

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MERCİMEK DİYET LİFLERİNİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU
VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem Kamile GEDİK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Dilara ERDİL

HAZİRAN 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MERCİMEK DİYET LİFLERİNİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU
VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sinem Kamile GEDİK
(506131540)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Dilara ERDİL

HAZİRAN 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506131540 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Sinem Kamile GEDİK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MERCİMEK DİYET LİFLERİNİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Dr. Dilara ERDİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Zeynep TACER CABA
İstanbul Aydın Üniversitesi

Teslim Tarihi : 02 Mayıs 2016
Savunma Tarihi : 13 Haziran 2016

Canim aileme,

ÖNSÖZ

Uluslararası Bakliyat Yılı kapsamında yürüttüğümüz bu çalışmanın sağlıklı, diyet lifince zengin beslenme alışkanlıklarını arttırması dileğiyle öncelikle bu çalışmada ve yüksek lisans öğrenimim süresince benden yardımlarını ve desteğini esirgemeyen çok kıymetli hocam Yrd. Doç.Dr.Dilara ERDİL'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma İstanbul Kalkınma Ajansı “2015 Mali Destek Programı” kapsamında desteklenen ve yürütücülüğünü Tarım Ürünleri Hububat Bakliyat İşleme ve Paketleme Sanayicileri Derneği (PAKDER)'nin yaptığı, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ve Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Gıda Mühendisliği Bölümleri'nin ortak olarak yer aldığı “Bakliyat İle Sağlıklı Beslenme Sağlıklı Hayat Platformu Projesi” kapsamında yapılmıştır. Projeyi destekleyen İstanbul Kalkınma Ajansı (İKA) ve Tarım Ürünleri Hububat Bakliyat İşleme ve Paketleme Sanayicileri Derneği (PAKDER)'ne, proje yürütücüsü hocam Sn. Prof. Dr. Dilek BOYACIOĞLU'na, İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve özellikle laboratuarda çalışmalarım süresince bana yardımcı olan Yük. Müh. Nalan DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Deneyisel çalışmalarım süresince hep yanımda ve yardımcı olan Ezgi ÖZŞAHİN'e, uzakta olsalarda desteklerini hep yanımda hissettiğim bana inanan ve güvenen başta Gözde ERSAL, Saim Can BOYACIOĞLU, Abdullah ÖZCAN, Gül Eda ATLAR ve Seher DEMİR olmak üzere tüm arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerini benden esirgemeyen, yaşadığım her zorlukta yanımda olan ve bu tezin tamamlanmasında büyük katkıları olan canım aileme, özellikle en başta annem Ayhan GEDİK'e, babam İlhan GEDİK'e, canım ablam Sümeyra GEDİK ÇALIŞKAN'a ve canım ağabeyim Atahan GEDİK'e sonsuz teşekkürlerimi ve en derin sevgilerimi sunarım.

Mayıs 2016

Sinem Kamile GEDİK
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Baklagiller	3
2.2 Mercimek	4
2.2.1 Mercimeğin anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi.....	5
2.2.2 Mercimeğin fenolik, karoten ve antioksidan içeriği	6
2.3 Diyet Lifi	8
2.3.1 Diyet liflerinin yapısal özellikleri, sınıflandırılması ve insan sağlığı üzerine etkileri.....	9
2.3.2 Diyet lifi analiz yöntemleri	11
2.3.3 Diyet liflerinin teknolojik ve fonksiyonel özellikleri.....	13
2.4 Baklagillerin Diyet Lifi Profili	14
2.4.1 Baklagillerden diyet lifi izolasyonu ve karakterizasyonu	16
3. MALZEME VE YÖNTEMLER.....	17
3.1 Malzemeler.....	17
3.1.1 Mercimek örnekleri.....	17
3.1.2 Kimyasallar ve cihazlar.....	17
3.2 Yöntemler.....	18
3.2.1 Mercimek tanelerinin kompozisyon analizleri ve fiziksel özellikleri.....	18
3.2.1.1 Toplam nem içeriklerinin tayini.....	18
3.2.1.2 Toplam kül miktarı tayini	18
3.2.1.3 Toplam protein miktarı tayini	18
3.2.1.4 Toplam yağ miktarı tayini	19
3.2.1.5 Toplam diyet lifi miktarı tayini	19
3.2.1.6 Elek analizi.....	20
3.2.2 Mercimekten diyet lifi izolasyonu	20
3.2.2.1 Kabuk diyet lifi izolasyonu	20
3.2.2.2 Çözünür ve çözünür olmayan kotiledon diyet liflerinin izolasyonu ..	21
3.2.3 Mercimek liflerinin kompozisyon analizleri.....	22
3.2.3.1 Toplam nem içeriklerinin tayini.....	22
3.2.3.2 Toplam kül miktarı tayini	23
3.2.3.3 Toplam protein miktarı tayini	23
3.2.3.4 Toplam yağ miktarı tayini.....	23
3.2.3.5 Toplam diyet lifi miktarı tayini	24

3.2.4 Mercimek liflerinin teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi	24
3.2.4.1 Yoğunluk ve birim yoğunluğu	24
3.2.4.2 Su tutma kapasitesi.....	25
3.2.4.3 Yağ tutma kapasitesi	25
3.2.4.4 Emülsiyon oluşturma kapasitesi ve dayanıklılığı.....	25
3.2.4.5 Şişme kapasitesi	25
3.2.5 Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin şeker profillerinin incelenmesi.....	26
3.2.6 Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin termal özelliklerinin DSC ile incelenmesi.....	26
3.2.7 Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin toplam fenolik madde miktarı, fenolik madde profili, toplam karotenoid miktarı ve antioksidan kapasitelerinin incelenmesi	27
3.2.7.1 Örneklerden fenolik madde ekstraksiyonu.....	27
3.2.7.2 Toplam fenolik madde içeriklerinin tayini.....	27
3.2.7.3 Fenolik madde profillerinin belirlenmesi	27
3.2.7.4 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini	28
3.2.7.5 Toplam karotenoid miktarı tayini.....	29
3.3 İstatiksel Analiz	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1 Mercimeklerin Kompozisyonu ve Elde Edilen Unların Fiziksel Özellikleri ...	33
4.1.1 Kompozisyon sonuçları.....	33
4.1.2 Unların fiziksel özellikleri.....	35
4.2 Mercimek Liflerinin İzolasyonu.....	38
4.2.1 Mercimek kabuk liflerinin izolasyonu	38
4.2.2 Mercimek kotiledon liflerinin izolasyonu	39
4.3 Mercimek Lif İzolatlarının Kompozisyon İçeriği	41
4.4 Mercimek Liflerinin Fonksiyonel ve Teknolojik Özellikleri	44
4.4.1 Yoğunluk.....	44
4.4.2 Su tutma kapasiteleri	45
4.4.3 Yağ tutma kapasiteleri.....	46
4.4.4 Emülsiyon oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılığı	47
4.4.5 Şişme kapasiteleri.....	49
4.5 Mercimek Unlarının ve İzole Edilen Diyet Liflerinin Şeker Profilleri	49
4.6 Mercimek Unlarının ve İzole Edilen Diyet Liflerinin Termal Özellikleri	53
4.7 Mercimek Unları ve İzole Edilen Liflerin Fenolik Madde ve Karoten İçerikleri ve Antioksidan Aktiviteleri	57
4.7.1 Toplam fenolik madde miktarı.....	57
4.7.2 Fenolik madde profilleri.....	60
4.7.3 Toplam karotenoid miktarı.....	63
4.7.4 Antioksidan aktivite	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	75
EKLER	83
ÖZGEÇMİŞ	95

