac{\text{yağ ağırlığı}}{\text{numune miktarı}} \times 100$$

3.2.1.5 Karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi

Mercimek unlarının toplam karbonhidrat miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Karbonhidrat içeriği (\%)} = 100 - (\text{toplam nem yüzdesi} + \text{kül yüzdesi} + \text{protein yüzdesi} + \text{yağ yüzdesi})$$

3.2.2 Mercimekten protein izolasyonu

Mercimek protein izolatu elde etme yöntemi Boye ve diğ. (2010b)'nin yaptıkları çalışma temel alınarak oluşturulmuştur. Mercimek çeşitleri öğütücü ile bir dakika öğütülmüştür. Öğütülen mercimek çeşitleri (100 g) yağı alınmak üzere 1:1 oranında hekzan ile yarım saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Hekzanı ayırmak için karışım filtre kağıdından geçirilmiştir. Bu işlem iki defa tekrarlanmıştır ve yağı alınmış un kurutulmak üzere bir gece çeker ocakta bekletilmiştir. Yağı alınmış un 1:10 oranında saf su ile karıştırılıp pH 9'a 0,1 M sodyum hidroksit ile ayarlanarak 1 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Karışım 50 ml'lik tüplere konularak (8000 rpm, 4°C, 20 dk) santrifuj edilmiştir. Süpernatant toplanarak 0,1 M HCl ile pH 4,5 olarak ayarlanıp çözünür proteinler çöktürülmüştür.

Süspansiyon tekrar 50 ml'lik tüplere konularak (8000 rpm, 4°C, 20 dk) santrifuj edilmiştir. Süpernatant dökülüp, çöken proteinler petri kaplarına alınarak -18°C'de bekletilmiştir ve ardından dondurarak kurutma işlemi ile kurutulmuştur. Daha sonra kurutulan protein izolatları hava almayacak şekilde cam kavanozlara konulup +4°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.3 Mercimek proteinlerinin fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi

3.2.3.1 Çözünürlük

Mercimek proteinleri çözünürlüğü Ghribi ve diğ. (2015) yaptıkları çalışma modifiye edilip pH 3, 5, 7 ve 9'da çalışılmıştır. Numune 100 mg tartılıp 20 ml su eklenmiştir. Solüsyonun pH değeri 0,1 M NaOH ve 0,1 M HCl kullanılarak istenilen değere ayarlanıp 1 saat boyunca manyetik karıştırıcıda oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Süspansiyon (8000 g, 15 dk, 4°C) santrifuj edilmiştir ve supernatandaki protein miktarı Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir. Çözünür protein miktarı; supernatan protein tayini sonucunun örnek içindeki protein miktarına bölünmesiyle hesaplanarak bulunmuştur. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır ve sonuçlar grafik şeklinde çözünürlük ortalamalarına karşı pH değerleri olarak gösterilmiştir (Ghribi ve diğ, 2015).

3.2.3.2 Su ve yağ tutma kapasitesi

Su ve yağ tutma kapasitesi deneyleri Aydemir ve Yemenicioğlu'nun (2013) kullandığı metot temel alınarak yapılmıştır. Protein izolatu 50 mg tartılarak 1,5 ml distile su veya 1,5 ml ticari ayçiçek yağı ile oda sıcaklığında 2 ml'lik santrifuj tüpünde 20 saniye boyunca vortex yapılmıştır. Karıştırılan tüpler kapağı kapalı şekilde 30°C'de 30 dk inkube edilmiştir. Tüpler daha sonra (25°C'de, 20 dk, 15000 g) santrifuj edilip ayrılan yağ veya su dikkatlice ayrılmıştır. Protein izolatu tarafından emilen yağ ve su miktarı tüplerin ağırlıkları ölçülerek belirlenmiştir. Su/yağ tutma kapasitesi g protein izolatu başına emilen g su/yağ miktarı olarak ifade edilmiştir. Deneyler her bir protein çeşidi için üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.3.3 Emülsiyon oluşturma kapasitesi

Konsantrasyonu 0,25% (g/g) olan 6 g protein solüsyonları hazırlanıp pH değeri 0,1 M HCl ve 0,1 NaOH kullanılarak 7'ye ayarlanmıştır. Protein solüsyonuna farklı

miktarlarda ayçiçek yağı (6-10 g) eklenerek 50 ml falkon tüplerde 7200 rpm'de 5 dk homojenize edilerek emülsiyon serileri hazırlanmıştır. Oluşan emülsiyonların iletkenliği homojenizasyon işleminden sonra hızlı bir şekilde iletkenlik cihazı ile ölçülmüştür. Emülsiyon oluşturma kapasitesi, yağ içinde su emülsiyonundan su içinde yağ emülsiyonuna döndüğü nokta kayıt edilerek belirlenmiştir. İletkenliğin ani düşüşü bu dönüşüm noktasını göstermektedir. Emülsiyon oluşturma kapasitesi evrilme noktası öncesi g protein başına homojenize olan g yağ olarak ifade edilmiştir (Can Karaca ve diğ, 2011).

3.2.3.4 Emülsiyon aktivite indeksi ve stabilite indeksi

Mercimek protein izolatu numulerinin, emülsiyon aktivite ve stabilitesi Can Karaca ve diğ. (2011) yaptığı çalışmadaki metot temel alınarak yapılmıştır. Örnekler 5 g %0,5'lik (g/g) pH değeri 7'ye ayarlı protein solüsyonları şeklinde hazırlanıp 5 g ticari ayçiçek yağı ile 7200 rpm'de 5 dk Ultra-Turrax (T18 basic, IKA, Staufen, Germany) cihazıyla homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işlemi sonrası hızlı bir şekilde tüpün dip kısmından 100 µl örnek alınıp 7,5 ml %0,1'lik sodyum dodesil sülfat içeren 10 mM'lık sodyum fosfat tamponu ile seyreltilmiştir ve 10 saniye vorteks edilip UV-Visible spektrofotometre cihazında 500 nanometrede absorbans okutulmuştur. Emülsiyon aktivitesi için süspansiyondan bir kısım alınıp 10 dk sonra tekrar absorbans okutulmuştur.

EAİ ve ESİ aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$$EAİ(m2/g) = \frac{2 \times 2,303 \times A_0 \times N}{C \times \phi \times 10000}$$

$$ESİ(dk) = \frac{A_0}{\Delta A} \times t$$

A_0 homojenizasyon sonrası hızlı bir şekilde seyreltilen absorbansı, N seyreltme faktörünü ($\times 75$), C hacim başına düşen protein ağırlığını (g/ml), ϕ emülsiyon yağ hacmi fraksiyonu, ΔA 0 ve 10. dakikalardaki absorbans değişimi farkını ($A_0 - A_{10}$) ve t ise zaman aralığını (10 dk) temsil etmektedir.

3.2.3.5 Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi

Protein solüsyonları, 25 ml %3'lük (g/ml) olarak hazırlanıp 0,1 M NaOH kullanılarak pH değeri 7'ye ayarlanmıştır. Solüsyonlar 50 ml'lik falkon tüplere alınarak 11000

rpm'de 2 dk homojenize edilmiştir. Hacim köpürme öncesi ve sonrasında kaydedilmiştir. Köpük oluşturma kapasitesi köpürmeden kaynaklı hacim artışı olarak ifade edilmiştir (Ghribi ve diğ, 2015).

$$\text{Hacim artışı (\%)} = ((V_2 - V_1) / V_1) * 100$$

V_1 = ilk solüsyon hacmi, V_2 = köpürme sonrası hacim

Köpük stabilitesi, köpürme işlemi 10, 30 ve 180 dk bekleme sonrası köpük hacmi değişimi olarak belirlenmiştir.

$$\text{Köpük stabilitesi (\%)} = (\text{köpük hacmi (t)}/\text{ilk köpük hacmi}) * 100$$

3.2.3.6 Jel oluşturma kapasitesi

Jel oluşturma kapasitesi mercimek proteini izolatlarının minimum jelleşme konsantrasyonu (MJK) bulunarak belirlenmiştir. Bu amaçla, saf su ile konsantrasyonu 1 ve 15 g/100g arasında bir dizi protein solüsyonu hazırlanmıştır. Bütün çeşitlerin protein solüsyonları oda sıcaklığında hazırlanmıştır. Solüsyonlar daha sonra 1,46 cm çapındaki cam tüplere alınıp su banyosunda 90°C'de 1 saat boyunca ısıtılmıştır. Tüpler hızlı bir şekilde oda sıcaklığına soğutulmuştur ve jel oluşumu için 4°C'de 2 saat inkube edilmiştir. Jel oluşumu, tüpler ters çevrildiğinde tüp içeriğinin akış karakteri gözlemlenerek belirlenmiştir. MJK, yerçekimiyle düşme veya kayma olmayan sert jel oluşturan en düşük protein konsantrasyonuna (g/100g) karşılık gelmektedir (Aydemir ve Yemenicioğlu, 2013).

3.2.4 Protein izolatu karakterizasyonu

3.2.4.1 Net yüzey yükü (Zeta potansiyeli (ζ))

Protein izolatlarının %0,05'lik (g/g) saf su ile çözeltisi hazırlanıp pH değeri (pH 2-10) 0,1 ve 0,5 M HCl ya da NaOH kullanılarak ayarlanmıştır. Protein izolatu numulerinin zeta potansiyeli, dinamik ışık saçılımı ve mikroeletroforez cihazı (Nano-ZS, Malvern Instruments, Worcestershire, UK) ile ölçülmüştür. Deneyler üç tekrarlı olarak yapılmıştır (Can Karaca ve diğ, 2011).

3.2.4.2 Protein izotının termal özelliklerinin incelenmesi

Mercimek protein izolatlarının Diferansiyel taramalı kalorimetre "DSC" (TA Instruments Q10, ABD) ile termal özellikleri incelenmiştir. Protein fraksiyonlarının

termal özelliklerinin belirlenmesinde Ghribi ve diğ. (2016) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla, kurutulmuş mercimek protein izolatı numunesinden yaklaşık 5 mg alınarak alüminyum kapların içerisine konulup hermetik olarak kapatılmıştır. Daha sonra bu kaplar ve referans olarak boş olan hermetik olarak kapalı alüminyum tavacık, Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) cihazına yerleştirilerek ısıtma hızı dakikada 5°C artacak şekilde 0°C'den 200°C'ye ısıtılıp denatürasyon sıcaklığı (T_d) ve denatürasyon entalpisi (ΔH) belirlenmiştir.

3.2.4.3 Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi, He ve diğ. (2018) tarafından uygulanan metodun modifikasyonu ile elde edilmiştir. Mercimek proteinleri için FTIR ölçümleri, FTIR spektrofotometre tensor II (Bruker) ile yapılmıştır. Oda sıcaklığında toz formda olan örnekler için 400-4000 cm^{-1} nm aralığındaki dalga boylarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Aktif molekül grupları, dalga boylarının pik ve titreşimlerin olduğu yerlerde belirlenmiştir.

3.3 İstatiksel Analiz

Elde edilen bulgular, SPSS programı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Güven düzeyi %95 seçilerek tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak üç tekrarlı olarak gerçekleştirilen analizlerin sonuçları ortalama değer $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmiştir. Farklılıkların anlamlı düzeyde ifade edilmesi için post hoc testlerinden Scheffe kullanılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Çalışılan Mercimek Çeşitlerinin Besin Öğeleri Kompozisyonu

Bu çalışmada kullanılan mercimek çeşitleri öğütülerek elde edilen unların besin öğeleri kompozisyonu Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Mercimek unlarının besin öğeleri kompozisyonu*.

Mercimek çeşitleri	Protein (%)	Nem (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat** (%)
Kahverengi mercimek	25,83±0,50 ^a	8,60±0,15 ^c	2,65±0,03 ^a	1,46±0,18 ^a	61,47
Tigris	25,77±0,14 ^a	10,56±0,25 ^a	2,52±0,11 ^a	1,35±0,68 ^a	59,69
Çağıl	26,22±0,35 ^a	9,44±0,22 ^b	2,31±0,03 ^b	1,59±0,20 ^a	60,43
Ceren	21,99±0,07 ^b	8,89±0,19 ^{bc}	2,19±0,03 ^b	1,56±0,16 ^a	65,37
Yusufhan	22,73±0,12 ^b	10,93±0,24 ^a	2,18±0,18 ^b	1,18±0,62 ^a	62,98

*Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

**100'den çıkarılan fark ile hesaplanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan mercimek çeşitlerine ait nem içerikleri %8,60 (Kahverengi mercimek) ile %10,93 (Yusufhan) aralığında değişmektedir (Çizelge 4.1). Mercimek çeşitlerine ait nem değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli (p<0,05) bulunmuştur. En yüksek nem içeriğine sahip olan mercimek çeşitlerine ait unlar Tigris ve Yusufhan'dır. En düşük nem içeriğine sahip olan mercimek türü ise Kahverengi mercimektir.

Suudi Arabistan'da yetiştirilmiş olan 35 mercimek türünün (*Lens culinaris* Medik.) fenolik özellikleri, besinsel değerleri ve moleküler çeşitliliğini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada kompozisyon analizleri yapılmıştır. Mercimek çeşitlerine ait

unların nem içeriklerinin %11,6 ila %13,6 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Alghamdi ve diğ, 2013).

Hefnawy'nın (2011) yaptığı çalışmada gıda işleme metotlarının mercimeğin besinsel kompozisyonları üzerine etkisi ve mercimeklerde bulunan antibesinsel faktörleri önleyici etkisini incelemiştir. Ham mercimek örneğinin nem oranı ortalama %8,51 olarak bulunmuştur.

Nohut, mercimek, börülce ve bezelyenin besinsel kalitesini ve performansını belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada kompozisyon analizleri yapılmış, mineral içerikleri ve amino asit profili belirlenmiştir. Mercimek çeşidine ait nem değeri ortalama %9,3 olarak bulunmuştur (Amjad Iqbal ve diğ, 2005).

Mercimek türlerine ait nem içeriklerinin değişkenlik göstermesi iklim koşullarına, hasat zamanına, hasat sonrası depolama koşullarına ve mercimeğin türüne bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Ladjal-Ettoumi ve Chibane, 2015).

Bu çalışmada incelenen mercimek çeşitlerinin unlarına ait protein oranları %21,99 (Ceren) ila %26,22 (Çağl) aralığında değişkenlik göstermektedir. Yüksek protein içeriğine sahip Kahverengi mercimek, Tigris ve Çağl mercimek türleri ($25,94 \pm 0,38$) olup Ceren ve Yusufhan çeşitlerinden ($22,36 \pm 0,41$) daha fazla protein içermektedir ($p < 0,05$).

Bezelye, nohut ve mercimek unlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin incelendiği çalışmada mercimek ununa ait protein oranı (%26,3) kuru madde üzerinden nohut (%24,41) ve bezelye türüne (%22,25) ait unların protein oranından yüksektir (Ladjal-Ettoumi ve Chibane, 2015).

Suudi Arabistan'da yetiştirilmekte olan 35 çeşit mercimeğin kompozisyon analizlerine göre içerdikleri protein miktarları %25,3 ve %29,2 aralığında değişmektedir. Ayrıca, 35 çeşit mercimek türünün ham protein içeriği ortalaması %27,4 olarak belirlenmiştir (Alghamdi ve diğ, 2013).

Nohut, mercimek, börülce ve bezelyenin besinsel kalitesini ve performansını belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada kompozisyon analizleri yapılmıştır. Mercimek çeşidine ait unun %26,1 protein içererek diğer bakliyatlar içerisinde en yüksek protein oranına sahip olduğu belirlenmiştir (Amjad Iqbal ve diğ, 2005).