KISALTMALAR

AACC	: Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği
AOAC	: Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacıları Birliği
ADF	: Asit Deterjan Yöntemi
CF	: Ham Lif Yöntemi
ÇDL	: Çözünür Diyet Lifi
ÇODL	: Çözünür Olmayan Diyet Lifi
DL	: Diyet Lifi
DMADL	: Düşük Molekül Ağırlıklı Diyet Lifi
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kolorimetre
FDA	: Food and Drug Administration- Amerika Gıda ve İlaç Komitesi
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
KDL	: Kabuk Diyet Lifi
KM	: Kırmızı Mercimek
KMKU	: Kırmızı Mercimek Kotiledon Unu
KMU	: Kırmızı Mercimek Unu
NDF	: Nötral Deterjan Yöntemi
YMADL	: Yüksek Molekül Ağırlıklı Diyet Lifi
YM	: Yeşil Mercimek
YMKU	: Yeşil Mercimek Kotiledon Unu
YMU	: Yeşil Mercimek Unu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bazı araştırmacılara göre mercimeklerin kimyasal bileşimi (%).	6
Çizelge 2.2 : Bazı baklagillerin diyet lifi içeriği (%) ve ÇODL/ ÇDL oranları.	15
Çizelge 3.1 : Mercimek unları ve liflerinin fenolik madde profillerinin belirlenmesinde kullanılan HPLC çalışma koşulları.	28
Çizelge 3.2 : HPLC gradient koşulları.....	28
Çizelge 3.3 : Petrol eterinde çözünen gıda karotenoidlerinin görünür ışık spektrumundaki molar absorpsiyon katsayıları ve maksimum absorbans dalga boyları (Saini ve diğ, 2015).	30
Çizelge 4.1 : Yapılan analizler sonucu tespit edilen yeşil ve kırmızı mercimek kompozisyonları (%).	33
Çizelge 4.2 : Yeşil ve kırmızı mercimeklerin tespit edilen diyet lifi içerikleri (%). .	34
Çizelge 4.3 : Öğütülerek elde edilen kırmızı mercimek ununun elek analizi.	36
Çizelge 4.4 : Öğütülerek elde edilen yeşil mercimek ununun elek analizi.	37
Çizelge 4.5 : Yeşil mercimek unu (YMU) ve kırmızı mercimek unu (KMU) kabuk ve kotiledon içerikleri (%).	38
Çizelge 4.6 : Yeşil mercimek kotiledon unu (YMKU) ve kırmızı mercimek kotiledon unu (KMKU)'dan izole edilen diyet lifi miktarları (%).	39
Çizelge 4.7 : Elde edilen diyet lifi izolatlarının kompozisyonu (%).	42
Çizelge 4.8 : Elde edilen diyet liflerinin su tutma kapasiteleri (mL/g).	45
Çizelge 4.9 : Elde edilen diyet liflerinin yağ tutma kapasiteleri (mL/g).	47
Çizelge 4.10 : Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin etanolde çözünen şeker içeriği (g/100 g örnek).	50
Çizelge 4.11 : Yeşil mercimek unu ve izole edilen liflerinin DSC ile elde edilen jelleşme özellikleri.	54
Çizelge 4.12 : Kırmızı mercimek unu ve izole edilen liflerinin DSC ile elde edilen jelleşme özellikleri.	54
Çizelge 4.13 : Yeşil mercimek unu ve izole edilen liflerinin gallik asit cinsinden toplam fenolik madde miktarları (mg/g).	57
Çizelge 4.14 : Kırmızı mercimek unu ve izole edilen liflerinin gallik asit cinsinden toplam fenolik madde miktarları (mg/g).	58
Çizelge 4.15 : HPLC'de fenolik bileşen tespitinde kullanılan standartların alıkonma süreleri.	61
Çizelge 4.16 : Mercimek unlarının ve izole edilen liflerinin fenolik bileşen miktarları (µg/g).	62
Çizelge 4.17 : Mercimek unları ve izole edilen mercimek liflerinin toplam karotenoid miktarları.	64
Çizelge 4.18 : Mercimek unları ve izole edilen mercimek liflerinin antioksidan aktiviteleri.	66

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Diyet liflerinin sınıflandırılması.....	10
Şekil 3.1 : Mercimekten diyet lifi izolasyon aşamaları.	21
Şekil 4.1 : Öğütülmüş kırmızı mercimek için boyut dağılım grafiği.....	36
Şekil 4.2 : Öğütülmüş kırmızı mercimek için elek analizi boyut dağılım grafiği.	37
Şekil 4.3 : Elde edilen yeşil mercimek liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitesi (%).	48
Şekil 4.4 : Elde edilen yeşil mercimek liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitesi (%).	48
Şekil 4.5 : Örneklerin HPLC ile elde edilen şeker profillerine ait örnek kromatogram.	51
Şekil 4.6 : Yeşil mercimek KDL'ye ait DSC termogramı.....	55
Şekil 4.7 : Yeşil mercimek grubu örneklerin fenolik madde miktarları.	58
Şekil 4.8 : Kırmızı mercimek grubu örneklerin fenolik madde miktarları.	59
Şekil 4.9 : Mercimek unları ve izole edilen liflerine ait HPLC kromatogram örneği.	61
Şekil 4.10 : Yeşil mercimek grubu örneklerin DPPH yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.	67
Şekil 4.11 : Kırmızı mercimek grubu örneklerin DPPH yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.	67
Şekil 4.12 : Yeşil mercimek grubu örneklerin CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.	68
Şekil 4.13 : Kırmızı mercimek grubu örneklerin CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.	69
Şekil A.1 : Fenolik madde miktarının belirlenmesinde kullanılan gallik asit kalibrasyon eğrisi.	84
Şekil A.2 : %70'lik metanolde Trolox kalibrasyon eğrisi DPPH için.	84
Şekil A.3 : %70'lik metanolde Trolox kalibrasyon eğrisi CUPRAC için.	85
Şekil B.1 : 3,4 dihidroksi benzoik asit standardı kalibrasyon eğrisi.....	86
Şekil B.2 : Kaempferol standardı kalibrasyon eğrisi.	86
Şekil B.6 : Kateşin standardı kalibrasyon eğrisi.	87
Şekil B.7 : Siringik asit standardı kalibrasyon eğrisi.....	87

MERCİMEK DİYET LİFLERİNİN İZOLASYONU, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Baklagiller *Leguminosae* ailesine mensup, yüksek besleyici değerleri nedeniyle dünyada tahıl ürünlerinden sonra en önemli gıdalar arasında ikinci sırada yer alan ve insanlar tarafından 3000 yıl önce yetiştirilmeye başlanan gıda kaynaklarıdır. Baklagillerin yüksek protein, karbonhidrat, diyet lifi, vitamin, mineral ve fitokimyasal madde içerikleri son yıllarda önem kazanarak, söz konusu bileşenlerin izole edilip, farklı gıda kaynakları ile birleştirilerek kullanımı öne çıkmaktadır.

Baklagillerin içerdikleri diyet lifi sağlıklı bir gıda bileşeni olarak sindirim sistemini destekleyici, kolesterol düşürücü ve kandaki şeker oranını düşürücü fonksiyonel özelliklere sahiptir. Mercimek de (*Lens culinaris*) diyet lifi içeriği açısından sağlık üzerine söz konusu olumlu etkileri gösteren bir bakliyat çeşididir. Mercimek; merccek-şekilli tohumları, sarı, yeşil, kırmızı, kahverengi ve siyah gibi farklı renklerle geniş bir yelpazeye sahiptir ve ülkemizde en çok yetiştiriciliği yapılan baklagillerdendir. Mercimeklerde uzun zincirli çözünabilir polisakkaritler ve çözünmeyen polisakkaritler başta olmak üzere, galakto oligosakkaritler ve dirençli nişasta gibi birkaç farklı diyet lifi çeşidine rastlanmaktadır.

Bu çalışmada; kırmızı ve yeşil mercimeklerin içerdikleri diyet lifi fraksiyonlarının taneden izole edilmesi ve mercimek diyet liflerinin gıda ürünlerinde fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda; öncelikle mercimeklerin diyet lifi içeriği belirlenmiş ardından en düşük düzeyde kimyasal kullanımı hedeflenerek, enzim kullanımı ile üç farklı tip diyet lifi fraksiyonu izole edilmiştir. Daha sonra izolatların kompozisyonu ve fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmaya konu olan kırmızı ve yeşil mercimekler Tarım Ürünleri Hububat Bakliyat İşleme ve Paketleme Sanayicileri Derneği (PAKDER) tarafından temin edilmiştir. Mercimeklerin öğütülmesi ile elde edilen mercimek unlarını tanımlamak amacıyla kimyasal kompozisyonları; kül, nem, protein, yağ, çözünür diyet lifi ve çözünür olmayan diyet lifi içerikleri analiz edilmiştir. Kırmızı mercimek unu için nem içeriği % 8,29 ; kül içeriği % 2,26; protein içeriği %23,85; yağ içeriği %2,18; çözünür olmayan diyet lifi içeriği % 15,21; çözünür diyet lif içeriği % 1,68 olarak bulunmuştur. Yeşil mercimek unu için ise; nem içeriği % 8,21; kül içeriği % 2,50; protein içeriği %22,43; yağ içeriği %1,67; çözünür olmayan diyet lifi içeriği %13,07 ; çözünür diyet lif içeriği %1,63 olarak bulunmuştur.

Diyet liflerinin izolasyon işlemleri sırasında üç farklı yöntem uygulanmış ve sonuçta kabuk diyet lifleri, çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri ve çözünür kotiledon diyet lifleri olarak üç çeşit diyet lifi elde edilmiştir. Mercimek unlarından kabuk diyet lifleri mekanik yöntemlerle ayrıldıktan sonra, çözünür olmayan diyet lifleri ve çözünür diyet lifleri tanenin kotiledon bölümünden partikül boyutuna göre ve

enzimatik yöntemler kullanılarak izole edilmiştir. İzolatların kullanılabilirliği açısından çözünür kotiledon diyet lifleri püskürtmeli kurutucu ile kurutulurken, çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri dondurularak kurutulmuştur. Sonuçta yeşil mercimek ununun %6,83'ü kabuk diyet lifi, % 1,61'i çözünür olmayan kotiledon diyet lifi, %7,23'ü çözünür kotiledon diyet lifi olarak izole edilmiştir. Kırmızı mercimek ununun ise %5,16'sı kabuk diyet lifi, % 0,56'u çözünür olmayan kotiledon diyet lifi, %6,45'i çözünür kotiledon diyet lifi olarak izole edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda; kırmızı mercimek kotiledon unundan çözünür olmayan diyet lifi eldesinin yeşil mercimek kotiledon unundan çözünür olmayan diyet lifi eldesine göre daha düşük verimli olduğu görülmüştür.

Diyet liflerinin izolasyon aşamalarında partikül boyutuna göre ayırmanın etkinliği gözlenmiştir. Ayırma işlemlerinde en önemli aşamaların kompleks nişasta içeriği ve yüksek protein içeriği içerisinde tutulan diyet liflerinin ayrılması olarak değerlendirilerek, bu problemi bertaraf etmede kabuk liflerinin ayrıştırılması, protein çöktürme ve nişastanın enzim ile parçalanması aşamalarının önemi görülmüştür.

Elde edilen izolatların kimyasal kompozisyonları; kül, nem, protein ve yağ içerikleri de analiz edilmiştir. Yeşil mercimek kabuk diyet lifleri, çözünür kotiledon diyet lifleri ve çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri için sırasıyla nem içeriği %6,33, %3,48, %13,73; kül içeriği % 2,28, %20,74, %1,80; protein içeriği %24,64, %21,71, %15,49; yağ içeriği %2,74, %6,52, %0 ve toplam diyet lifi içeriği %23,76, %2,51, %72,81 olarak bulunmuştur. Kırmızı mercimek kabuk diyet lifleri, çözünür kotiledon diyet lifleri ve çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri için sırasıyla nem içeriği % 6,30, %3,93 %11,98; kül içeriği % 2,15, %19,29, %1,06; protein içeriği %19,49, %23,09, %19,29; yağ içeriği %3,25, %7,25, %0; toplam diyet lifi içeriği %20,30, %1,06, %43,68 olarak bulunmuştur.

Öğütülerek elde edilen kırmızı ve yeşil mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin şeker profilleri, toplam fenolik madde miktarları, fenolik madde profilleri, antioksidan aktiviteleri ve karotenoid içerikleri ayrıca incelenmiştir. Bu kapsamda, fenolik madde, antioksidan aktivite ve karotenoid içeriğinin örnekler arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. İzolasyon işlemlerinin söz konusu içeriğin diyet lifine geçişini etkilediği görülmüştür.

Fonksiyonel özelliklerin incelenmesi kapsamında diyet liflerinin; su bağlama kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, şişme kapasitesi, emülsiyon oluşturma kapasitesi ve stabilitesi belirlenmiştir. Çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri diğer izole diyet liflerine kıyasla daha yüksek su tutma, yağ tutma ve şişme kapasitesi göstermiştir. Emülsiyon oluşturma kapasiteleri mercimek diyet lifleri için genel olarak zayıf bulunmuştur, ancak çözünür kotiledon diyet liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitelerinin çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri ve kabuk diyet liflerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu özellikleri ile mercimekten elde edilen diyet liflerinin fonksiyonel bileşen olarak gıdalarda kullanılabilirliği uygun görülmüştür. Ayrıca öğütülerek elde edilen kırmızı ve yeşil mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin termal özellikleri DSC ile incelenerek mercimek diyet liflerinin jelleşme özellikleri de tespit edilmiştir.

ISOLATION OF DIETARY FIBERS FROM LENTILS, CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF THEIR FUNCTIONAL PROPERTIES

SUMMARY

Pulses, which are the members of the *Leguminosae* family are the second most important food source in the world after cereal grains due to their high nutritional values. Legumes are high in protein, carbohydrates, dietary fiber, vitamins, minerals and phytochemicals. That content gaining importance in recent years, isolation of these nutrients and their useage in combination with different food sources became preminant.

Legumes contain dietary fiber as a healthy food component, supporting the digestive system, lowering cholesterol and lowering blood sugar which means that they are functional foods. Also lentils (*Lens culinaris*) as a variety of pulses show these healthy effects. Lentils has lens-shaped seeds with different colors like red, brown and black. Lentils are also the most cultivated legume plant in our country, Turkey. Galactooligosaccharides, high molecular weight soluble polysaccharides, resistant starches all types and especially insoluble polysaccharides are found in appreciable levels in pulses.

The purpose of this research; was to develop methods to isolate water-soluble and water-insoluble dietary fiber from red and green flour fractions. Following isolation, the fiber compositions were characterized and functional properties were evaluated to determine practical uses of the fibers. The fiber isolated from lentil flours characterized in three different groups as; hull dietary fiber, insoluble cotyledon dietary fibers and soluble cotyledon dietary fibers. During isolation using minimal chemicals was targeted by using enzymes to be able to evaluate the isolates as a food ingredient.