Mercimek ve diğer baklagillerin çimlenmesinin un, protein ve nişasta özelliklerine etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada, üç tür mercimek ununun protein değerleri %24,34 ve %25,39 arasında değişmektedir (Ghumman ve diğ, 2015).

Mısır'da tüketilmekte olan mercimek türlerinin kimyasal bileşimi ve protein kalitesini belirlemek amacıyla yapılmış olan çalışmada 3'ü yerel ve 1 tanesi Pakistan'dan ithal edilen mercimek türleri kullanılmıştır. Yapılan protein analizlerinin sonuçlarına göre kabuğu soyulmamış mercimek unlarının protein oranı 23,0 ve 25,2 (g protein/100 g) aralığında değişmektedir (El-Nahry ve diğ, 1980).

Kırmızı ve yeşil mercimek (*Lens culinaris*) unlarının ve konsantrelerinin *in-vitro* protein sindirilebilirliği ve fiziko-kimyasal özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, kırmızı ve yeşil mercimek unlarına ait protein miktarları kuru madde üzerinden sırasıyla 29,37 ve 26,59 (g protein/100 g) olarak bulunmuştur (Barbana ve Boye, 2012).

Ultrafiltrasyon ve izoelektrik çökeltme teknikleri kullanılarak elde edilen bezelye, nohut ve mercimek protein konsantrelerinin fonksiyonel özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yürütülen çalışmada baklagil unlarının kompozisyon analizleri de yapılmıştır. Yeşil ve kırmızı mercimek unlarına ait protein oranları sırasıyla %23,03 ve %25,88'dir. Yapılan çalışmada mercimek unlarının protein içeriğinin bezelye (%21,09) ve nohut (%20,52) unlarının protein içeriğinden yüksek olduğu belirtilmiştir (Boye ve diğ, 2010b).

Bu çalışmada beş farklı mercimek türünün unundan elde edilen protein oranları literatürde yapılmış çalışmaların verileriyle benzer ve uyumlu bulunmuştur.

Mercimek türlerinin unlarına ait kül oranları bu çalışmada %2,18 (Yusufhan) ile %2,65 (Kahverengi mercimek) aralığında değişkenlik göstermektedir. Kahverengi mercimek ve Tigris mercimek çeşitlerinin unlarına ait kül değerleri (2,64±0,07) Çağıl, Ceren ve Yusufhan çeşitlerinin unlarına ait kül değerlerinden (2,23±0,17) yüksektir (p<0,05).

Suudi Arabistan'da yetiştirilmekte olan 35 çeşit mercimek türlerinin kül değerleri en az %2,39 ve en çok %2,89 arasında değişkenlik göstermektedir. Bu 35 mercimek çeşidine ait ortalama kül değeri ise $2,61 \pm 0,02$ olarak ifade edilmiştir (Alghamdi ve diğ, 2014). Nohut, bakla, mercimek ve bezelye proteinlerinin izoelektrik çöktürme ve tuzla ekstraksiyonla elde edilen proteinlerin emülsifiye edici özelliklerinin

araştırıldığı çalışmaya ait mercimek ununun kül değeri %2,89 olarak ifade edilmiştir (Can Karaca ve diğ, 2011).

İran'da yetiştirilmekte olan yeşil ve kırmızı mercimeğin kompozisyon analizleri, mineral içeriği ve yağ asitleri oranlarının araştırıldığı çalışmada, yeşil ve kırmızı mercimek türlerine ait kül miktarları sırasıyla %3,41 ve %3,62 olarak belirlenmiştir (Gharibzadeh ve diğ, 2012). Ladjal-Ettoumi ve Chibane (2015) bezelye, nohut ve mercimek unlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini araştırdıkları çalışmada mercimek ununa ait kül değerini %2,63 olarak bulmuştur. Barbana ve Boye (2012) ise yaptıkları çalışmada kırmızı ve yeşil mercimek unlarının kül içeriklerini sırasıyla %2,36 ve %2,31 olarak bulmuşlardır.

Yapılan bu çalışmada Türkiye'de yetiştirilmekte olan 5 yerel mercimek türüne ait kül içerikleri literatür ile karşılaştırılmış ve bulunan sonuçların literatürle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Mercimek çeşitlerine ait ham yağ içeriği %1,18 (Yusufhan) ila %1,59 (Çağır) aralığında değişmektedir. Kullanılan 5 yerel mercimek çeşidinin ortalama ham yağ içeriği $1,43 \pm 0,21$ bulunmuştur. Mercimek türlerine ait yağ değerleri arasında farklılığın önemli düzeyde olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$).

Alghamdi ve diğ. (2015) yürüttükleri çalışmada 35 mercimek çeşidine ait yağ miktarları en az %0,79 ve en çok %1,19 değerleri arasında değişmektedir. 35 çeşit mercimek türüne ait ortalama yağ oranı %1 olarak bulunmuştur. Hefnawy (2011), yaptığı çalışmada ham mercimeğin ununa ait yağ oranı %1 olarak bulmuştur. Ladjal-Ettoumi ve Chibane (2015) ise yaptıkları çalışmada nohut, bezelye ve mercimek çeşidine ait unun yağ miktarları kıyaslandığında en yüksek değere sahip çeşidin nohut olduğunu bildirmişlerdir (%5,57). Mercimek ununun içerdiği yağ miktarı ise en az olup kuru madde miktarı üzerinden %1,25 olarak bulunmuştur.

Yürütülen bu çalışmada 5 yerel mercimek çeşidine ait bulunan yağ miktarları literatürle kıyaslanmıştır. Ayrıca bulgular literatür verileriyle benzer ve uyumlu bulunmuştur.

4.2 Mercimek Protein İzolatlarının Besin Öğeleri Kompozisyonu

Bu çalışmada incelenen mercimek çeşitlerinden izoelektrik çöktürme metodu ile elde edilen protein izolatlarının besin öğeleri kompozisyonu Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Mercimek proteini izolatlarının kompozisyon içeriği*.

Mercimek çeşitleri	Protein (%)	Nem (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)
Kahverengi mercimek	87,03±0,67 ^a	5,59±0,27 ^a	3,36±0,03 ^a	0,85±0,12 ^a	3,16
Tigris	84,72±0,94 ^b	4,76±0,14 ^{ab}	2,82±0,12 ^{ab}	0,79±0,10 ^a	6,90
Çağıl	84,15±0,40 ^b	4,29±0,30 ^b	2,96±0,25 ^{ab}	0,21±0,11 ^b	8,39
Ceren	85,57±0,51 ^{ab}	5,59±0,33 ^a	2,56±0,15 ^b	0,68±0,09 ^a	5,60
Yusufhan	84,28±0,63 ^b	5,46±0,21 ^a	2,49±0,38 ^b	0,28±0,33 ^b	7,55

*Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Bu çalışmada izoelektrik çöktürme ile elde edilen mercimek protein izolatlarının protein oranları %84,15 (Çağıl) ve %87,03 (Kahverengi mercimek) aralığında değişmektedir. Kahverengi mercimek protein izolatının protein miktarı (87,03±0,67) Tigris, Çağıl ve Yusufhan türünden elde edilen izolatların protein miktarından (84,39±0,65) daha yüksek bulunmuştur (p<0,05).

Bezelye, nohut ve mercimek baklagillerinden izoelektrik çöktürme ile elde edilen protein izolatlarının fizikokimsayal ve emülsiyeye edici özelliklerinin incelendiği çalışmada, mercimek protein izolatına ait protein değeri %84,8 olarak bulunmuştur (Ladjal-Ettoumi ve diğ., 2015). Can Karaca ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada izoelektrik çöktürme metodu kullanılarak elde edilen mercimek protein izolatına ait protein miktarı %81,90 olarak bulmuştur. Yağı uzaklaştırılmış mercimek unundan maksimum miktarda protein elde etmek amacıyla yürütülen çalışmada, izoelektrik çöktürme yöntemiyle elde edilen izolatın protein miktarı %84,12 olarak belirlenmiştir (Ko ve diğ., 2017).

Mercimek proteini ekstraksiyonun optimizasyonu ve pH işlemin protein yapısı ve işlevselliği üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülen çalışmada alkali çözeltelerde çözünen ve izoelektrik çöktürme metoduyla elde edilen mercimek izolatlarının protein miktarı %80 ila %83 arasında değişmiştir (Jarpa-Parra ve diğ., 2015).

Kurutma metotuna göre değişkenlik gösteren mercimek protein izolatlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin incelendiği çalışmada, liyofilize edilerek kurutulan mercimek izolatlarının protein miktarı %90,2 olarak bulunmuştur (Joshi ve diğ, 2012). Elde edilen protein miktarının bu çalışmada kullanılan yerel mercimek çeşitlerinden fazla olması kullanılan mercimek türünün farklı olması, ekstraksiyon karıştırma süresi, pH'sı, santrifüj hızı ve santifüj süresinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait mercimek türlerinden elde edilen izolatların protein miktarları literatürde yer alan çalışmalarla kıyaslanmıştır ve bulunan sonuçların genel olarak literatürle benzer ve uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen protein izolatlarının yağ oranları en az %0,21 (ağıl) ve en çok %0,85 (Kahverengi mercimek) aralığında değişmektedir. Kahverengi mercimek, Tigris ve Ceren türlerinden elde edilen proteinlerin yağ miktarı ($0,77\pm0,11$) ağıl ve Yusufhan türlerinden elde edilen proteinlerin yağ miktarından ($0,21\pm0,09$) daha fazla bulunmuştur ($p<0,05$).

Mercimek protein izolatlarının nem içerikleri en az %4,29 ve en çok %5,59 değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Nem içeriği eşit ve en yüksek (%5,59) olan eşitler Kahverengi mercimek ve Ceren çeşidinden elde edilmiş olan protein izolatlarıdır. En düşük nem içeriğine (%4,29) sahip olan protein izolatı ise ağıl türüdür.

Mercimek protein izolatlarının içerdiği kül miktarları en düşük %2,49 (Yusufhan) ve en yüksek %3,36 (Kahverengi mercimek) değerleri arasında değişmektedir. Protein izolatlarının kül içerikleri kıyaslandığında $KMPİ>TPI\sim CPI\sim YPI$ olarak sıralanmaktadır ($p<0,05$).

Can Karaca ve diğ. (2011) yürüttükleri çalışmada mercimek protein izolatlarının yağ, nem ve kül miktarları sırasıyla %0.43, %5.04 ve %3,63 olarak bulmuşlardır. Joshi ve diğ. (2012), liyofilize edilerek elde edilen mercimek protein izolatının kül miktarını %3,88 olarak bulmuşlardır ve farklı kurutma metotları kullanılarak elde edilen izolatların kül miktarlarındaki farklılık önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu çalışmada elde edilen protein izotlarının nem, yağ ve kül içerikleri literatürdeki verilerle kıyaslanmıştır ve bulguların birbiriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir.

Mercimek unlarından elde edilen protein izolatlarının protein ekstraksiyon verimi değerleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Protein ekstraksiyon verimi*.

Mercimek çeşitleri	Protein eldesi verimi (%)
Ceren	48
Tigris	58
Yusufhan	56
Çağıl	53
Kahverengi mercimek	51

*Protein verimi kabuğu soyulmamış ve ham öğütülmüş mercimek unu kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerinin unları kullanılarak elde edilen protein izolatlarının ekstraksiyon verimi %48 (Ceren) ve %58 (Tigris) arasında değişmiştir.

Boye ve diğ. (2010b) yaptıkları çalışmada baklagil unlarından elde edilen protein miktarından yola çıkarak protein ekstraksiyon verimi hesaplamışlardır. Bulgulara göre baklagil çeşitlerinin ultrafiltrasyon ve izoelektrik çöktürme metodu ile elde ettikleri proteinlerin ekstraksiyon verimi açısından önemli fark bulamamışlardır. İzoelektrik çöktürme metodu kullanılarak elde edilen protein ekstraksiyon verimleri %50,3 ve %69,1 aralığında bulunmuştur. Ayrıca, kırmızı ve yeşil mercimeğin protein ekstraksiyon verimleri sırasıyla %62,8 ve %50,3 olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerine ait protein ekstraksiyon verimi (%) literatürdeki verilerle kıyaslanmış olup ve bulguların literatürdeki değerlerle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

4.3 Mercimek Proteinlerinin Fizikokimyasal Özellikleri

4.3.1 Net Yüzey Yükü (Zeta potansiyeli, ζ)

Bu çalışmada kullanılan mercimek protein izolatlarının net yüzey yükü zeta potansiyeli cinsinden pH 2-10 aralığında ölçülmüş ve değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Mercimek protein izolatlarının zeta potansiyeli değerleri*.

Zeta Potansiyel (mV)					
pH	KMPİ	TPİ	ÇPİ	CPI	YPI
pH 2	17,9±0,7 ^b	19,2±0,9 ^b	28,5±0,1 ^a	29,5±0,9 ^a	18,0±0,1 ^b
pH 3	22,1±0,4 ^c	24,1±0,6 ^b	23,6±0,2 ^b	24,0±0,2 ^b	26,1±0,3 ^a
pH 4	14,8±0,2 ^a	13,0±0,2 ^{ab}	11,9±0,8 ^b	14,6±0,8 ^a	11,5±0,1 ^b
pH 5	-2,9±0,2 ^a	-3,6±0,3 ^a	-7,5±0,7 ^b	-13,1±0,6 ^c	-7,1±0,4 ^b
pH 6	-14,7±0,2 ^b	-14,5±0,3 ^b	-12,9±0,2 ^a	-17,9±0,7 ^c	-19,3±0,3 ^c
pH 7	-24,6±0,3 ^c	-21,4±0,6 ^b	-17,8±0,6 ^a	-22,1±0,1 ^b	-27,5±0,5 ^d
pH 8	-29,3±0,2 ^c	-22,9±0,6 ^b	-20,0±0,3 ^a	-22,5±0,9 ^{ab}	-29,5±1,2 ^c
pH 9	-29,0±0,1 ^c	-25,5±0,6 ^b	-18,9±0,6 ^a	-24,9±0,6 ^b	-33,3±0,7 ^d
pH 10	-30,2±0,5 ^c	-27,0±0,2 ^b	-21,5±0,6 ^a	-21,9±0,1 ^a	-34,2±0,4 ^d

KMPİ: Kahverengi mercimek protein izolatı, TPİ: Tigris protein izolatı, ÇPİ: Çağır protein izolatı
CPI: Ceren protein izolatı, YPI: Yusufhan protein izolatı

*Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

İzoelektrik nokta protein çözeltilerinin net yükünün sıfır olduğu pH değeri olarak tanımlanmıştır (Novák ve Havlíček, 2016). Gıda proteinlerinin izoelektrik noktaları genellikle pH 4 ve 5 aralığında olduğu belirtilmiştir (Barbana ve Boye, 2012). Bu bilgiye dayanarak mercimek protein solüsyonlarının pH değerleri 4 ve 5 aralığında incelenip bu çalışmada kullanılan mercimek protein izolatlarının izoelektrik noktaları (mV) tespit edilmiş ve Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Protein izolatlarının izoelektrik noktaları*.

Mercimek çeşitleri	pH	İzoelektrik nokta (mV)
CPI	4,49	0,02±0,53
TPİ	4,63	0,32±0,11
YPI	4,25	0,00±0,32
ÇPİ	4,74	0,90±0,07
KMPİ	4,42	0,52±0,36

KMPİ: Kahverengi mercimek protein izolatı, TPİ: Tigris protein izolatı, ÇPİ: Çağır protein izolatı
CPI: Ceren protein izolatı, YPI: Yusufhan protein izolatı

*Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimek türünden elde edilen protein izolatlarının izoelektrik noktaları pH 4,25 (YPI) ve pH 4,74 (ÇPI) aralığında bulunmuştur. Ayrıca izoelektrik noktadan yüksek alkali pH değerlerinde net yüzey yükü (zeta potansiyeli) negatif yüklüdür. İzelektrik noktadan düşük pH değerlerinde ise net yüzey yük beklenildiği gibi pozitif bulunmuştur.

Barbunyadan elde edilen protein izolatının su içinde yağ emülsiyonları için alternatif yeni bir kaynak olarak incelendiği ve ikincil yapısının araştırıldığı çalışmada, barbunya protein izolatının izoelektrik noktasının pH 4,5'te olduğu ve bu noktada protein çözünürlüğünün en az olduğu belirtilmiştir. İzelektik noktanın asidik bölgede olması barbunya tanelerinin asidik amino asit içermesi sebebiyle olabileceği belirtilmiştir (Rahmati ve diğ, 2018). Bu çalışmada kullanılan mercimek protein izolatlarının izoelektrik noktaları literatür ile kıyaslandığında, bulguların örtüştüğü gözlemlenmiştir.

Yerel mercimek türlerine ait proteinlerin net yüzey yük değerleri (zeta potansiyeli) protein çözünürlüğünün incelendiği pH noktalarında (pH 3, 5, 7 ve 9) değerlendirildiğinde net yüzey yükü ile çözünürlük arasında doğrudan ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm mercimek türleri için pH 3'teki net yüzey yükü değerleri birbirine yakın olup en az 22,1 mV (KMPİ) ve en çok 26,1 (YPI) mV olarak bulunmuştur. Net yüzey yükü değerleri pH 5 için diğer tüm pH değerlerinden düşük olup en az -2,9 mV (TPI) ve en çok -13,1 mV (ÇPI) aralığında değişmiştir. Mercimek proteinlerinin pH 7'deki net yüzey yükü -17,8 mV (ÇPI) ve -27,5 (YPI) değerleri arasında değişmiştir. Protein izolatlarının çözünürlüklerinin maksimum olduğu pH 9 noktasındaki net yüzey yükü değerleri ise en az -18,9 mV (ÇPI) ve en çok -33,3 mV (YPI) değerleri arasında değişmiştir. Çözünürlüğün en yüksek olduğu pH 9 noktasında zeta potansiyeli değeri de oldukça yüksek bulunmuştur.

Net yüzey yükü, baklagil proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini gösterebilmeleri açısından en önemli moleküler özelliklerden biri olarak ifade edilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan izoelektrik çöktürme yöntemiyle elde edilen tüm baklagil proteinleri için pH 7 noktasında net yüzey yükü negatif ve izoelektrik noktadaki değerlerden oldukça yüksek olarak yaklaşık -22,3 mV bulunmuştur (Can Karaca ve diğ, 2011).

Bezelye, mercimek ve nohut protein izolatlarının net yüzey yük değeri zeta potansiyel analizi ile hesaplanmış olup ve sonuçların birbirine oldukça benzer olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, pH değerleri 8'den 2'ye doğru gittikçe net yüzey yükü maksimum negatif değerlerden maksimum pozitif değerlere değişmiştir. Bunun nedeni ise proteinlerin karboksil ve amino gruplarında aşamalı protonasyon sonucunda elektrostatik itme modelinin proteinlerin negatif yükten pozitif yüke değişmesiyle açıklanmıştır. Ayrıca, pH değerleri düştükçe net yüzey yükünün düşme sebebi ise yüksek asidik ortamlarda glutamin ve asparginin amino asitlerinin glutamik asit ve aspartik aside hidrolize edilmesiyle açıklanmıştır (Ladjal-Ettoumi ve diğ, 2015).

Bezelye, soya, mercimek ve kanola proteinlerinin pH 3 noktasındaki net yüzey yükleri ortalama $\sim +32,5$ mV bulunmuştur. pH 5 noktasında ise bezelye, soya ve mercimek protein izolatlarının sulu çözeltilerinin izoelektrik noktalarına yakın olduğu için net yüzey yükü çok az olup $\sim \pm 5$ mV bulunmuştur. Çalışmada kullanılan tüm baklagil çeşitlerine ait protein izolatlarının pH 7'deki net yüzey yüklerinin negatif olduğu ve miktarlarının protein çeşidine göre değiştiği bildirilmiştir. Soya proteini izolatının en yüksek net yüzey yüküne sahip olduğu ve diğer yüzey yük büyüklükleri mercimek, bezelye ve nohut protein izolatları şeklinde sıralandığı bildirilmiştir (Chang ve diğ, 2015).

4.4 Mercimek Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri

4.4.1 Çözünürlük

Protein çözünürlüğü protein izolatlarının fonksiyonel özelliklerini gıda sistemlerinde etkili bir şekilde gösterebilmeleri açısından önemlidir. Protein çözünürlüğü, protein kompozisyonun içerdiği fraksiyonlara ve izolat içerisindeki denatüre olan proteinlere bağlı olarak düşük veya yüksek olmaktadır (Ghribi ve diğ, 2015). Ayrıca, Proteinlerin çözünürlüğü protein-çözücü (hidrofilik) ile protein-protein arasında (hidrofobik) etkileşimlerin dengeli olduğunun göstergesidir (Ladjal-Ettoumi ve diğ, 2015).

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimek çeşidine ait protein izolatlarının çözünürlüğü 4 farklı pH değerinde (pH 3, 5, 7 ve 9) incelenmiştir. Kullanılan tüm mercimek çeşitlerinin protein izolatlarının maksimum çözünürlük gösterdiği nokta

pH 9 olarak bulunmuştur. Protein çözünürlüğü pH 7 değerinde tüm mercimek türleri için yüksek olup en düşük değer %84,79 (YPI) olarak bulunmuştur. İzoelektrik noktaya yakın olan pH 5 değerinde ise tüm mercimek protein çeşitleri için çözünürlük en az olmuştur ve maksimum değeri %8,68 (TPI) olarak bulunmuştur. Kullanılan bütün çeşitlerin protein çözünürlük profilleri birbirine yakın olup literatürdeki diğer baklagil çalışmalarındaki çözünürlükler ile kıyaslandığında çok benzer olduğu saptanmıştır. Ayrıca, bulgulara göre beklenildiği gibi çözünürlük pH'a bağımlı olarak değişkenlik göstermektedir. Mercimek protein izolatlarının çözünürlükleri (%) Çizelge 4.6'da verilmiştir. Ayrıca, mercimek protein izolatlarının pH değerine karşılık çözünürlük yüzdeleri grafiksel olarak Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 : Protein izolatlarının farklı pH değerlerindeki çözünürlükleri*.

Türler	pH3(%)	pH5(%)	pH7(%)	pH9(%)
KMPI	47,02±2,35 ^b	6,95±0,48 ^{ab}	90,68±3,61 ^{abc}	93,40±1,58 ^b
TPI	39,42±3,79 ^{bc}	8,68±0,60 ^a	97,58±3,39 ^a	100,0±0,00 ^a
ÇPI	13,32±2,85 ^d	5,87±0,83 ^b	96,66±1,83 ^{ab}	99,85±0,25 ^a
CPI	33,81±1,97 ^c	6,03±0,83 ^b	88,36±2,90 ^{bc}	99,05±1,23 ^a
YPI	67,30±2,17 ^a	5,67±0,44 ^b	84,79±1,88 ^c	90,01±1,86 ^b

KMPI: Kahverengi mercimek protein izolatı, TPI: Tigris protein izolatı, ÇPI: Çağır protein izolatı
CPI: Ceren protein izolatı, YPI: Yusufhan protein izolatı

*Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

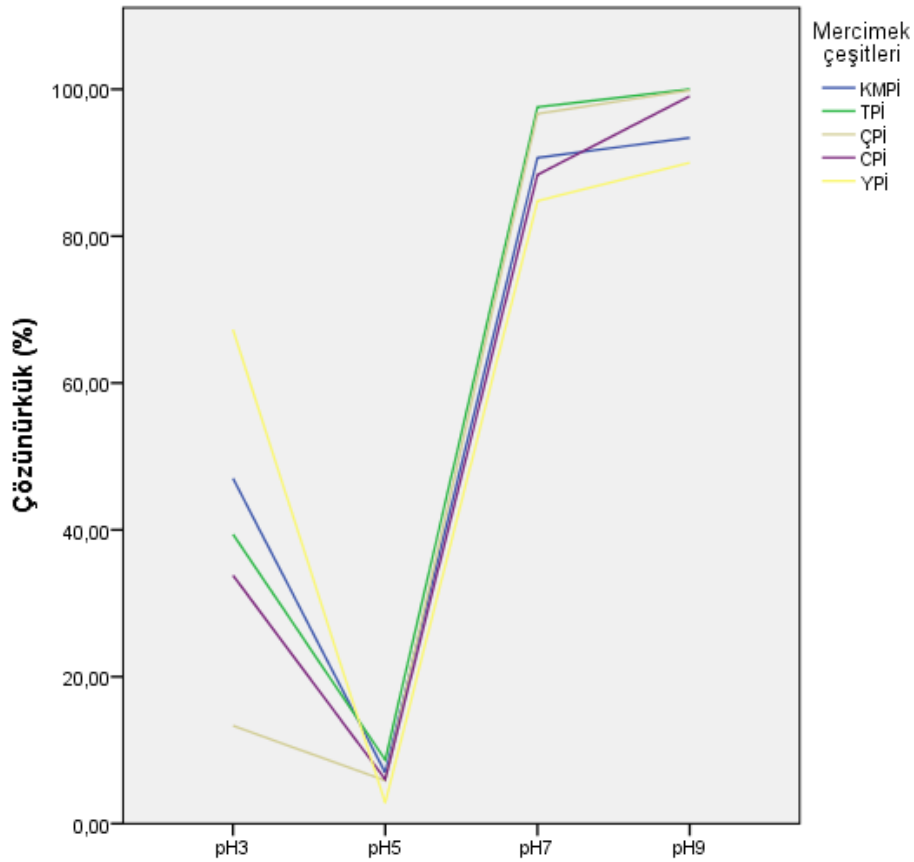
Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerinin pH 3'teki çözünürlük değerleri %13,32 ve %67,30 arasında değişmiştir. YPI pH 3'te önemli farkla en çok çözünen çeşit (%67,30±2,17) ve ÇPI pH 3'te en az çözünürlük (%13,32±2,85) gösteren çeşittir (p<0,05). YPI'nin asidik ortamda (pH 3) diğer türlere göre oldukça yüksek oranda çözünürlük göstermesi asidik içeceklerde kullanılabilecek en uygun aday olarak öne çıkmaktadır.

Beş yerel mercimek türünden izoelektrik çöktürme metoduyla elde edilen protein izolatlarının çözünürlükleri farklı pH değerlerinde incelendiğinde, tüm çeşitlere ait pH 5'teki çözünürlükleri diğer pH (pH 3, 7 ve 9) değerlerine kıyasla en düşüktür.

Mercimek çeşitleri için pH 5'teki çözünürlük değerleri %5,67 (YPI) ve %8,63 (TPI) değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. pH 5'teki çözünürlük değerleri sırasıyla TPI>KMPI~CPI~ÇPI~YPI şeklinde sıralanmaktadır ($p<0,05$). Ayrıca, YPI, CPI ve ÇPI'nin protein çözünürlükleri arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$).

Mercimek çeşitlerine ait protein izolatlarının pH 7'deki protein çözünürlüğü yüksek bulunmuş ve değerler %84,79 ve %97,58 aralığında değişkenlik göstermiştir. pH 7'ye ait protein çözünürlükleri TPI>KMPI~CPI~ÇPI>YPI şeklinde sıralanmaktadır ($p<0,05$). Ayrıca, KMPI, CPI ve ÇPI'nin protein çözünürlükleri arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$).

Mercimek türlerinden izole edilen proteinlerin diğer pH değerlerine kıyasla maksimum çözünürlük gösterdiği nokta pH 9 olarak bulunmuştur. Bu noktadaki protein çözünürlükleri %90 (YPI) ve %100 (TPI) aralığında değişmektedir. TPI, ÇPI ve CPI'nin pH 9 değerindeki çözünürlükleri ($99,70\pm0,83$), YPI ve KMPI'nin proteinlerin çözünürlüklerinden ($91,70\pm2,42$) daha yüksektir ($p<0,05$).



Şekil 4.1 : Protein izolatlarının çözünürlük yüzdeleri.

Protein çözünürlüğünün en yüksek olduğu bölge pH değeri alkali değerlere ayarlandığında gözlemlenmiştir. Barbunya proteinin çözünürlük eğrisi diğer baklagil proteinlerinin genel olarak sahip olduğu çözünürlük eğrisinin U-şeklinde olduğu belirtilmiştir (Rahmati ve diğ, 2018).

Ladjal-Ettoumi ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada, bezelye, nohut ve mercimek baklagillerinden elde edilen protein ekstraktlarının çözünürlüklerini pH 2-8 aralığında incelemişlerdir. Mercimek, nohut ve protein için çözünürlük değeri pH 4,5'te minimum olup yüksek asidik (pH 2) ve yüksek bazik noktalarda (pH 8) ise çözünürlük maksimum değere ulaşmıştır. Bunun temel nedeni ise, yüksek pH (bazik) değerlerinde artan net negatif yüklerin toplanmış olan proteinleri çözmesi ve düşük pH (asidik) değerlerinde artmış olan pozitif net yüklerin çözünürlüğe katkı sağlaması olarak açıklanmıştır.

Ko ve diğ. (2017) mercimekten izole edilen proteinlerin çözünürlüklerini pH 1,8 ve 11,8 arasındaki değerleri incelemişlerdir ve minimum çözünürlüğün olduğu değerleri pH 4 ve 6 aralığında bulmuşlardır. Yüksek asidik ve bazik pH değerlerinde ise çözünürlük maksimum değerlere ulaşmıştır. pH 4,7'de elektriksel yükün azlığı su bağlama ve protein çözünürlüğünü olumsuz olarak etkilemiştir. Protein çözünürlüğü pH 10'da %70 iken pH 2'de %53 olarak bulunmuştur. Ayrıca, pH 12'de protein çözünürlüğü %85 iken pH 4'te protein çözünürlüğü %20'dir. Asidik pH değerlerinde protein çözünürlüğünün bazik değerlere göre nispeten düşük olmasının protein denatürasyonundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Mercimek proteinlerinin asidik pH bölgelerinde yüksek çözünürlük göstermesi gıda formülasyonları için önemli bir avantajdır.

Joshi ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada farklı kurutma metotlarının uygulandığı mercimek protein izolatlarının pH 7'de 60 dk karıştırma işlemi sonunda çözünürlükleri kıyaslandığında püskürtmeli kurutucu kullanılarak elde edilen izolatların çözünürlüğü (%81,19), liyofilize edilmiş (%78,39) ve vakumla kurutulmuş (%50,34) örneklerle göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun temel sebebi kurutma yöntemine bağlı olarak değişen oranda kısmi protein denatürasyonu olarak ifade edilmiştir.

Jarpa-Parra ve diğ. (2015) yürüttükleri çalışmada mercimek protein ekstraktlarının minimum çözünürlük gösterdiği değerleri pH 4 ve 5 aralığında bulmuşlardır.

İzoelektrik noktadan uzaklaştıkça protein çözünürlüğü önemli bir şekilde artmaktadır. pH 2’de protein çözünürlüğü %75’ten fazla ve pH 8’de ise çözünürlük %70-97 aralığında bulunmuştur. Bunun temel nedeni ise kullanılan bu proteinlerin önemli miktarda protein ve su molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını ve elektrostatik etkileşimler gibi hidrofilik etkileşimleri kuvvetlendirecek glutamin/glutamik asit, asparagin/aspartik asit, lisin ve arginin gibi polar ve hidrofilik amino asitleri içermesi olarak belirtmiştir.