Red and green lentils was obtained by the help of Association of Agricultural Products, Grains Processing and Packaging Industries (PAKDER). In order to identify the chemical composition of lentils, ash, moisture, protein, fat, soluble dietary fiber and insoluble dietary fiber contents of lentils were analyzed. Red lentil flour was found to have moisture content of 8,29%; ash content of 2,26%; protein content of 23,85%; fat content of 2,18%; insoluble dietary fiber content of 15,21% and soluble dietary fiber content of 1,68%. The moisture content of green lentil flour was 8.21%; the ash content was 2,50%; protein content was 22,43%; fat content was 1,67%; the insoluble dietary fiber content was 13,07%; and soluble dietary fiber content was found to be 1,63%.

During the isolation process of the dietary fiber, three different methods were applied and three different dietary fiber fraction obtained such as; hull dietary fiber, insoluble cotyledon dietary fiber and soluble cotyledon fiber. After separating lentil hulls by mechanical means from lentil flours, insoluble cotyledon fibers and soluble

cotyledon fibers were separated from cotyledon part by particle size separation and enzymatic digestion methods.

Insoluble fiber was separated from tailings starches by sieving through sieves with openings of 53 μ m. This indicates that the yield of insoluble fiber was mainly a function of its size in relation to the size of sieve openings, since increases in yield were observed by decreasing sieve opening size. The basic problem for purity of insoluble fiber was the availability of starch, which was believed to be entrapped in the fiber matrix as shown previously in common bean dietary fiber. Legume starches are noted for an irregular granular structure and adherence to protein. Insoluble fibers separated using the sieve with 53 μ m openings were purified by reducing residual starch levels with α -amylase. Purified insoluble fibers were freeze dried whereas soluble fibers were spray-dried.

To isolate soluble fiber from the water soluble fraction, protein was precipitated and the supernatant spray dried as soluble fiber concentrate. By increasing the recovery and purity of protein from water solubles, the fiber concentration in the supernatant also increased. The inability to completely separate protein during precipitation was probably due to interactions of protein with soluble fiber or differences in isoelectric points of the different types of legume proteins.

The yield and purity of legume cotyledon fibers isolated by our methods are generally higher than those reported by other researchers working with legume cotyledon fibers. The resulting green hull lentil was 6.83% , 1.61% insoluble dietary fiber, 7.23% soluble dietary fiber of flour were isolated. The red lentil flour hull dietary fiber was 5.16%, 0.56% cotyledon insoluble dietary fiber and 6.45% of soluble cotyledon was isolated as dietary fibers. As a result of these findings; the efficiency of obtaining cotyledon insoluble fiber from red lentils were found to be lower than the efficiency of cotyledon insoluble fiber obtained from green lentils.

The chemical composition of the different fiber types such as; ash, moisture, protein, fat content were analyzed. Green lentil hull dietary fiber, soluble cotyledon dietary fiber and insoluble cotyledon dietary fibers were found as; moisture content, respectively, 6.33%, 3.48%, 13.73%; The ash content of 2.28%, 20.74%, 1.80%; protein content 24.64%, 21.71%, 15.49%; fat content 2.79%, 6.52%, 0% and finally total dietary fiber content as 23.76%, 2.51%, 72.81%, respectively. Red lentils hull dietary fiber, soluble cotyledon dietary fibers were found to be ; moisture content, respectively, and insoluble dietary fibers 6.30% 3.93% 11.98%; the ash content of 2.15%, 19.29%, 1.06%; protein content of 19.49%, 23.09%, 19.29%; fat content was found 3.25%, 7.25%, 0% and finally total dietary fiber content as 20.30%, 1.06%, 43.68%, respectively. Also sugar profiles were analyzed by HPLC, total phenolic contents, antioxidant activities and total carotenoids were examined for isolated dietary fibers obtained from red and green lentil flours. Neutral compositions of the isolated fibers indicated that sucrose as a disaccharide and raffinose as a oligosaccharide are common sugars of hull and cotyledon fibers.

Fibers chemical composition indicates their purity. Because of the high protein and ash contents of the isolated fractions naming the fiber fractions as isolates considered as wrong. Defining soluble cotyledon fibers and hull fibers as concentrates will be better. The other component percentages of insoluble cotyledon fibers are considered to be much lower due to successful process for obtaining insoluble cotyledon fiber. The study of the functional properties and the use of those ingredients obtained in the food industry should be taken into consideration when it comes to the classification

of isolates and concentrates. The presence of those major components in fiber fractions were considered important.

Within the scope of the examination of functional properties of dietary fibers; water binding capacity and the oil binding capacity, the swelling capacity, emulsifying capacity and the emulsion stability were determined. Insoluble cotyledon dietary fiber shows higher water holding, fat retention and swelling capacities compared to other isolated dietary fibers. Oil binding capacities of insoluble fibers were much higher than those of hulls and soluble fibers. The ability of fibers to swell and to bind water is highly indicative of their physiological role in gut function and control of blood glucose levels. Emulsion forming capacity is generally weak for lentil fibers.

In the extent of functional component evaluation in lentil fibers and lentil flours, total phenolic content, total carotenoid content, phenolics profile and antioxidant activities were investigated by different methods. Total phenolic content determined using Folin- Ciocalteu method, phenolic profile determined using reversed phase HPLC methods, total carotenoids extracted with petroleum ether and measured with spectrophotometric methods. Antioxidant activities were analyzed by DPPH and CUPRAC methods.

Total phenolic content of the samples found between 21,0 – 531,0 mg gallic acid/100 g sample. 3-4 dihydroxybenzoic acid, catechin and kaempferol derivatives are found higher in composition in fibers and lentil flours. Kaempferol derivatives determined by HPLC as the predominant phenolics in lentil flours and fibers. Green lentil; flour, hull dietary fiber, soluble cotyledon dietary fiber and insoluble cotyledon dietary fibers kaempferol content per 100 g sample were found as 13,35, 12,76, 5,78, 1,76 µg. Red lentil; flour, hull dietary fiber, soluble cotyledon dietary fiber and insoluble cotyledon dietary fibers kaempferol content per 100 g sample were found as 14,31, 31,79, 7,73, 1,81 µg.

The highest amount of carotenoids in the green lentil sample groups were lutein but in the red lentil sample group it has changed as β-caroten. Green lentil; flour, hull dietary fiber, soluble cotyledon dietary fiber and insoluble cotyledon dietary fibers lutein content per g sample were found as 9,91, 1,44, 2,81, 1,64 µg. Red lentil; flour, hull dietary fiber, and soluble cotyledon dietary fibers β-caroten content per g sample were found as 3,81, 2,01, 2,31 µg.

Antioxidant activities were related to the phenolic and carotenoid compositions. Relations between the methods and functional components were evaluated using simple regression analysis. However, we noted that antioxidant activity assays DPPH and CUPRAC showed different results. Red lentil group samples shows higher antioxidant activity with CUPRAC method. These results related with high β-caroten content of red lentils. Also these values indicate that dietary fibers positive effects on health are related with their antioxidant activity.

Finally thermal properties of lentil flours and isolated fibers examined with DSC analyses. In the endothermic peaks soluble dietary fibers shows gelation in the junction zones. Green lentil flours and fibers gelation temperatures were analyzed between 62,50 – 76,72 °C. In green lentil sample group the highest enthalpy change obtained for green lentil insoluble cotyledon dietary fibers where the lowest enthalpy change obtained in green lentil soluble cotyledon fibers gelling. Red lentil flours and fibers gelation temperatures were evaluated between 62,50 – 76,72 °C. The highest enthalpy changes seen in red lentil sample group obtained for red lentil insoluble cotyledon dietary fibers where the lowest enthalpy change obtained in red lentil flours.