Nohut ve mercimek türlerinden elde edilen protein konsantrelerinin suda çözünür protein içeriklerinin sırasıyla 47-52 g/100 g ve 56-74 g/100 g aralığında değiştiği bildirilmiştir. Mercimek protein konsantrelerinin suda çözünür protein miktarının ortalama değeri, suda çözünen nohut protein miktarının ortalama değerinden yaklaşık 1,3 kat daha fazladır (Aydemir ve Yemenicioğlu, 2013).

Can Karaca ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada izoelektrik çöktürme ve tuz ekstraksiyonu ile izole edilen bezelye, mercimek ve nohut proteinlerinin nötr ortamdaki (pH 7) çözünürlükleri kıyaslandığında izoelektrik çöktürme ile elde edilen proteinlerin çözünürlüklerinin (~%85,9), tuz ekstraksiyonu ile elde edilen proteinlere göre (~%61,5) oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. Mercimek protein izolatlarının pH 7’deki çözünürlükleri sırasıyla izoelektrik çöktürme yöntemi için %90,73 ve tuz ekstraksiyonu metodu için ise %89,99 olarak bulunmuştur. Yüksek çözünürlüğe sahip protein izolatlarının aynı zamanda düşük yüzey hidrofobikliğine ve yüksek net yüzey yüküne sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, düşük çözünürlüğe sahip bezelye proteinleri gibi izolatların yüksek yüzey hidrofobikliğe ve düşük yüzey yüküne sahip olduğu bildirilmiştir.

Boye ve diğ. (2010b) yaptıkları çalışmada bezelye, nohut, yeşil ve kırmızı mercimek türleri protein konsantrelerinin çözünürlüğünü pH 1-10 aralığında incemişlerdir. Genel olarak, bütün çeşitlere ait protein çözünürlükleri en yüksek pH 1-3 ve pH 7-10 aralığında gözlemlenmiştir. Protein konsantrelerinin çözünürlüklerinin çoğunlukla pH 4,5 ve 6’da oldukça düşük olduğu belirtilmiştir. Yeşil ve kırmızı mercimeğe ait çözünürlük profilleri birbirine oldukça benzer olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerinden elde edilen protein izolatlarının çözünürlük profilleri literatürdeki verilerle kıyaslandığında bulunan sonuçların beklenildiği gibi literatür verileriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

4.4.2 Jelleşme kapasitesi

Minimum jel oluşturma konsantrasyonun düşük olması proteinlerin jel oluşturma performansının daha iyi olduğunu göstermektedir. Mercimek unundan elde edilen protein izolatlarının jelleşme kapasiteleri minimum jelleşme konsantrasyonu cinsinden Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Protein izolatlarının minimum jelleşme konsantrasyonu.

Protein izolatı	KMPİ	TPİ	ÇPİ	CPI	YPI
MJK (%)	%15	%13	%13	%11	%11

KMPİ: Kahverengi mercimek protein izolatı, TPİ: Tigris protein izolatı, ÇPİ: Çağır protein izolatı
CPI: Ceren protein izolatı, YPI: Yusufhan protein izolatı, MJK: Minimum jelleşme konsantrasyonu.

Bu çalışmada kullanılan yeşil mercimek türü olan CPI ve YPI'ye ait MJK değeri 11 (g protein/100 g) dir. Kırmızı mercimek çeşitleri olan TPİ ve ÇPİ'nin minimum jel oluşturma konsantrasyonu 13 (g protein/100 g) olarak bulunmuştur. Kahverengi mercimeğin sert ve stabil jel oluşturma için gereken protein izolatının MJK değeri ise 15 (g protein/100 g)'dır.

Soya ve hayvansal kaynaklı proteinlere alternatif olarak kullanılacak nohut, yeşil ve kırmızı mercimek çeşitlerinin fonksiyonel özelliklerinin incelenip karşılaştırıldığı çalışmada, kabuli türüne ait nohut çeşitleri protein ekstraktlarının jel oluşturma performansı (5-7 g protein/100 g) kırmızı ve yeşil mercimek türleri, süt proteinleri, soya ekstraktı ve balık jelinden daha iyi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, mercimek proteinlerinin minimum jel oluşturma kapasitesi süt proteinleriyle benzer olup 12 ve 14 (g protein/100 g) aralığında bulunmuştur. Jel oluşturma kapasitesinin geniş aralıkta değişkenlik göstermesinin başlıca sebebinin bakliyat çeşitliliği ve türler arasındaki varyasyonlar olabileceği belirtilmiştir (Aydemir ve Yemenicioğlu, 2013).

Farklı pH (3, 5 ve 7) değerlerinin mercimek ekstraktlarının jel oluşturma özelliğine etkisinin incelendiği çalışmada, pH değerlerinin jel oluşturma kapasitesini önemli ($p>0,05$) ölçüde etkilemediği belirtilmiştir. Ayrıca, tüm mercimek proteini ekstraktlarının MJK değerleri 8 ve 10 (g protein/100 g) aralığında değiştiği bildirilmiştir (Jarpa-Parra ve diğ, 2015).

Farklı kurutma metotlarıyla elde edilmiş mercimek protein izolatlarının MJK değerlerinin kıyaslandığı çalışmada, liyofilize edilerek kurutulan ve püskürtmeli

kurutucu kullanılarak kurutulan protein izolatlarının jelleşme kapasitesi aynı olup ve %11 (g protein/100 ml) olarak bulunmuştur. Genotip, protein ekstraksiyon ve kurutma koşulları, protein saflığı ve ekstrakt bileşiminin yanı sıra saklama koşulları baklagillerin jelleşme özelliklerini etkileyebilen faktörler olarak düşünülmektedir (Joshi ve diğ, 2012).

Boye ve diğ. (2010b) yaptıkları çalışmada ultrafiltrasyon ve izoelektrik çöktürme yöntemi kullanılarak elde ettikleri protein ekstraktlarının jel oluşturma kapasiteleri kıyaslandığında ultrafiltrasyon metodu ve izoelektrik çöktürme metodu kullanılarak elde edilen yeşil mercimek proteinlerinin MJK değerleri sırasıyla %8 ve %12 olarak belirtilmiştir. Aynı şekilde ultrafiltrasyon metodu ve izoelektrik çöktürme metodu kullanılarak elde edilen kırmızı mercimek proteinlerinin oluşturdıkları MJK değerleri ise sırasıyla %10 ve %12 olarak bulunmuştur. Proteinleri farklı yöntem ile elde etmenin ve mercimek türünün proteinlerin jel oluşturma kapasitesini etkileyen en önemli etmenler olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimekten elde edilen protein izolatlarının MJK değerleri literatürdeki verilerle karşılaştırılmış ve bulguların literatür değerleri arasında olduğu gözlemlenmiştir.

4.4.3 Su tutma ve yağ tutma kapasiteleri

Bu çalışmada kullanılan yerel mercimek çeşitlerinden elde edilen protein izolatlarının su ve yağ tutma kapasiteleri Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 : Protein izolatlarının su ve yağ tutma kapasiteleri*.

Protein izolatı	KMPİ	TPİ	ÇPİ	CPI	YPİ
Su tutma kapasitesi (g/g)	1,45±0,20 ^a	1,36±0,06 ^a	1,37±0,02 ^a	1,38±0,07 ^a	1,5±0,20 ^a
Yağ tutma kapasitesi (g/g)	3,46±0,27 ^{ab}	3,58±0,47 ^{ab}	4,18±0,67 ^a	2,73±0,11 ^b	4,12±0,25 ^a

KMPİ: Kahverengi mercimek protein izolatı, TPİ: Tigris protein izolatı, ÇPİ: Çağır protein izolatı
CPI: Ceren protein izolatı, YPİ: Yusufhan protein izolatı

*Sonnklar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerinden elde edilen protein izolatlarının su tutma kapasiteleri protein izolatu gramının absorbe ettiği su miktarı olarak ifade edilmiş ve değerler 1,36 (g/g) (TPI) ve 1,5 (g/g) (YPI) arasında değişmektedir. Beş mercimek çeşidine ait su tutma kapasitesi ortalama $1,41 \pm 0,12$ (g/g)'dir. Bulunan değerler arasındaki farklılık önemli düzeyde değildir ($p > 0,05$).

Boye ve diğ. (2010b) yaptıkları çalışmada izoelektrik çöktürme yöntemiyle elde edilen baklagillerin su tutma kapasitelerinin 0,6 ve 2,7 (g/g) aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Yeşil mercimek ekstraktlarının su tutma kapasitelerinin ultrafiltrasyon metoduyla elde edilen nohut ekstraktlarına göre oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kırmızı ve yeşil mercimek ekstraktlarının su tutma kapasiteleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bunun aynı baklagil cinsine ait olmalarından kaynaklandığı belirtilmiştir. Bezelye proteinlerinden sonra su tutma kapasitesi en yüksek çeşitlerin yeşil ve kırmızı mercimek türleri olduğu bildirilmiştir.

Aydemir ve Yemenicioğlu'nun (2013), yaptıkları çalışmada 4 kırmızı ve 2 yeşil mercimek kullanılmıştır. Kullanılan mercimek ekstraktlarının su tutma kapasiteleri 1,04 ve 1,47 (g/g) aralığında bulunmuştur. Kullanılan nohut çeşitleri ekstraktlarının su tutma kapasitelerinin mercimek protein ekstraktlarından yaklaşık olarak 6 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir. Kullanılan üç mercimek türünün su tutma kapasitesinin ise soya proteini ekstraktıyla benzer olduğu bildirilmiştir.

Ko ve diğ. (2017), yaptıkları çalışmada protein oranı %84,12 olan mercimek protein izolatının su tutma kapasitesi g protein başına düşen su miktarı olarak ifade edilmiştir ve 1,82 (g/g) olarak bulunmuştur. Joshi ve diğ. (2012) ise yaptıkları çalışmada liyofilize edilmiş mercimek proteinlerinin su tutma kapasitesi püskürtmeli kurutucu ve vakumlu kurutucu kullanılarak elde edilen protein izolatlarının su tutma kapasitesinden yüksek olduğunu belirtilmiş ve 0,48 (g/g) olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait mercimekten elde edilen protein izolatlarının su tutma kapasiteleri literatürle kıyaslanmıştır ve literatürdeki veri aralığının belirtilen bulguları kapsadığı gözlemlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada mercimek protein izolatlarının yağ tutma kapasiteleri protein izolatu gramının absorbe ettiği yağ miktarı olarak ifade edilmiş en az 2,73 (CPI) ve en çok 4,18 g/g (CPI) aralığında değişmektedir. YPI ve CPI'nin yağ tutma kapasiteleri

(4,14±0,45 g/g) CPİ'nin yağ tutma kapasitesinden (2,73±0,11 g/g) yüksektir (p<0,05).

Aydemir ve Yemenicioğlu'nun (2013) yaptıkları çalışmada nohut çeşitlerinden elde edilen protein ekstraktlarının ortalama yağ tutma kapasitesi mercimek ekstraktlarının ortalama yağ tutma kapasitelerinden 1,6 kat daha fazladır. Mercimek ekstraktlarının yağ tutma kapasiteleri soya protein ekstraktı ve yumurta akı proteinleriyle kıyaslandığında benzer olduğu belirtilmiştir. Mercimek protein izolatlarının yağ tutma kapasiteleri en az 6,90 ve en yüksek 10,44 (g yağ/ g protein ekstraktı) olarak belirlenmiştir. Bu bulguların diğer çalışmalardan nispeten yüksek olmasının sebeplerinin protein ekstraksiyon koşulları, protein yapısı, kurutma süresi ve yağ tipi gibi durumlardan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, baklagil türünün, büyüme koşullarının ve ikliminde bu farka sebep olduğu düşünülmektedir.

Ko ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada mercimek protein izolatının yağ tutma kapasitesinin 1,95 ml yağ/ g protein olarak belirtmiştir. Bu çalışmada elde edilen yağ tutma kapasitesi verileri literatürdeki bulgularla karşılaştırılıp, sonuçların bu bulgular arasındaki değerler olduğu tespit edilmiştir

4.4.4 Emülsiyon oluşturma kapasitesi ve stabilitesi

Bu çalışmada kullanılan mercimek proteinlerinin emülsiyon oluşturma özellikleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Mercimek proteinlerinin emülsiyon oluşturma özellikleri*.

Mercimek türleri	EK (g/g)	EAİ (m ² /g)	ESİ (dk)
KMPİ	403,8±2,2 ^c	24,16±2,57 ^a	79,20±1,58 ^b
TPİ	404,0±3,8 ^c	23,32±0,35 ^a	125,52±7,02 ^a
ÇPİ	404,7±3,1 ^c	24,20±0,59 ^a	63,60±1,09 ^c
CPİ	468,2±0,9 ^a	18,84±0,65 ^b	91,59±1,64 ^b
YPİ	441,8±8,1 ^b	18,94±0,48 ^b	43,39±4,18 ^d

KMPİ: Kahverengi mercimek protein izolatı, TPİ: Tigris protein izolatı, ÇPİ: Çağır protein izolatı
CPİ: Ceren protein izolatı, YPİ: Yusufhan protein izolatı, EK: Emülsiyon oluşturma kapasitesi, EAİ: Emülsiyon aktivite indeksi, ESİ: Emülsiyon stabilite indeksi.

*Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

EK, ESİ ve EAİ ölçümleri %0,25 (g/g) protein konsantrasyonunda ve 50:50 yağ:su karışım oranında hazırlanan emülsiyonlar üzerinden yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait protein izolatlarının emülsiyon oluşturma kapasiteleri en az 403,8 g yağ/g protein (KMPİ) ve en çok 468,2 g yağ/g protein (CPI) aralığında değişmektedir. CPI'nin EK'sı ($468,2 \pm 0,9$ g yağ/g protein) kendisinden sonra gelen YPI'nin EK'sından ($441,8 \pm 8,1$ g yağ/g protein) yüksektir ($p < 0,05$). Ayrıca, CPI, KMPİ ve TPI'nin EK'ları 5 tür içerisinde en az değerlere sahip olup ($404,1 \pm 2,8$ g yağ/g protein) aralarındaki fark önemli değildir ($p > 0,05$).

Emülsiyon oluşturma kapasitesi, belirli protein miktarının belirli koşullar altında maksimum yağ miktarını emülsifiye edebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Nohut, bakla, mercimek ve bezelye baklagillerinden farklı metotlar kullanılarak elde edilen protein izolatlarının emülsiyon oluşturma özellikleri incelendiğinde izoelektrik çöktürme metoduyla elde edilen mercimek protein izolatının EK değeri 484,4 g yağ/g protein olarak ifade edilmiştir (Can Karaca ve diğ., 2011).

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimek türüne ait protein izolatlarının emülsiyon oluşturma kapasiteleri literatürdeki veriler ile kıyaslandığında, bulguların nispeten yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, elde edilen verilerin daha düşük olmasının sebepleri kullanılan mercimek çeşidinden, yağ tipinden, protein konsantrasyonlarından, çalışılan pH aralığından ve homojenizasyon koşullarından kaynaklanabilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimek çeşidine ait protein izolatının EAİ değeri en az 18,84 (CPI) ve en çok 24,20 m^2/g protein (CPI) arasında değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan KMPİ, CPI ve TPI'nin EAİ değerleri ($23,89 \pm 1,42$ m^2/g protein) CPI ve YPI'ye ait EAİ'den ($18,89 \pm 0,59$ m^2/g protein) yüksektir ($p < 0,05$).

Boye ve diğ. (2010b), yaptıkları çalışmada bakliyat çeşitlerine ait protein konsantrasyonlarının EAİ değerlerinin 4,6 (bezelye) ve 5,7 m^2/g protein (nohut) aralığında değiştiğini belirtmişlerdir. Yeşil ve kırmızı mercimeğe ait EAİ değerlerinin de bu aralıkta olduğu ifade edilmiştir.