Lentils rich in functional food components and these findings indicates the usability of isolated fiber from lentils as a food ingredient. Methods to further purify lentil fiber fractions may studied in the future. Lentil fibers isolated in this study have functional compounds as; phenolics, carotenoids and shows antioxidant activities. Also insoluble fibers has higher swelling capacity and soluble lentil fibers has gelling ability. Therefore lentil fibers may be used as additives to health promoting foods and beverages in addition to increasing the understanding of their true functionality.

1. GİRİŞ

Baklagiller yüksek protein, karbonhidrat, diyet lifi , vitamin, mineral ve fitokimyasal madde içerikleri nedeniyle pek çok ülkede insanlar için önemli bir besin kaynağı olarak görülmektedir (Amarowicz ve diğ, 2010). Son yıllarda gıda endüstrisi bakliyatları, söz konusu besleyici özellikleri nedeniyle, tek başına veya diğer gıda kaynakları ile birleştirerek kullanımını arttırmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda özellikle bakliyatların içerdiği yüksek protein ve diyet lifi gibi faydalı bileşenlerinin izolat formunda elde edilmesi ve endüstride kullanım alanlarının araştırılması önem kazanmaktadır (Derbyshire, 2011).

Baklagillerde bulunan diyet lifi sağlıklı bir gıda katkı maddesi olarak sindirim sistemini destekleyici, kolesterol ve kandaki şeker oranını düşürücü fonksiyonel gıda özelliklerine sahiptir (Berrios ve diğ, 2010). Diyet lifinin fonksiyonel özelliklerinin anlaşılması ve ileri düzeyde tanımlanabilmesi ile gıda endüstrisinde kullanımını ve diyet lifi içeren yeni ürün formülasyonlarının geliştirilmesini arttırmak mümkündür (Abdul-Hamid ve Luan, 2000).

Baklagillerin diyet lifi içerikleri incelendiğinde; çözünür olmayan diyet lifince daha zengin oldukları, çözünür diyet lifini ise tüm diyet lifi miktarı içerisinde daha az oranda içerdikleri görülmektedir (De Almedia Costa ve diğ, 2006).

Baklagillerin içerisinde uzun zincirli çözünebilir polisakkaritler ve çözünür olmayan polisakkaritler başta olmak üzere galaktooligosakkaritler ve dirençli nişasta gibi birkaç çeşit diyet lifine rastlanmaktadır. Baklagil diyet lifleri prebiyotik özellikler gösterebilirler ve insan sağlığı açısından faydalı görülmektedirler (Brummer ve diğ, 2015).

Diyet lifinin çeşitli gıda formülasyonlarına eklenmesi, eklendiği gıdanın emülsiyon, jel oluşturma, su tutma ve yağ tutma kapasitelerin de artışa neden olarak fonksiyonel özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu sebepten diyet lifleri özellikle fırıncılık ve pastacılık ürünleri, reçel, çorba ve et ürünlerinde tekstürel yapıyı düzeltmek

sineresisi (su salımını) engellemek, stabil emülsiyon oluşturabilmek açısından önemli bir gıda bileşenidir (Elleuch ve diğ, 2011).

Bu çalışmada; kırmızı mercimek ve yeşil mercimekten kabuk diyet lifleri, çözünür kotiledon diyet lifleri ve çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri ayrı ayrı izole edilmiş ve karakterize edilmiştir. Elde edilen diyet liflerinin su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, emülsiyon oluşturma kapasitesi, emülsiyon stabilitesi ve şişme kapasitesi gibi fonksiyonel özellikleri belirlenerek gıdalarda kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. İzolatların termal özellikleri, jelleşme entalpileri ve sıcaklıkları ise DSC (Diferansiyel Taramalı Kolorimetre) ile belirlenmiştir. Ayrıca; elde edilen diyet lifi ingrediyenlerinin şeker profilleri, antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde ve toplam karotenoid içerikleri tespit edilerek içerikleri aydınlatılmıştır. Bu çalışma ile amaçlanan baklagillerin faydalı bileşeni olan diyet liflerinin ingrediyen olarak üretimi ile katma değeri yüksek ürünler haline dönüştürmek ve gıda sanayinde kullanım olanaklarını araştırmaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Baklagiller

Baklagiller insanlar tarafından ilk olarak 3000 yıl önce yetiştirilen, 650 cins ve 18000'den fazla türden oluşan *Leguminosae* ailesi olarak tanımlanmaktadır (Tiwari ve diğ, 2011).

Bitkisel orijinli, tahıllar ve yağlı tohumlar ile birlikte 3 temel gıda hammaddesi grubundan biri olan baklagiller başlıca; fasulye, bakla, nohut, mercimek, bezelye, soya fasulyesi ve börülce'dir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) sırasıyla kuru fasulye, bezelye, nohut, börülce, mercimek ve baklayı birincil bakliyat sınıfları olarak belirlemiştir. Yaygın olarak tüketilen bakliyat çeşidi bölgeden bölgeye veya ülkeden ülkeye değişebilir, ancak bunların çoğu çok çeşitli ekolojik koşullar altında hatta yoksul topraklarda gübre uygulaması olmaksızın yetiştirilebilmektedir (Tiwari ve diğ, 2011).

Baklagiller uzun yıllardan beri yüksek protein içeriği ve içerdiği pek çok fonksiyonel bileşen nedeniyle besleyici değeri yüksek bir gıda olarak kabul edilmektedir. Baklagillerin düşük glisemik indekse sahip gıdalar olduklarını ve tüketimlerinin serum kolesterolünü düşürücü etkileri olduğu uzun yıllardır bilinmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar ise baklagillerin kan basıncını düşürücü etkilerini ve antioksidan özelliklerini ortaya koymaktadır (Brummer ve diğ, 2015). Tüm bu sağlık etkileri baklagillerin yüksek diyet lifi içeriği (%14-30) ile ilişkilendirilmektedir (Tosh ve Yada, 2010).

Protein ve diyet lifi içeriğinin yanı sıra baklagiller; bazı B grubu vitaminler ve mineraller; kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), potasyum (K), fosfor (P), bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) bakımından da zengindirler (Özkaya ve diğ, 1998b). Baklagiller suda çözünebilir vitaminler bakımından özellikle de tiamin, riboflavin ve niasince zengindir. Çimlendirilmiş baklagiller hariç diğerleri C vitamini içermezler. Baklagiller tahıllara göre daha az pantotenik asit içermelerine rağmen iyi bir folik asit kaynağıdır. Dünyada insan beslenmesinde bitkisel

proteinlerin %22'si, karbonhidratların %7'si, hayvan beslenmesinde ise proteinlerin %38'i, karbonhidratların %5'i yemeklik baklagillerden sağlanır (Tiwari ve Cummings, 2011).

Dünya'da en büyük baklagil üreticisi ve ihracatçısı Kanada olmakla birlikte ülkemiz de dünya baklagil üretiminde önemli üretici ülkeler arasında yer alır. Ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan iki bakliyat türü nohut ve kırmızı mercimektir (Uzunöz, 2009).

2.2 Mercimek

Mercimek; mercek şekilli tohumlara sahip bir bakliyattır ve çok eski çağlardan beri insan beslenmesinin bir parçasını oluşturmaktadır.

TS 143'e (Anon, 1982) göre, kabuklu mercimek; Baklagiller (*Leguminosae*) familyasından *Lens esculenta*, Moench (*Lens culinaris*, Medic) türüne giren kültür bitkilerinin kurutulmuş taneleri; iç mercimek ise kabukları soyulup, çenekleri birbirinden ayrılmış ve kabuklarından temizlenmiş mercimek taneleri olarak tanımlanmıştır. Mercimek çeşitleri, sarı, yeşil, kırmızı, kahverengi ve siyah gibi farklı renklerle geniş bir yelpazeye sahip olmakla birlikte, dünya mercimek tüketiminin yaklaşık %80'i kırmızı kotiledon mercimektir ve tüketicilerin %95'i kabuk kısmını ayırarak tüketmeyi tercih etmektedir (Asif ve diğ, 2013).