Baklagillerden izoelektrik çöktürme ve tuz ekstraksiyonu metotlarıyla elde edilen protein izolatlarının EAİ değerleri kıyaslandığında, izoelektrik çöktürme metoduyla elde edilen izolatların EAİ değerlerinin tuz ekstraksiyonu ile elde edilen izolatların EAİ değerlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca, mercimek protein

izolatının EAİ değerinin 44,51 m²/g protein olup bezelye, bakla ve soya proteinleriyle yakın olduğu bildirilmiştir (Can Karaca ve diğ, 2011).

Mercimek protein izolatının arayüzey özelliklerinin ve emülsiyon oluşturma özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, pH değerlerinin protein izolatının EAİ değerlerini önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Protein izolatlarının pH 3 ve pH 7'de çözündürülerek hazırlanan emülsiyonların EAİ değerlerinin sırasıyla 130,2 ve 111,3 (m²/g protein) olduğu bildirilmiştir. Değerler birbirine benzer olup pH 5 ve pH 6'daki EAİ değerlerinden yüksektir. Bunun temel nedeninin ise pH 5 ve pH 6 değeri izoelektrik noktaya yakın olduğundan dolayı proteinlerin burada çöküp yeterli fonksiyonel özelliklerini gösterememiş oldukları belirtilmiştir (Joshi ve diğ, 2012).

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimek türünden izoelektrik çöktürme yöntemiyle elde edilmiş protein izolatlarının EAİ değerleri literatürle kıyaslanmıştır ve bulgular bazı çalışmalara göre farklılık göstermesine rağmen bu değerlerin literatür verileri arasında yer aldığı gözlemlenmiştir. Bu farklılığın kullanılan mercimek çeşidinden, ekstraksiyon koşullarından, çözünürlük, yüzey hidrofobikliği ve arayüzey gerilimindeki olası farklılardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan mercimek protein izolatlarının emülsiyon stabilite indeksi (ESİ) zaman (dk) cinsinden ifade edilmiş olup en az 43,39 dk (CPI) ve en çok 125,52 dk (TPI) olarak hesaplanmıştır. TPI'nin ESİ değeri sırasıyla diğer tüm çeşitlerden CPI (91,59 dk)~KMPI (79,20 dk)>ÇPI (63,60 dk)>YPI (43,39 dk) yüksektir (p<0,05). Ayrıca, CPI ve KMPİ'nin ESİ değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır (p>0,05).

Can Karaca ve diğ. (2011)'nin yaptıkları çalışmada izoelektrik çöktürme yöntemiyle elde edilen protein izolatlarının ESİ değerlerinin tuz ekstraksiyonu metodu kullanılarak elde edilen protein izolatlarından oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. Mercimek proteinlerinin ESİ değeri 86,79 dk olup soya ve bakla proteinlerine benzer bulunmuştur.

Boye ve diğ. (2010b)'nin yaptıkları çalışmada bezelye, nohut ve mercimek türlerinden elde edilen proteinlerin ESİ değerleri ortalama 20 dk olarak belirlenmiştir. Joshi ve diğ. (2012) ise yürüttükleri çalışmada pH değerlerinin mercimek protein izolatlarının ESİ değerlerini önemli ölçüde etkilediğini gözlemlemişlerdir. ESİ değerleri en az 27 (pH 5) ve en çok 245 saat (pH 3)

aralığında değişmektedir. Farklı pH değerlerindeki ESI'lerin büyük değişkenlik göstermesi, protein izolatlarının izoelektrik noktaya yakın noktalarda çözünürlüğünün az olup; izoelektrik noktadan uzaklaştığı pH değerlerinde çözünürlüğün yüksek olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan 5 farklı mercimek çeşidine ait protein izolatlarının ESI değerleri literatürdeki verilerle kıyaslanmıştır. Literatürdeki veriler kullanılan metotlara bağlı olarak değişkenlik göstermesine rağmen, bulguların bu verilerdeki değerler arasında olduğu saptanmıştır. Önemli farklılığın nedenlerinin, kullanılan mercimek çeşidi, protein izolatu elde etme yöntemi ve emülsiyon hazırlama aşamasındaki değişikliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, değerler arasındaki farklılıkların yüzey yükü, çözünürlük, yüzey hidrofobikliği ve yüzey yükü ile yüzey hidrofobikliği arasındaki etkileşimlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.4.5 Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimek türünden elde edilen protein izolatlarının köpük oluşturma özellikleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 : Protein izolatlarının köpük oluşturma özellikleri*.

Türler	KK (%)	KS 10 dk	KS 30 dk	KS 180 dk
KMPİ	91,33±2,31 ^a	82,44±1,55 ^a	74,73±0,47 ^a	69,75±2,97 ^a
TPİ	90,00±0,0 ^a	85,64±1,78 ^a	76,92±0,00 ^a	69,74±0,89 ^a
ÇPİ	76,67±5,78 ^{bc}	82,05±1,48 ^a	77,25±4,55 ^a	73,05±3,68 ^a
CPİ	71,33±2,31 ^c	83,54±1,37 ^a	73,64±3,48 ^a	68,85±5,38 ^a
YPİ	84,67±5,03 ^{ab}	88,26±3,56 ^a	73,52±0,72 ^a	71,17±1,14 ^a

KMPİ: Kahverengi mercimek protein izolatu, TPİ: Tigris protein izolatu, ÇPİ: Çağır protein izolatu, CPİ: Ceren protein izolatu, YPİ: Yusufhan protein izolatu, KK: köpük oluşturma kapasitesi, KS: köpük oluşturma stabilitesi

*Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerine ait protein izolatlarının köpük oluşturma kapasiteleri en az %71,33 (CPİ) ve en çok %91,33 (KMPİ) aralığında değişmektedir. En yüksek köpük oluşturma kapasitesine sahip türler KMPİ ve TPİ (%90,67±0,94)

olarak bulunmuştur. CPI ise en düşük köpük oluşturma kapasitesine sahiptir (%71,33±2,31) ($p<0,05$).

Kullanılan çeşitlerin 10 dk sonundaki köpük oluşturma stabilite değerleri ise en az %82,05 (CPI) ve en çok %88,26 (YPI) aralığında değişmektedir. Köpük oluşturma stabilitesi 30 dk sonunda ise en düşük %73,52 (YPI) ve en yüksek %77,25 (CPI) aralığında değişmiştir. Protein izolatlarının 180 dk sonundaki köpük oluşturma stabilitesi ise en az %68,85 (CPI) ve en çok %73,05 (CPI) değerleri arasındadır. Protein izolatlarına ait 10, 30 ve 180. dk sonundaki köpük stabilitesi değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Ko ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada köpük oluşturma kapasitesi ve 30 dakika sonundaki köpük stabilitesini sırasıyla %22,67±0,06 ve %50,11±0,05 olarak bulmuşlardır. Bulunan düşük köpük oluşturma kapasitesinin ve stabilitesinin nedeninin ise bitkilerin genelinde bulunan globüler proteinlerin düşük köpürme özelliklerinden dolayı olabileceği belirtilmiştir.

Jarpa Parra ve diğ. (2015) yürüttükleri çalışmada farklı pH (8,9 ve 10) değerlerinde elde ettikleri mercimek protein konsantrelerinin farklı pH değerlerinde çözeltiler hazırlayarak köpük oluşturma kapasitesini ve stabilitesini incelemişlerdir. Protein ekstraksiyonunda çalışılan farklı pH değerlerinin elde edilen protein konsantrelerinin köpük oluşturma kapasitesini ve stabilitesini önemli ölçüde etkilemediğini belirtmişlerdir. Ancak, protein çözeltisi hazırlanırken çalışılan farklı pH koşullarının incelenen fonksiyonel özellikleri önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir. En düşük köpük oluşturma kapasitesi (%550) izoelektrik noktaya yakın olduğu için pH 5'te gözlemlenmiştir. pH değeri 3'e indirildiğinde, mercimek proteinleri %680 civarında yüksek köpük oluşturma kapasitesi göstermiştir ve bu sonuçların yumurta akı proteinleriyle yarışabilir olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, tüm örnekler protein ekstraksiyon pH'sına bağlı olmadan yüksek köpük stabilitesi göstermiştir. Köpük stabilitesinin ise 30 dk sonunda %77 ila %84 aralığında değiştiği bildirilmiştir. Proteinlerin köpük oluşturma kapasitesi sıvı-gaz arayüzeyine ulaşma, hızlı bir şekilde emilme ve çözülme gibi yetenekleriyle ilgilidir. Mercimek proteinlerinin yüksek köpük oluşturma kapasitesi, yüksek çözünürlüğe ve dengeli hidrofilik-hidrofobik segment içeren karakteristik amino asitleri içermesi ile açıklanmaktadır.

Ghribi ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada liyofilize edilerek ve konvektif kurutularak elde edilen nohut protein konsantrelerinin köpük oluşturma kapasitesini %41,93 ve %58,06 aralığında ölçmüşlerdir. Boye ve diğ. (2010b) ise yürüttükleri çalışmada ultrafiltrasyon ve izoelektrik çöktürme ile elde edilen protein konsantrelerinin hapsedilmiş gaz yüzdesi cinsinden ifade edilen köpük oluşturma kapasitesinin %98 ve %106 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait mercimek protein izolatlarının köpük oluşturma kapasiteleri ve stabiliteleri literatürdeki verilerle kıyaslanmıştır. Bulunan sonuçlar literatürdeki bulguların bir kısmından yüksek diğer bir kısmından ise düşük olarak bulunmuştur. Bulguların literatür verileri arasında olduğu ve uyumlu olduğu saptanmıştır. Farklılıkların sebebi ise kullanılan mercimek çeşidi, protein elde etme yöntemi ve köpük oluşturma kapasitesi analizlerindeki değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.5 Protein izolatlarının termal özellikleri

Proteinlerin termal özellikleri jelleşme davranışları ve stabiliteleri ile yakından ilişkili olup yeni ürün uygulamalarında önemli parametrelerdir. Yüksek denatürasyon sıcaklığı (T_d) genellikle termal kararlılığı yansıtmaktadır. Ayrıca, T_d özellikle üçüncül ve kuaterner yapıları kuvvetlendiren hidrojen bağlarının bozulmasını da yansıtmaktadır. Buna dayanarak, daha yüksek bir T_d 'ye sahip proteinler yapısal olarak yoğun miktarda üçüncül protein yapısına sahiptir (Tang ve Sun, 2010; Tang ve Sun, 2011).

Isıl işlem sırasında, ΔH protein denatürasyon oranını gözlemlemek için kullanılmıştır. Ayrıca, bitkisel proteinlerin yapılarının düzen durumu hakkında bilgi vermesi amacıyla kullanılmıştır (Ghribi ve diğ, 2015). Proteinlerin termal kararlılığı yüksek miktarda disülfid bağları içermesi, asidik/bazik amino asit oranı, polar yüksüz amino asit içeriği ve polipeptidlerin heterojenliği ile ilişkilidir (Shevkani ve diğ, 2015).

Bu çalışmada incelenen mercimek çeşitlerinden elde edilen protein izolatlarının termal özellikleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Protein izolatlarının termal özellikleri.

Protein İzolatı	T ₀ (°C)	T _d (°C)	ΔH (J/gr)
CPI	55,89	96,05	87,78
ÇPI	61,92	105,25	93,16
KMPI	61,36	101,61	70,26
TPI	67,98	108,31	93,93
YPI	61,07	102,00	115,4

KMPI: Kahverengi mercimek protein izolatı, TPI: Tigris protein izolatı, ÇPI: Çağır protein izolatı
CPI: Ceren protein izolatı, YPI: Yusufhan protein izolatı

T₀: Başlangıç sıcaklığı, °C, T_d: Denatürasyon sıcaklığı, °C, ΔH: Denatürasyon entalpisi, J/g

Eklerde sunulmuş olan termogramlarda da görüleceği üzere, proteinlerin termal geçişine açıkça atfedilebilecek belirgin endotermik pikler vardır. Bu çalışmada kullanılan protein izolatlarının denatürasyon sıcaklıkları 96,05°C (CPI) ve 108,31°C (ÇPI) aralığında değişmektedir. Ayrıca, protein izolatlarına ait denatürasyon entalpi değerleri 70,26 J/g ve 115,4 J/g aralığında değişmektedir. Mercimek türlerinden en erken ve en geç denatürasyon başlangıç sıcaklığını gösteren çeşitler sırasıyla CPI (55,89°C) ve TPI'dir (67,98°C).

Bezelye, nohut ve mercimekten elde edilen protein izolatlarının termal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, en yüksek denatürasyon sıcaklığı (T_d) mercimek proteini (106,5°C) için gözlemlenmiş olup onu bezelye proteini (104,6°C) takip etmiştir. Nohut proteini ise en az kararlılığa sahip olup T_d değeri 87,2 °C olarak bulunmuştur. Elde edilen verilere göre mercimek proteinin termal kararlılığı en yüksektir. Ayrıca, mercimek ve bezelye proteinlerinin yüksek termal kararlılığa sahip olmasının yüksek legümin içeriğiyle alakalı olabileceği belirtilmiştir. Bunun nedeni ise, yoğun heksamerlerden oluşan legüminin sıcaklıkla visilin trimerlerinden daha zor denatüre olmasıdır (Ladjal-Ettoumi ve diğ, 2015).

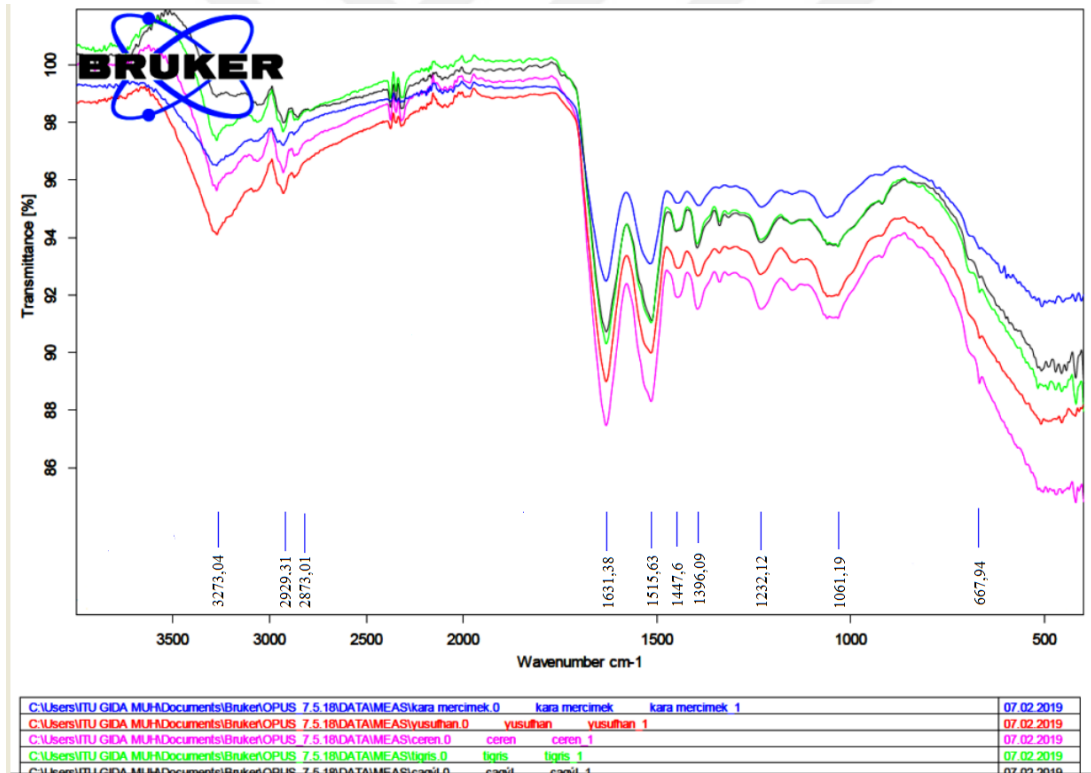
Liyofilize edilerek, 40°C ve 50°C de kurutularak elde edilen farklı nohut protein konsantrelerinin termal özelliklerinin incelendiği çalışmada, örneklerin denatürasyon sıcaklıkları 127°C ve 135°C aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu protein örneklerinin entalpi değerleri 75,93 J/g ve 175,75 J/g aralığında bulunmuştur (Ghribi ve diğ, 2015).