Eski çağlardan beri kültüre alınmış olan mercimeğin (*Lens culinaris* Medik.) iri tanelilerinin (*var. macrosperma* Baumg.) kökeninin Akdeniz Bölgesi; orta büyüklükteki tanelilerin (*var. syriaca* Bar.) kökeninin yurdumuzun iç kısımlarındaki dağlık yöreler; küçük tanelilerin (*var. afganica* Bar.) kökeninin ise Afganistan'ın yüksek yöreleri, Himalaya ve Hindikuş dağları olduğu belirtilmektedir (Vavilov, 1951). Yapılan arkeolojik kazılarda, M.Ö. 8000-8500 yılları arasında özellikle Orta Doğu'da mercimek tarımının bezelye ve buğday tarımına paralel olarak yapıldığı saptanmış olup, ülkemizde yapılan kazılarda ise M.Ö. 5000-7000 yılları arasına ait olduğu düşünülen mercimek örneklerine rastlanmıştır (Şehirli, 1988).

Dünya mercimek üretim alanlarında yıldan yıla dalgalanmalar görülmekle birlikte 2010 yılında 4,4 milyon ha ile zirve yapmıştır. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı 2013 verilerine göre Türkiye dünya mercimek üreticileri sıralamasında 4'üncü sırada yer almaktadır.

Mercimek tanesinin insan sağlığı üzerine bilimsel çalışmalar ile kanıtlanmış pek çok faydası bulunmaktadır. Kullanılabilir protein içeriği yüksek, diyet lifi içeriği ile sindirim sistemini destekleyici, içerdiği liflerinin prebiyotik özellikleri nedeniyle fonksiyonel bir ingrediyen olarak kullanılabilir önemli bir besin kaynağıdır. Özellikle lif içeriği sayesinde kan şekerini düşürücü, kardiyovasküler hastalıklara, kansere karşı koruma, sindirim sistemini düzenleme gibi fonksiyonları bulunmaktadır (Wang ve diğ, 2008).

2.2.1 Mercimeğin anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi

Mercimek tanesi; kenarları ince, orta kısmı kalın, kendine has basık yapıdadır. Tanelerin apı 2-9 mm, kalınlığı 1.9-3.4 mm arasında değişiklik gösterir. Tanede kabuk rengi açık kırmızı, yeşil ya da yeşilimsi kırmızı, gri, kahverengi veya siyah olur. Renklenme çoğunlukla zemin üzerinde kahverengi ya da siyah noktalı ve lekelidir. Tanelerin yüzeyi genellikle düz, bazı büyük taneli çeşitlerde ise kırışıkır. Mercimekte kotiledonların rengi turuncu, kırmızı veya yeşil olmaktadır (şehirali, 1988; Sharma ve Emami, 2002; Biçer ve şakar, 2007).

Mercimek; çeşide, evre şartlarına ve yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yüksek oranda (%25-30) protein ve karbonhidrat (%55-60) içermektedir. Hem iyi bir protein kaynağı, hem de yüksek protein kalitesinden dolayı önemli bir baklagil türüdür. İçerdiği esansiyel aminoasitler nedeniyle mercimeğin diyetlerde tahıllarla birlikte alınması besleyicilik özelliğini geliştirmektedir (De Almedia Costa ve diğ, 2006; Wang ve diğ, 2008). Yüksek karbonhidrat içeriği ise; sindirilemeyen polisakkaritler, dirençli nişasta ve oligosakkaritler yönünden önem kazanmaktadır. Oligosakkarit içeriği bazı araştırmacılar tarafından prebiyotik karbonhidratlar olarak adlandırılmaktadır ve mercimek yüksek miktarda prebiyotik karbonhidrat içermektedir (Johnson ve diğ, 2013).

Yüksek protein ve karbonhidrat içeriğinin yanı sıra mercimekte diyet lifi, folat, manganez, fosfor ve B1 vitamini içeriği de oldukça yüksektir (USA Dry Pea & Lentil Council, 2010). Thavarajah ve diğ. (2009) yaptıkları bir çalışmada mercimeğin içerdiği demir miktarının 73-90 mg/kg aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Mercimeklerin %5 civarında içerdiği hızlı sindirilebilir nişasta oranı yerine yaklaşık %30'unu oluşturan yavaş sindirilebilir nişastaları içermesi diyabet hastaları tarafından da tercih edilen bir gıda yapmaktadır. Mercimeklerin içerdiği nişastanın

büyük bölümü (%65) ise tamamen tip 1 dirençli nişastadır (Singh, 1998). Çeşitli araştırmacıların mercimek tanesinin kimyasal bileşime ilişkin bulguları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1: Bazı araştırmacılara göre mercimeklerin kimyasal bileşimi (%).

Karbonhidrat (%)	Protein (%)	Nem (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Kaynakça
56.40 ± 4.08	20.60 ± 0.37	11.20 ± 0.28	2.80 ± 0.15	2.15 ± 0.14	De Almedia ve diğ, 2006
74.30 ± 0.30	19.50 ± 0.30	-	3.40 ± 0.30	2.80 ± 0.30	Aguleria ve diğ, 2010
68.40 ± 0.30	23.20 ± 0.26	7.20 ± 0.18	2,67 ± 0.11	1,90 ± 0.30	Carbonaro, 2008

2.2.2 Mercimeğin fenolik, karoten ve antioksidan içeriği

Mercimeklerin bilinen potansiyel sağlık etkilerinin içerdikleri fenolik maddeler gibi sekonder metabolitlerden kaynaklandığı da düşünülmektedir. Sekonder metabolitler, insan vücudunu koruyucu antioksidan özellik göstermektedir.

Fenolik bileşenler flavonoidler, fenolik asitler, lignanlar ve tanninler başta olmak üzere çok sayıda farklı karakterde bileşeni kapsayan bir gruptur. Bu bileşenler aynı zamanda bitkiler aleminin en yaygın bileşenleridir. Dolayısıyla baklagiller ve baklagillerin önemli bir çeşidi olan mercimek de fenolik bileşenler tanenin biyoyararlılığını değerlendirebilmek açısından önemlidir (Amarowicz ve Pegg, 2008).

Antioksidanlar oksidasyonu önemli düzeyde geciktiren ya da engelleyen maddeler olarak tanımlanmaktadır. Antioksidan etkileri ile değerlendirilen en önemli bileşikler vitaminler (C ve E), karotenoidler ve fenolik bileşiklerdir. C ve E vitaminleri ve provitamin A olarak bilinen β - karoten, antioksidatif savunma mekanizmasında oksijenin aktif formlarını yok ederek zincir kırıcı antioksidantlar olarak görev yaparken, fenolik bileşenler ise serbest radikalleri bağlayarak, metaller ile şelat oluşturarak veya lipoksigenaz enzimini inaktive ederek antioksidatif etki göstermektedirler. Fenolik bileşenler arasında ise fenolik asitler genellikle serbest radikal yakalayıcı antioksidanlar olarak görev yaparken flavonoidler serbest radikal sönmüleyici ve metal şelatörleri olarak davranırlar (Cemeroğlu, 2010). Bu sebeple gıdanın antioksidan aktivitesinin yüksek fenolik bileşen içeriği ile ilişkilendirilmesi genel kabul gören bir olgudur.