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel mercimek türünden elde edilen proteinlerin T_d değerleri ve diğer termal özellikleri literatürde yer alan verilerle kıyaslandığında, bulunan sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.

4.6 Proteinlerin Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ölçümleri

Kızıl ötesi (IR) spektroskopisi, inorganik ve organik bileşiklerin yapılarının karakterize edilmesinde kullanılmaktadır. Prensip olarak, IR spektrumu bileşiği meydana getiren atomlar arasındaki bağların titreşimleriyle oluşan frekanslarına karşılık gelen absorpsiyon pikleri ile numunenin parmak izi belirlenmektedir (Büyüksırt ve Kuleaşan, 2014).

Bu çalışmada kullanılan mercimek proteinlerinin FTIR spektrumları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Mercimek protein izolatlarının FTIR spektrumları.

FTIR spektroskopisi, ikincil yapı içeriği ve proteinlerin işlemlere maruz kaldıktan sonra konformasyonel değişimleri hakkında bilgi vermektedir (Akyüz ve diğ., 2017). Temel olarak protein, karbonhidrat ve sudan oluşan gıdaların yapısı ve içerdiği bağlar infrared spektrumunda kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Gıda bileşenlerin yapısı karakteristik absorpsiyon bantları ile doğrudan ilişkilidir. Kilit bantlar olarak

adlandırılan NH, OH, CH, C=O, C=C ve C=N bantları farklı fonksiyonel gruplardan kaynaklanmaktadır. Proteinleri; karbonil ester ve CH yapıları, karbonhidratları; COH grupları ve su yapısını ise HOH bağlanması göstermektedir (Erkahveci ve Karaali, 1996). Ayrıca, FTIR ile 1600 ve 1700 cm^{-1} aralığındaki absorpsiyon bölgesinde proteinlere ait ikincil yapılar olan α -sarmalı, β -levhası, β -turn ve düzensiz sargılar hakkında bilgi vermektedir (Abdollahi ve Undeland, 2018).

FTIR spektrumları incelendiğinde, proteinlerin başlıca N–H gerilme titreşimi, az miktarda O–H gerilimi ve moleküler arası H bağlarını yansıtan Amid A bölgesi tüm mercimek proteinleri için 3271-3273 cm^{-1} absorpsiyon bölgesindedir. Tüm protein izolatlarının protein yapısını temsil eden Amid I olarak tanımlanan büyük oranda C=O ve az oranda C=N gerilimini yansıtan bölge belirgin olarak tespit edilmiştir. Bu absorpsiyon bölgesi tüm yerel mercimek çeşitleri için 1630-1631 cm^{-1} aralığındadır. 1620-1640 cm^{-1} dalga boyu ikincil yapıların pik yaptığı bölgede bulunmakta ve β -levhasını temsil etmektedir. Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerinin ikincil yapıları temel olarak β -levhasından oluşmaktadır (Timilsena ve diğ., 2016). Ayrıca, protein yapısını temsil eden ikinci bölge ise Amid II olarak tanımlanan C–N gerilimini ve N–H bükülmesini içeren bölge belirgin olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yerel çeşitlerden elde edilen proteinlerin bu absorpsiyon bölgesi 1513-1517 cm^{-1} aralığındadır (Abdollahi ve Undeland, 2018).

Proteinleri oluşturan peptid gruplarının titreşim hareketlerini yansıtan üçüncü absorpsiyon bölgesi ise Amid III olarak tanımlanmakta ve C–N gerilimi ile N–H bükülmesini temsil etmektedir. ÇPİ, TPİ, YPİ ve CPİ için bu bölge 1230-1339 cm^{-1} aralığındadır. Ancak, bu bölge KMPİ için geniş bir aralığa sahip olup 1230-1392 cm^{-1} aralığındaki bölgedir.

FTIR spektroskopisinde proteinlere özgü başka bir bölge ise Amid IV bölgesi olup bu bölge 625-767 cm^{-1} dalga boyu aralığını temsil etmektedir. Yerel mercimek çeşitlerinden sadece CPİ bu bölgede pik yapmıştır. Pik dalga boyu CPİ için 667 cm^{-1} dir. Amid IV bölgesi OCN bükülmesini temsil etmektedir.

CH₂ bükülmesini temsil eden bölge az miktarda protein ve büyük oranda lipid olduğunu belirten bölge bu çalışmada kullanılan tüm mercimek proteinleri için 1445-1450 cm^{-1} dalga boyu aralığındadır. CH₂ asimetrik gerilimini temsil eden az miktarda

protein, nükleik asit, karbonhidrat ve büyük oranda yağ olduğunu belirten pik mercimek türleri için 2928-2930 cm^{-1} aralığındaki dalga boylarıdır.

CH_3 simetrik gerilimini temsil eden büyük oranda protein ve az oranda yağ içeriği olduğunu belirten bölge YPİ, Cİİ, KMPİ ve TPİ için mevcut olup pik değerleri 2872-2874 cm^{-1} aralığındadır. Ayrıca, CH_2 simetrik gerilimi az miktarda protein ve büyük oranda yağ olduğunu belirten bölge ise sadece ÇPİ için mevcut olup oluşturduğu pik değeri ise 2853 cm^{-1} dalga boyundadır.





5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kırmızı mercimek türü olan Tigris ve Çağıl, yeşil mercimek çeşidi olarak ise Yusufhan ve Ceren kullanılmıştır. Ayrıca, Malatya yöresinde yetiştirilmekte olan Kahverengi mercimek kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı tükenen hayvansal kaynaklar ve artan nüfus arasındaki uçurumu kapatmak adına alternatif kaynaklar olan bitkisel proteinlerle alakalı literatür araştırmalarını genişletmek ve Türkiye'de kıymeti bilinmesi gereken baklagil üretiminin ve bunlardan elde edilebilecek katma değerli bileşenlerin farkındalığını attırmaktır.

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerinin unlarına ait nem içerikleri %8,60 ila %10,93 aralığında, protein oranları %21,99 ila %26,22 aralığında değişkenlik göstermektedir. Yüksek protein içeriğine sahip Kahverengi mercimek, Tigris ve Çağıl mercimek türleri olup Ceren ve Yusufhan çeşitlerinden daha fazla protein içermektedir. Mercimek türlerinin unlarına ait kül oranları %2,18 ila %2,65 aralığında, ham yağ değerleri ise %1,18 ila %1,59 arasında değişkenlik göstermektedir.

Baklagil kuru tohumlarından protein elde etme amacıyla çeşitli işleme teknikleri uygulanmakta ve protein bakımından zengin konsantrasyonlar ve izolatlar elde edilmektedir. İzoelektrik çöktürme yöntemiyle elde edilen proteince zengin konsantre ve izolatların protein ekstraksiyonu sırasında sıcaklık, tuz içeriği ve pH gibi koşullara bağlı olarak protein içeriklerinde farklılık gösterebilir.

Bu çalışmada izoelektrik çöktürme ile elde edilen mercimek türleri protein izolatlarının protein oranları %84,15-87,03 aralığında değişmektedir. Kahverengi mercimek protein izolatının protein miktarı Tigris, Çağıl ve Yusufhan türünden elde edilen izolatların protein miktarından daha yüksektir. Bu çalışmada elde edilen protein izolatlarının yağ oranları en az %0,21-0,85 aralığında değişmektedir. Kahverengi mercimek, Tigris ve Ceren türlerinden elde edilen proteinlerin yağ miktarı Çağıl ve Yusufhan türlerinden elde edilen proteinlerin yağ miktarından daha fazla bulunmuştur. Mercimek protein izolatlarının nem içerikleri %4,29-5,59

değerleri arasında ve izolatların içerdiği kül miktarları ise %2,49-3,36 değerleri arasında değişkenlik göstermektedir.

Bitkisel proteinler çözgenler, iyonlar, polisakkaritler, yağlar ve gıda matriksindeki diğer proteinlerle etkileşim halinde olup gıdanın fiziksel yapısını değiştirebilmektedir. Gıdalardaki proteinin başlıca fonksiyonel özellikleri; çözünürlük, su ve yağ bağlama kapasiteleri, jel oluşturma ve reolojik özellikler, emülsiyon ve köpük oluşturma özellikleridir. Bu özellikler proteinlerin karbonhidratlar, yağlar, proteinler gibi büyük moleküllerle ve gaz, tuz, uçucular, su gibi küçük moleküllerle olan etkilişimine bağlıdır. Ayrıca proteinlerin moleküler büyüklüğü, proteinin yük dağılımı ve birincil, ikincil, üçüncül yapıları da fonksiyonel özellikleri etkilemektedir.

Bu çalışmada kullanılan yerel çeşitlere ait protein izolatlarının MJK değerleri 11 ila 15 (g protein/100 g) aralığında değişmektedir. Ayrıca, mercimek türlerinden elde edilen protein izolatlarının su tutma kapasiteleri protein izolatu gramının absorbe ettiği su miktarı olarak ifade edilmiş ve değerler 1,36 ila 1,5 (g/g) arasında değişmektedir. Yapılan bu çalışmada mercimek protein izolatlarının yağ tutma kapasiteleri 2,73-4,18 (g yağ/g protein) aralığında değişmektedir. Yusufhan ve Çağıl çeşitlerinin protein izolatlarının yağ tutma kapasiteleri Ceren çeşidinin protein izolatının yağ tutma kapasitesinden yüksektir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait protein izolatlarının emülsiyon oluşturma kapasiteleri en az 403,8 g yağ/g protein ve en çok 468,2 g yağ/g protein aralığında değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait EAI değerleri en az 18,84 ve en çok 24,20 m²/g protein arasında değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan Kahverengi mercimek, Çağıl ve Tigris türlerinden elde edilen protein izolatlarının EAI değerleri Ceren ve Yusufhan çeşitlerine ait EAI'den yüksektir. Mercimek protein izolatlarının ESI değerleri ise en az 43,39 dk ve en çok 125,52 dk olarak hesaplanmıştır. Tigris çeşidine ait protein izolatının ESI değeri diğer tüm çeşitlerden yüksektir.

Bu çalışmada kullanılan 5 yerel çeşide ait protein çözünürlüğüne 4 farklı pH değerinde 3 tekrarlı olarak (pH 3,5,7 ve 9) bakılmıştır. Kullanılan tüm mercimek çeşitlerinin protein izolatlarının maksimum çözünürlük gösterdiği nokta pH 9 olarak bulunmuştur. Protein çözünürlüğü pH 7 değerinde tüm mercimek türleri için

yüksek olup en düşük çözünürlük değeri %84,79 olarak bulunmuştur. İzoelektrik noktaya yakın olan pH 5 değerinde ise tüm mercimek protein çeşitleri için çözünürlük en az olmuştur ve maksimum değeri %8,68 olarak bulunmuştur. Kullanılan bütün çeşitlerin protein çözünürlük profilleri birbirine yakın olup literatürdeki diğer baklagil çalışmalarındaki çözünürlükler ile kıyaslandığında çok benzer olduğu saptanmıştır. Ayrıca, bulgulara göre beklenildiği gibi çözünürlük pH'a bağımlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan mercimek türlerine ait protein izolatlarının köpük oluşturma kapasiteleri en az %71,33 ve en çok %91,33 aralığında değişmektedir. En yüksek köpük oluşturma kapasitesine sahip türler Kahverengi mercimek ve Tigris çeşitlerinden izole edilen proteinlerdir. Ceren türüne ait proteinler ise en düşük köpük oluşturma kapasitesine sahiptir.

Kullanılan çeşitlerin 10 dk sonunda köpük oluşturma stabilite değerleri %82,05-88,26 aralığında değişmektedir. Protein izolatlarının 30 dk sonunda köpük oluşturma stabilite değerleri %73,52-77,25 aralığında değişmiştir. Son olarak, 180 dk sonundaki köpük oluşturma stabilitesi ise en az %68,85 ve en çok %73,05 olarak bulunmuştur.

Emülsiyon oluşturma, köpürme ve jelleşme gibi fonksiyonel özellikler proteinlerin çözünürlüğü ile yakından ilişkilidir. Ayrıca çeşitli ürün uygulamalarında proteinlerin bileşen olarak kullanılabilirliği çözünürlüğün yüksek olmasıyla gerçekleşmektedir.

Hayvansal protein kaynaklarına ek olarak bitkisel kaynaklı proteinlerin detaylı bir şekilde araştırılması, farklı baklagil türlerinden elde edilen proteinlerin özelliklerinin belirlenmesi ve gıda uygulamalarındaki kullanımı açısından geniş yelpazeli bilgi içeren yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.



KAYNAKLAR

- Abdollahi, M & Undeland, I.** (2018). Structural, functional, and sensorial properties of protein isolate produced from salmon, cod, and herring by-products. *Food and Bioprocess Technology* 11:1733–1749 <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2138-x>
- Adak, M.S., Guler, M. & Kayan, N.** (2010). Yemeklik Baklagillerin Üretimini Artırma Olanakları, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara
- Alghamdi, S. S., Khan, A. M., Ammar, M. H., El-Harty, E.H., Migdadi, H.M., El-Khalik, S.M.A. & Al-Faifi, S.A.** (2013). Phenological, nutritional and molecular diversity assessment among 35 introduced lentil (*lens culinaris* medik.) genotypes grown in Saudi Arabia. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(1), 277–295.
- Aydemir, L.Y., & Yemenicioğlu, A.** (2013). Potential of Turkish Kabuli type chickpea and green and red lentil cultivars as source of soy and animal origin functional protein alternatives. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 686–694.
- Barbana, C., & Boye, J.I.** (2012). Protein Processing in Food and Bio-product Manufacturing and Techniques of Analysis.
- Bassett, C., Boye, J., Tyler, R. & Oomah, B.D.** (2010). Molecular, functional and processing characteristics of whole pulses and pulse fractions and their emerging food and nutraceutical applications. Special Issue Food Res. Int. 43, 397–659.
- Bhatty, R.S.** (1984). Relationship between physical and chemical characters and cooking quality in lentil. *J. Agric. Food Chem*, 32, 1161–1166.
- Belitz, H.D., Grosch, W. & Schieberle, P.** (2009). *Food chemistry*, 4th edition, Springer, DOI 10.1007/978-3-540-69934.
- Bolat, M., Ünüvar, F.İ. & Dellal, İ.** (2017). Türkiye’de Yemeklik Baklagillerin Gelecek Eğilimlerinin Belirlenmesi, *TEAD*, 2017, 3(2): 7-18.
- Bora, P. S.** (2002). Functional properties of native and succinylated lentil (*Lens culinaris*) globulins. *Food Chemistry*, 77(2), 171–176.

- Boye, J., Zare, F. & Pletch, A.** (2010)a. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, **43**, 414–431.
- Boye, J.I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., & Rajamohamed, S.H.** (2010)b. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, **43**(2), 537–546.
- Bressani, R. & Elias, L.G.** (1979). The problems of legume protein digestibility. *J. Food. Sci.* **39**, 61–67.
- Calles, T.** (2016) *The International Year of Pulses: what are they and why are they important?* retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bl797e.pdf>
- Can Karaca, A., Low, N., & Nickerson, M.** (2011). Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Food Research International*, **44**(9), 2742–2750.
- Carbonaro, M., Maselli, P. & Nucara A.** (2014). *Food Res Int* doi:10. /j.foodres.2014.11.007
- Chang, C., Tu, S., Ghosh, S., & Nickerson, M. T.** (2015). Effect of pH on the inter-relationships between the physicochemical, interfacial and emulsifying properties for pea, soy, lentil and canola protein isolates. *Food Research International*, **77**, 360–367.
- Chéreau, D., Videcoq, P., Ruffieux, C., Pichon, L., Motte, J.-C., Belaid, S., Lopez, M.** (2016). Combination of existing and alternative technologies to promote oilseeds and pulses proteins in food applications. *OCL*, **23**(4), D406.
- Çelik, Ö.** (2017). FTIR spectroscopy of protein isolates of salt-tolerant soybean mutants.
- Day, L.** (2013). Proteins from land plants - Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. **32**, pp. 25–42.
- Dülger, D & Şahan, Y.** (2011). Diyetli finözellikler ve sağlığı üzerindeki etkileri, *U. Ü. Ziraat fakültesi dergisi*, **2011**, Cilt **25**, Sayı **2**, 147-157.
- Duranti, M. & Gius, C.** (1997). Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Res.* **53**, 31.
- Duranti, M.,** 2006. Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia* **77**, 67–82.

- El-Nahry, F. I., Mourad, F. E., Abdel Khalik, S. M., & Bassily, N. S.** (1980). Chemical composition and protein quality of lentils (Lens) consumed in Egypt. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*, 30(2), 87–95.
- FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (1994). *Definition and classification commodities, 4. Pulses and derived products*. (<http://www.fao.org/es/faodef/fdef04e.htm>). Accessed 29 February 2016.
- FAOSTAT** (2007). Food and Agriculture Organisation of the United Nations Rome. <http://faostat.fao.org>.
- FAO** (2008). Faostat-Agriculture. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- FAO** (2009). Faostat-Agriculture.
- FAO** (2013). Faostat-Agriculture. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- FAO** (2017). FAOSTAT-CROPS, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fao** (n.d.-a). *FAO/INFOODS Databases FAO/INFOODS global food composition database for pulses Version 1.0, Pulses User guide*.
- Fao** (n.d.-b). *The International Year of Pulses: what are they and why are they important?* Retrieved from <http://www.fao.org/es/faodef/>
- FAO** (2016). Let the countdown to the international year of pulses begin. www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/358100/.
- 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 Hum. Nutr.* 51, 331–342.
- GAPUTAEM** (2012). Baklagil raporu Nüsha 3. (Rapor no: ISSN :2148-1962).
- Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Jafari, S. M., & Faraji, K.** (2012). Proximate composition, mineral content, and fatty acids profile of two varieties of lentil seeds cultivated in Iran. *Chemistry of Natural Compounds*, 47(6), 976–978.
- Ghribi, A. M., Gafsi, I. M., Blecker, C., Danthine, S., Attia, H., & Besbes, S.** (2015). Effect of drying methods on physico-chemical and functional properties of chickpea protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, 165, 179–188.
- Ghumman, A., Kaur, A., & Singh, N.** (2016). Impact of germination on flour, protein and starch characteristics of lentil (*Lens culinari*) and horsegram (*Macrotyloma uniflorum* L.) lines. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 137–144.

- Guillon, F. & Champ, M.**, (1996). Grain legumes and transit in humans. In: AEP. (Ed.), Grain legumes, 11, pp. 18.
- Gupta, R., & Dhillon, S.** (1993). Characterization of seed storage proteins of Lentil (*Lens culinaris* M.). *Annals of Biology*, 9, 71–78
- Gülümser, A.** (2016). Dünyada ve Türkiye’de yemeklik dane baklagillerin durumu, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2016, 25 (Özel sayı-1):292-298
- Hefnawy, T. H.** (2011). Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2), 57–61.
- Helbeck, H.** (1963). Late Cypriote vegetable diet in Apliki. *Act. nstit. Athen. Reg. Sueciae. Ser. 4: VIII*:171–186.
- Helbeck, H.** (1970). The plant industry in Hacilar. In: Mellart, J. Excavations at Hacilar Vol. I. Occasional Publications No.9 of the British Institute of Archaeology, Ankara. Edinburgh Univ.Press, pp. 189–244.
- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Sayyar Khan, M.** (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331–335.
- Iliadis, C.** 2001. Effect of harvesting procedure, storage time and climatic conditions on cooking time of lentils (*Lens culinaris* Medikus). *J. Sci. Food. Agric.*, 81, 590–593.
- Jarpa-Parra, M., Bamdad, F., Tian, Z., Zeng, H., Temelli, F., & Chen, L.** (2015). Impact of pH on molecular structure and surface properties of lentil legumin-like protein and its application as foam stabilizer. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 132.
- Jood, S., Chauhan, B.M., Kapoor, A.C.,** (1988). Contents and digestibility of carbohydrates of chick pea and black gram as affected by domestic processing and cooking. *Food Chem.* 30, 113–127.
- Joshi, M., Adhikari, B., Aldred, P., Panozzo, J. F., Kasapis, S., & Barrow, C. J.** (2012). Interfacial and emulsifying properties of lentil protein isolate. *Food Chemistry*, 134(3),
- Erkahveci, A & Karaali, A.** (1996). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spektroskopinin Gıda Analizlerine Uygulanması. *GIDA* (1996) 21 (5): 337-345.
- Jumbunathan, R. Blain, H.L., Dhindsa, K.S., Hussein, L.A., Kogure, K., Li-Juan, L. and Youseef, M.M.** (1994). Diversifying use of cool season food legumes through processing. pp. 98–112. In: F J Muehlbauer and W J Kaiser (eds.) *Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Neetherlands.

- Kaur, M. & Singh, N.** (2007). Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chem.* 102, 366–374.
- Kay, D.** (1979). Food legumes. Tropical Development and Research Institute (TPI). TPI Crop and Product Digest No. 3. p. 48–71.UK.
- Kiosseoglou, V. and Paraskevopoulou, A.**(2011). Functional and physicochemical properties of pulse proteins, *Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications*, Amsterdam: Elsevier Ltd. 1st edition, pp.58-85. . DOI: 10.1016/B978-0-1238-2018-1.00007-0
- Ko, T. L., Soe Than, S., & Oo, Z. Z.** (2017). Isolation of Protein from Defatted Lentil Flour. *American Journal of Food Science and Technology*,5(6), 238–244.
- Ladjal Ettoumi, Y. & Chibane, M.** (2015). Some physicochemical and functional properties of pea, chickpea and lentil whole flours. *International Food Research Journal*, 22(3), 987–996.
- Mariotti, M., Lucisano, M., Ambrogina Pagani, M. & Ng, P.K.W.** (2009). The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and *Psyllium* flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Res. Int.* 42, 963–975.
- Mc Clements, D.J.** (2005).Emulsion ingredients, *Food Emulsions Principles, Practices, and Techniques*, Second Edition, CRC Press,pp 128, pp 95-174.
- Mcneil, D.L., Hill, G.D., Materne, M. & Mckenzie, B.A.** (2007). Global production and world trade.*Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 95–105.
- Muehlbauer F. J., Cubero, J.I. & Summerfield R.J.** (1985).Lentil (*Lens culinaris Medik.*).p. 266–311. In: R J Summerfield and E I I Roberts (eds) *Grain Legume Crops*. Collins, 8 Grafton Street, London, UK.
- Novák P. & Havlíček V.** (2016). Proteomic Profiling and Analytical Chemistry (2th) *Protein Extraction and Precipitation* (Chapter4 p51-62).
- Okumuş, B.N.** (2015). *Kahverengi mercimek nişastasının karakterizasyonu ve lipidler ile dirençli nişasta tip 5 oluşturma özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Oomah, B.D., Patras, A., Rawson, A., Singh, N. & Compos-Vega, R.,** (2011). Chemistry of Pulses. In B.K.Tiwari, A.Gowen,B.Mckenna(eds.), *Pulse Foods Processing: Quality & NutritionalApplications*, San Diego: Academic Press, 9–55.
- Osborne, T.B.,** (1924). The vegetable proteins. Longmans, Green and Co., London.

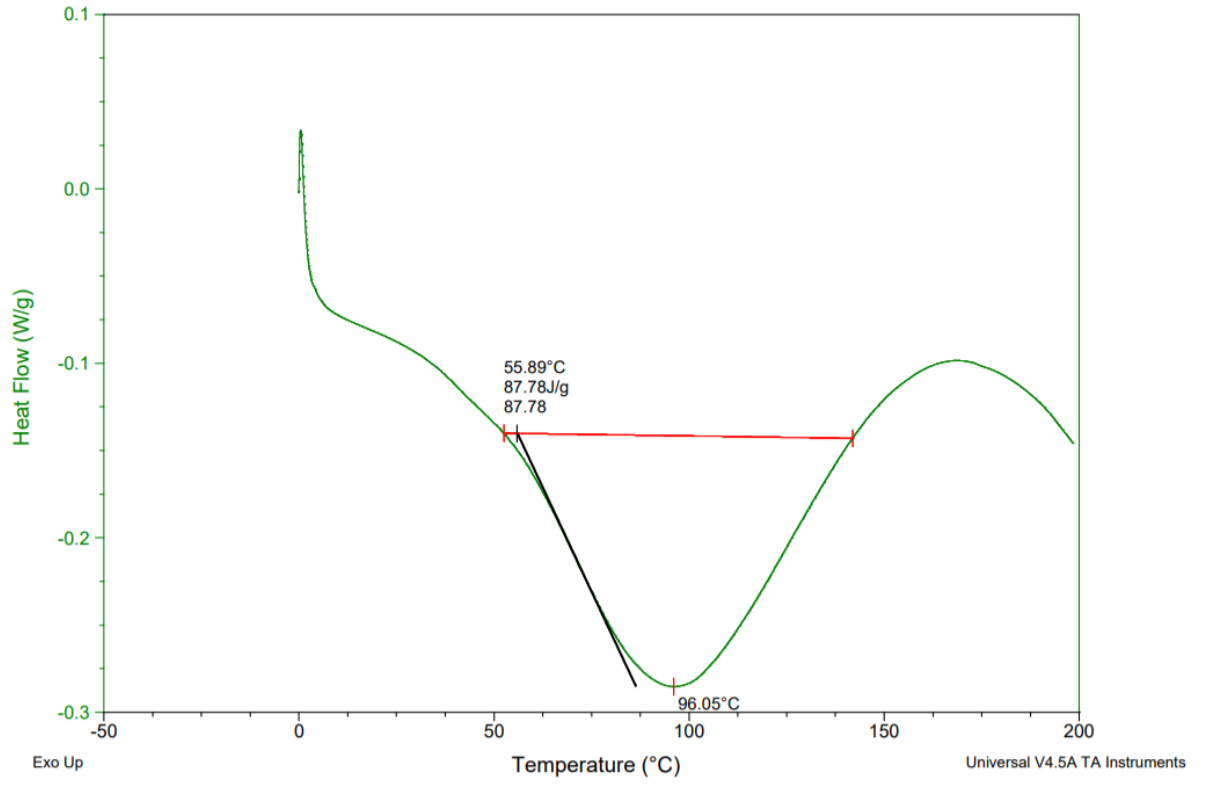
- Öktem, A.G.** (2016). Şanlıurfa Koşullarında Yetiştirilen Bazı Kırmızı Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) Genotiplerinin Verim ve Verim Ögelerinin Belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt 5(1)* 27-34 2016 DOI: 10.17100/nevbiltek.56241 URL: <http://dx.doi.org/10.17100/nevbiltek.56241>
- Paredes-Lopez, O., Ordorica-Falomir, C., Olivares-Vazquez, M.R.,** (1991). Chickpea protein isolates: physicochemical, functional and nutritional characterization. *J. Food Sci.* 56, 726–729.
- Rahmati, N.F., Koocheki, A., Varidi, M., & Kadkhodae, R.** (2018). Introducing Speckled sugar bean (*Phaseolus vulgaris*) protein isolates as a new source of emulsifying agent. *Food Hydrocolloids*, 79, 498–508. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.022>
- Rani, B. and Kawatra, A.** (1994). Fibre Constituents of Some Foods. *Plant Foods for Human Nutrition*.45: 343–347.
- Rizkalla, S. W., Bellisle, F., & Slama, G.** (2003). Health benefits of low glycaemic index foods, such as pulses, in diabetic patients and healthy individuals. *British Journal of Nutrition*, **88(S3)**, 255. <https://doi.org/10.1079/bjn2002715>
- Sandhu, J.S. ve Singh, S.** (2007). “History and Origin Lentil an Ancient Crop for Modern Times”, (Ed. Shyam S. Yadav, David L. McNeil, Philip C. Stevenson), pp. 1 – 9, Published by Springer, Netherlands.
- Sarioğlu, G., & Velioglu, Y. S.** (2018). Baklagillerin Bileşimi. *Akademik Gıda*, 483–496. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.505547>
- Singh, U.** (1999). Cooking quality of pulses. *Journal of Food Science and Technology-Mysore* 36 (1):1–14.
- Shevkani, K., Singh, N., Kaur, A., Rana, J.C.** (2015) *Food Hydrocoll* 43,679–689 .
- Sharif, H. R., Williams, P. A., Sharif, M. K., Abbas, S., Majeed, H., Masamba, K.G. & Zhong, F.** (2018). Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants – A review. *Food Hydrocolloids*, 76, 2–16.
- Solanki, S., Yadav, S.S & Bahl, P.N.** (2007). “History and Origin Lentil an Ancient Crop for Modern Times”, (Ed. Shyam S. Yadav, David L. McNeil, Philip C. Stevenson), pp. p255–274, Published by Springer, Netherlands.
- Şahin, G.** (2016). 2016 Uluslararası Bakliyat Yılı Hasebiyle Türkiye’de Mercimek (*Lens culinaris* Medik) Yetiştiriciliği. In *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (Vol. 20).
- TAGEM** (2018). Tarım Ürünleri Piyasaları "Mercimek" retrieved from https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler

- Tang C.H., Sun X., & Agric, J.** (2010). Food Chem 58, 6395–6402 (2010)
- Tang C.H. & Sun X.** (2011). Food Hydrocoll 25, 315–324
- TBMAE.** (2014). Korumalı Tarım Sisteminin Kırıkkale İlinde Yaygınlaştırması Projesi. <http://arastirma.tarim.gov.tr/tarlabitkileri>, Erişim: Nisan 2015
- TC. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.** (2013). Baklagil Raporu.
- TEPGE** (2017). Mercimek ürün raporu. (Rapor no: 306 ISBN: 978-605-2207-18-5).
- TİGEM.** (2018). <https://www.tigem.gov.tr>
- Tiwari, B.K., Gowen, A., & McKenna, B.M.** (2011). *Pulse foods : processing, quality and nutraceutical applications*. Academic Press.
- Timilsena, Y.P, Adhikari R, Barrow, C.J. & Adhikari, B.** (2016). Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds. *Food Chemistry*, 212, 648–656.
- Tyler, R.T., Youngs, C.G. & Sosulski, F.W.** (1981). Air classification of legumes I Separation efficiency, yield, and composition of the starch and protein fractions. *Cereal Chem.* 58, 144–148.
- TUİK** (2009). Bitkisel Üretim İstatistikleri
- TUİK** (2017). Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr>.
- TUİK** (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr>.
- Urbano, G., Porres, J.M., Frías, J. & Vidal-Valverde, C.** (2007). “History and Origin Lentil an Ancient Crop for Modern Times”, (Ed. Shyam S. Yadav, David L. McNeil, Philip C. Stevenson), pp. 47–93, Published by Springer, Netherlands.
- Van Zeist, W. & Bottema, S.** (1971) Plant husbandry in early neolithic Nea Nikomedeia, Greece. *Acta Bot Neerl.* **20**: 521–538.
- Walsh, G., & Walsh, G.** (2015a). Protein Sources. In *Proteins* (pp. 65–89). <https://doi.org/10.1002/9781119117599.ch3>
- Walsh, G., & Walsh, G.** (2015b). Proteins and Proteomics. In *Proteins* (pp. 1–23). <https://doi.org/10.1002/9781119117599.ch1>
- Wang, N., Lewis, M.J., Brennam, J.G. & Westby, A.** (1997). Effect of processing methods on nutrients and anti nutritional factors in cowpea. *Food Chem.* 58, 59–68.
- Williams, P.C. & U. Singh.** (1988). Quality screening and evaluation in pulse breeding. p. 445–457. In: R.J. Summerfield (ed.), *World Crops: Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht The Netherlands.