Baklagillerin fenolik bileşen profili ve antioksidan aktivitelerine bakıldığında ise fenolik bileşen profilinde flavonoidlerin baskın olduğu ve tanelerin fenolik bileşen içerikleri nedeniyle antioksidan aktivite sergiledikleri görülmektedir. Baklagillerin antioksidan aktivitesi veya diğer bir ifade ile antioksidan kapasiteleri bitkinin biyolojik çeşitliliği, yetiştirilme koşulları, iklimsel özellikleri ve toprak özellikleri ile ilgilidir. Ayrıca baklagillerin içerdiği fenolik bileşenlerin büyük bir kısmı kabuk bölgesinde bulunmaktadır (Amarowicz ve Pegg, 2008). Mercimeklerin söz konusu sağlık üzerine olumlu etkilerinin de tüm bu bilgiler doğrultusunda diyet lifi ve sekonder metabolitler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Son yıllarda araştırmacılar mercimeklerin fenolik bileşen profili ve miktarını belirlemek üzere çalışmalar yürütmektedirler (Xu ve Chang, 2007; Aguleria ve diğ, 2010).

Mercimeklerin kabuk bölümünün fenolik bileşenlerce zengin olması kabuk diyet liflerinin karakterizasyonu ve sağlık üzerine olumlu etkilerinin vurgulanabilmesi açısından önemlidir. Duenas ve diğ (2002)'de yaptıkları çalışmada mercimeğin kotiledon ve kabuk bölümünün fenolik bileşen profilini incelemişlerdir. Söz konusu araştırmaya göre mercimek tanelerinin içinde ve dış yüzeylerinde hidrokisisinnamik ve hidrokisibenzoik bileşenler mevcuttur. Flavonol ve flavon glukosidazlar tanenin dış bölümlerinde bulunmaktadır ve miktarları mercimek çeşidine göre değişmektedir. Kateşin ve prosiyanidinler ise dış bölgelerde baskın olarak bulunmaktadır. Bu çalışmadan özet olarak mercimek tanesinin kabuk bölümü flavonoidler açısından zengindir ve flavonoid olmayan bileşenlerin kotiledonda görülmesi daha muhtemeldir.

Aguleria ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada endüstriyel dehidrasyon işleminin pardina cinsi mercimeklerin polifenol içeriği ve antioksidan özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın amacı bioaktif polifenol bileşenlerini içeren fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesidir. Sonuçta 35 fenolik bileşen işlenmemiş ve işlenmiş pardina cinsi mercimek unlarında tespit edilmiştir. Bu fenolik bileşenler arasında kateşin 3- glukozit, prosiyanidin trimer ve prosiyanidin B2'nin baskı olduğu görülmüştür.

Xu ve Chang (2007)'de yaptıkları çalışmada baklagillerin fenolik bileşenlerinin farklı solventler ile ekstraksiyon ile tayini üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada ise kateşin, dihidroksibenzenler, kaempferol ve p-kumaric asit baskın

flavonoid grupları olarak tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar antioksidatif aktiviteyi de mercimekte diğer baklagillere göre daha yüksek bulmuşlardır.

Antioksidanlar gıda mikro yapısında çeşitli formlarda bulunabilmektedirler ancak mercimek benzeri kompleks gıda matrikslerinde antioksidanlar çoğunlukla gıda matriksi içine gömülü ve bir şekilde karbonhidratlar, proteinler, lipidler ve özellikle diyet lifleri gibi çeşitli makromoleküllerle bağlı formda bulunurlar. Diyet lifleri ve antioksidanların fonksiyonel özellikleri yıllardır bilinen araştırılan konular olsa da genellikle ayrı ayrı ele alınan bileşenlerdir ama aslında diyet lifleri ve antioksidanların sağlık üzerine olumlu etkileri benzer veya daha doğru ifade ile ilişkilidir. Diyet lifleri ve önemli miktarda antioksidanın gastrointestinal sistem içerisinde ortak bir fizyolojik süreci takip ettiği bilinmektedir. Özellikle polifenolikler ve bazı karotenoidlerden oluşan önemli miktarda besinsel antioksidan, ince bağırsaklardan diyet lifleri ile birlikte bir bütün olarak geçmektedir. Bunun yanında bazı antioksidanlar ise ince bağırsakta biyoerişilebilir durumda değildir ve diyet liflerine bağlı olarak bulunurlar. Diyet liflerinin kompleks matriksinin içerisinde gizli karotenoidler ve polifenoller bu durumda hem diyet liflerinin hemde antioksidanların sağlık üzerine olumlu etkilerine katkıda bulunmaktadır (Saura-Calixto, 2011).

Son zamanlarda ortaya çıkan diyet lifinin antioksidanlar ile ilişkisi üzerine araştırmalar mercimek lifleri ve mercimek antioksidan içeriği ile henüz ilişkilendirilmemiştir. Ancak Saura-Calixto (2011) çalışmada diyet liflerine bağlı antioksidanların diyet liflerinin fonksiyonel özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini savunmaktadır.

2.3 Diyet Lifi

Lif doğal olarak bitkisel gıdaların yapısında bulunan, genelde bitkilerin kabuk kısımlarında yoğunlaşan, tahıllarda kepek olarak da bilinen, tüketildiğinde insan metabolizmasında sindirilemeyen ancak sağlık üzerine olumlu etkileri olan karbonhidratlar olarak bilinmektedir. Sağlık üzerine olumlu etkileri bulunan belirli etkileri olan sindirilemeyen karbonhidrat ve bağ dokunun ticari üretilen bazı tipleri fonksiyonel lif olarak tanımlanırken, gıdanın doğal bir bileşeni olarak tüketildiklerinde diyet lifi olarak adlandırılmaktadırlar (Almedia ve diğ, 2013).

Yıllar içerisinde diyet lifinin tanımı değişimlerden geçmiştir. 2001 yılında AACC (Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği) tarafından yapılan tanım günümüzde kabul edilen tanımdır. Bu tanıma göre diyet lifi; “insan ince bağırsağında emilime ve sindirime direnç gösteren, kalın bağırsakta tam veya kısmi fermente olabilen, bitkilerin yenilebilir kısımları veya karbonhidrat türevleridir. Polisakkaritleri, oligosakkaritleri, lignin ve ilgili maddeleri kapsar. Boşaltımın kolaylaşması ve/veya kan kolesterolünü düzenleme ve/veya kan şekerini düzenleme gibi faydalı fizyolojik etkileri teşvik eder”. Tipik bileşenleri; selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin, gamlar ve musilajdır (Prosky, 2000; Nelson, 2001a; AACC, 2001; Champ ve diğ, 2003).