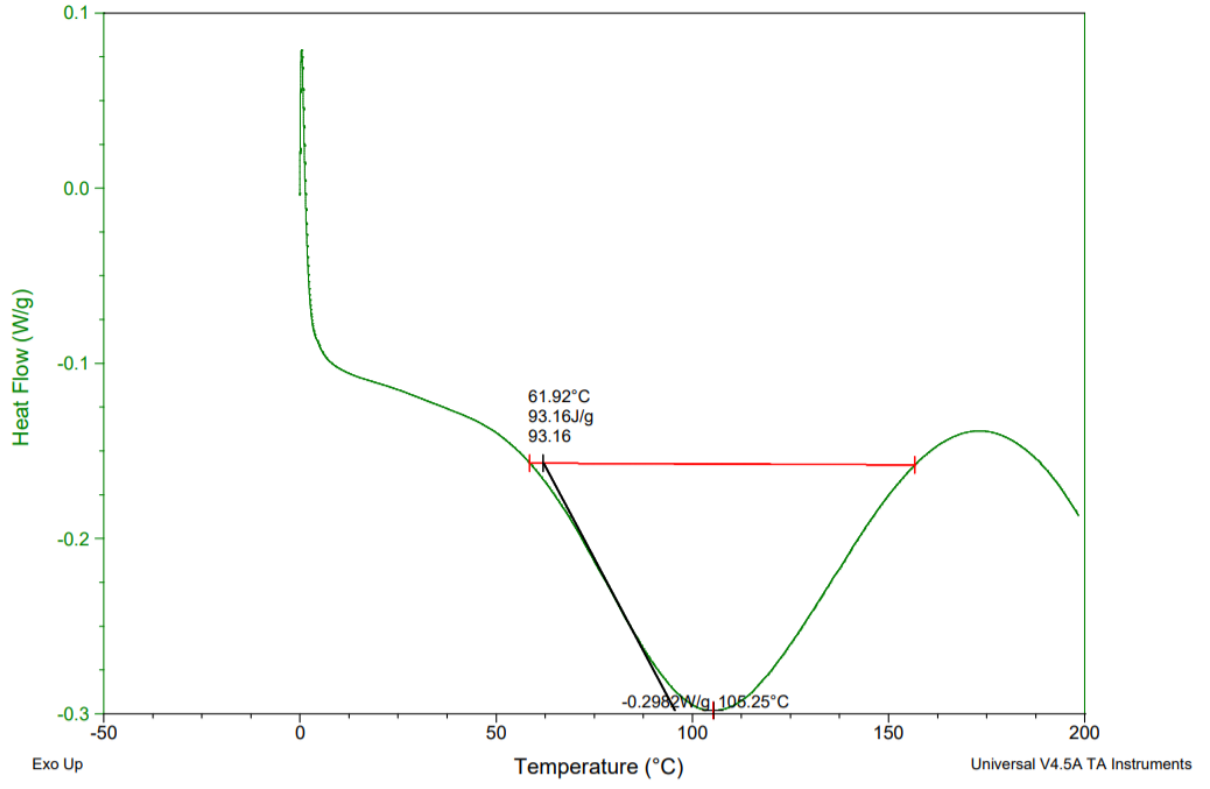
- Wong, B. T., Zhai, J., Hoffman, S. V., Augustin, M. A., Aguilar, M.-L., Wooster, T. J., & Day, L.** (2012). Conformational changes to deamidated wheat protein and b-casein upon adsorption to oil/water emulsion interfaces. *Food Hydrocolloids*, 27, 91-101.
- Yadav, S. S., Stevenson, P.C., Rızvı, A.H., Manohar, M., Gailing, S. & Mateljan, G.** (2007). "History and Origin Lentil an Ancient Crop for Modern Times", (Ed. Shyam S. Yadav, David L. McNeil, Philip C. Stevenson), pp. 33-46, Published by Springer, Netherlands.
- Yavuz, M., & Özçelik, B.** (2016). Bitkisel Protein İzolatlarının Fonksiyonel Özellikleri. *Functional Properties of Plant Protein Isolates*, 14(4), 424-430.
- ZMO** (2011). http://www.ubk.org.tr/ziraat_rapor.pdf
- Url**<<http://bioturca.com.tr/urun/ceren-kislik-yesil-mercimek/>>, erişim tarihi 08.06.2019
- Url**<<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gaputaem/Belgeler/ceşit%20belgeleri/türkçe/mercimek/çağıl%20tr.pdf>>, erişim tarihi 08.06.2019

EKLER

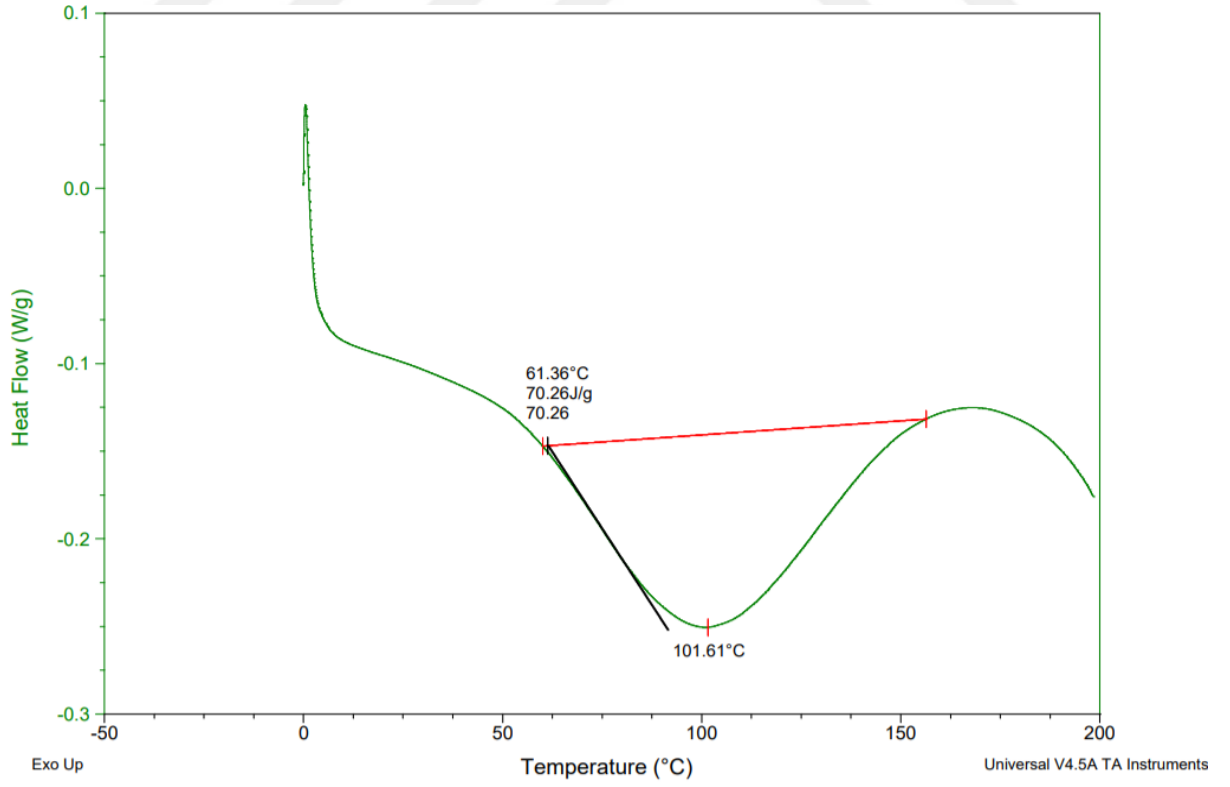
EK A: Protein izolatlarına ait DSC termogramları



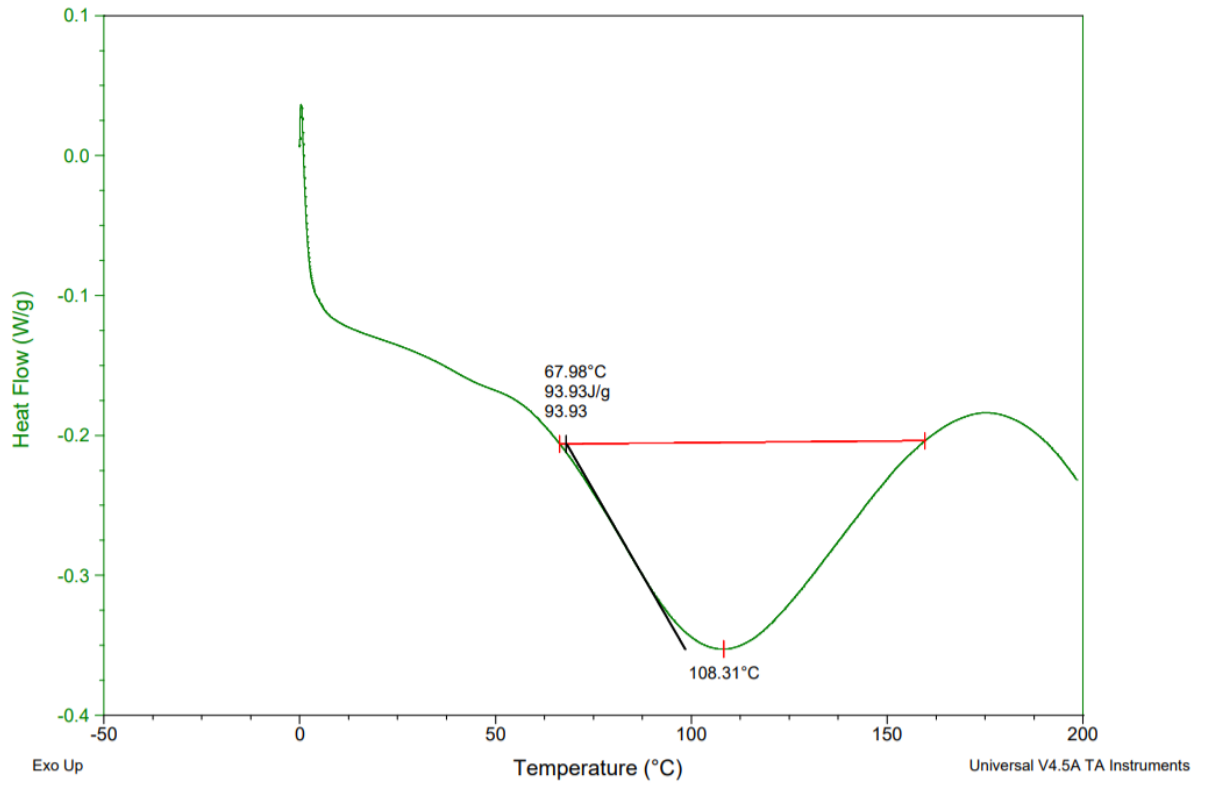
Şekil A.1 : CPI'ye ait DSC termogramı.



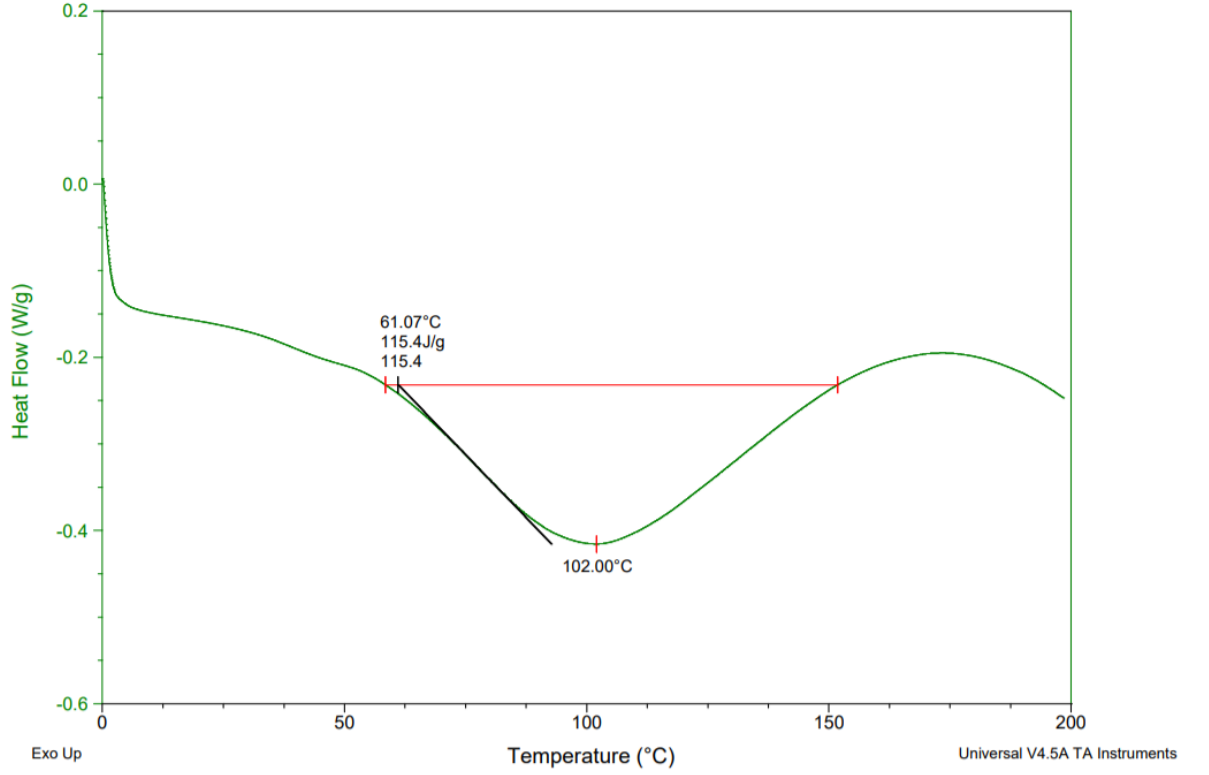
Şekil A.2 : ÇPI'ye ait DSC termogramı.



Şekil A.3 : KMPI'ye ait DSC termogramı.



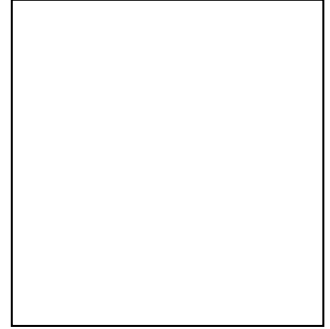
Şekil A.4 : TPI'ye ait DSC termogramı.



Şekil A.5 : YPI'ye ait DSC termogramı.



ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Ad-Soyad: Zeynep Saliha GÜNEŞ
Doğum Yeri ve Tarihi: Malatya / 25.09.1993
E-posta: zeynep.s.gunes@gmail.com
Lisans: Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ)
Gıda Mühendisliği (2011-2016)
Lise: Kolukısa Anadolu Lisesi (2007-2011)