2.3.1 Diyet liflerinin yapısal özellikleri, sınıflandırılması ve insan sağlığı üzerine etkileri

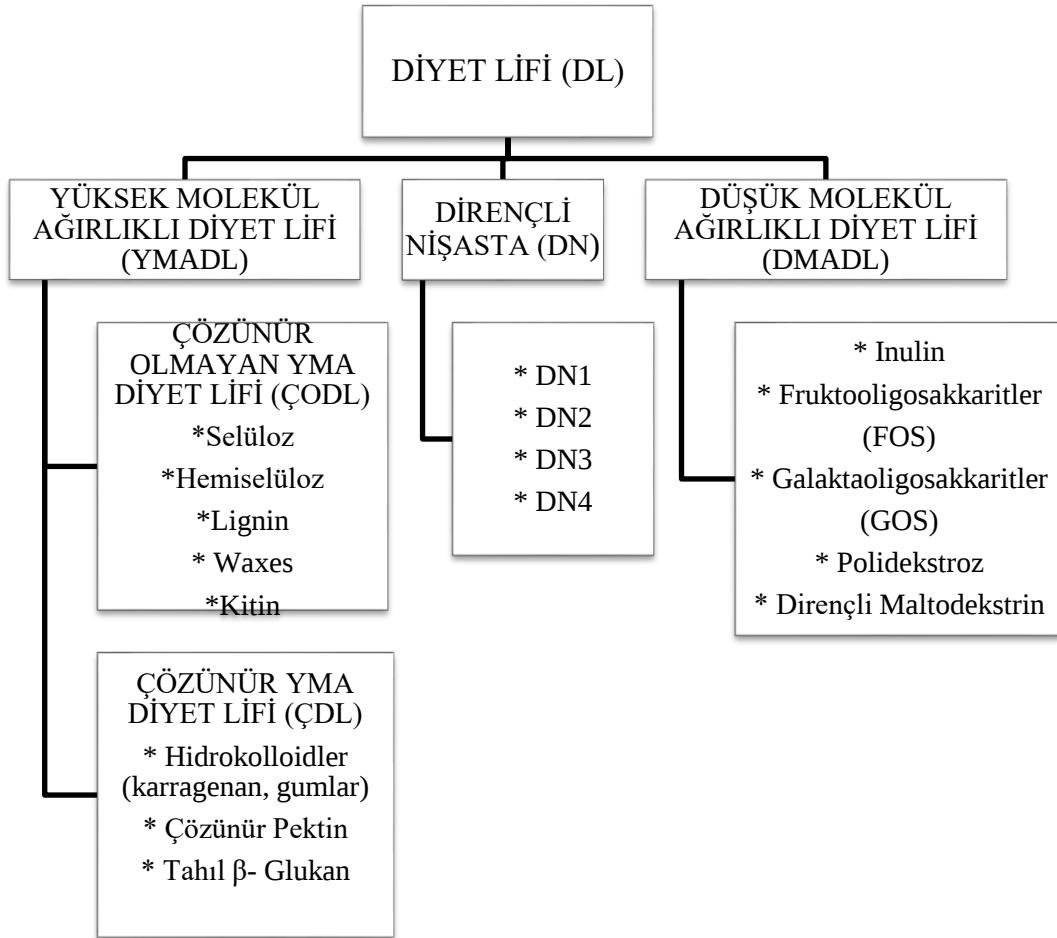
Diyet lifleri kompleks karbonhidrat yapısında görülmektedirler. Mevcut diyet lifi tanımı ve çeşitlendirilmesi halen tartışılan bir konu olmakla birlikte polisakkaritlerin sindirilemeyen formları araştırmacılar tarafından diyet lifi olarak kabul görmektedir. Her polisakkarit içerdiği şeker bileşeni ve bileşenler arası bağlar ile karakterize edilmektedir. Diyet liflerinin kompleks yapısı; polimerizasyon derecesi, kimyasal özellikleri, oligosakkaritlerin varlığı halen araştırılmakta olan konulardır (Elleuch ve diğ, 2011).

Diyet lifleri; dirençli nişasta, vitaminler, mineraller, fitokimyasallar ve antioksidanlar dahil olmak üzere biyoaktif bileşenlerin eşsiz bir karışımını içermektedir (Lattimer ve Haub, 2010). Epidemiyolojik ve klinik çalışmalar göstermektedir ki diyet lifi ve tam tahıl tüketimi obezite, tip-2 diyabet, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar ile ters ilişkilidir (Meyer ve diğ, 2000; Streppel ve diğ, 2008; Tucker ve diğ, 2009; Park ve diğ, 2009). Amerika Gıda ve İlaç Komitesi'ne (FDA) göre, yağ tüketiminin azaltılmasıyla birlikte, meyve, sebze ve tam tahıllardan sağlanan diyet lifi tüketiminin artırılması bazı kanser türlerini azaltmaktadır.

Yapılan çalışmalarda genel olarak yüksek lif oranı düşük ölüm oranı ile ilişkilendirilmiştir. Sağlık üzerine etkileri çalışılırken sadece alınan lif miktarı değil lif çeşidinin de belirlenmesi önem taşımaktadır.

Diyet lifi sınıflandırılmasında çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. En yaygın bilinen sınıflandırma insan sindirim sistemindeki çözünürlüklerine göre çözünür diyet lifi (ÇDL) ve çözünür olmayan diyet lifleri (ÇODL) olarak sınıflandırmadır. Son yıllarda

ise molekül ağırlıklarına göre sınıflandırma popülerlik kazanmaktadır. Molekül ağırlıklarına göre de diyet lifleri yüksek molekül ağırlıklı diyet lifi (YMADL) ve düşük molekül ağırlıklı diyet lifleri (DMADL) olarak sınıflandırılmaktadır (Westenbrink ve diğ, 2012). Bu sınıflandırmayı ayrıca Şekil 2.1 'de görmek mümkündür.



Şekil 2.1: Diyet liflerinin sınıflandırılması.

Çözünür ve çözünür olmayan diyet lifleri farklı kimyasal karakteristiklere ve insan vücudunda farklı fizyolojik etkilere sahiptirler. Toplam diyet lifi (TDL) ise hem çözünür hem çözünür olmayan diyet liflerinin toplamıdır.

Çözünür diyet lifi, insan sindirim sistemindeki enzimlerin sudaki çözeltisinde çözünür özelliktedir (Tosh ve Yada, 2010). Birçok çözünür lif, enzimlerin sulu çözeltisi ve alkol karışımında (1:4) çöktürülebilmektedir. Çözünür diyet lifleri suda çözünerek viskoz jel oluşturur ve gıdanın ince bağırsaktaki hareketini yavaşlatarak, insan vücudunda besin öğelerinin emilimi için zaman tanırırlar. Çözünür diyet liflerinin kan kolesterolünü düşürücü ve vücudun glikoz kullanımını düzenleyici etkileri olduğu saptanmıştır. Çözünür diyet lifleri; pektin, β -glukan, gamlar ve inülininden oluşmaktadır (Nelson, 2001a). Meyvelerde pektin cinsinde, kuru baklagillerde, yulaf, arpa ve çavdar gibi gıdalarda bulunmaktadır.

Çözünür olmayan diyet lifi (ÇODL), insan sindirim sistemindeki enzimlerin sudaki çözeltisinde çözünür olmayan özelliktedirler. İnce bağırsakta sindirilmezler, ancak kalın bağırsaktaki bakteriler tarafından fermente edilebilirler. Sebzelerin kabukları, kuru baklagiller, buğday, yulaf kepeği çözünür olmayan diyet lifi kaynağıdır. ÇODL'ler ince bağırsaktan geçiş süresini kısaltır, fekal kütleyi artırır ve dışkıyı yumuşatır. Mide bağırsak sisteminde hacmi artırıcı ve dışkı atılımını kolaylaştırıcı etkiye sahiptirler. Çözünür olmayan diyet lifleri; selüloz, hemiselüloz, lignin, kutin, suberin, diğer bitki mumlarını, kitin, kitosan ve dirençli nisastaları içerirler (Nelson, 2001a). Gıdalarda bulunan diyet lifinin %75'i çözünür olmayan fraksiyonlara aittir. Tahıllar ve baklagillerde dış tabakalar çözünür olmayan diyet lifi açısından zengin, kotiledon tabakalarda çözünür diyet lifi miktarı daha fazladır (Vitaglione ve diğ, 2008).

2.3.2 Diyet lifi analiz yöntemleri

Diyet lifinin tanımlanması ile ilgili karışıklık analiz yöntemlerinde de farklı yaklaşımların oluşmasına neden olmaktadır. Araştırmalar devam etmektedir ancak günümüzde diyet lifi analiz yöntemleri üç kategori altında incelenmektedir; (1) enzimatik olmayan-gravimetrik yöntemler, (2) enzimatik-gravimetrik yöntemler ve (3) enzimatik-kimyasal yöntemlerdir (Nelson,2001a).

Enzimatik olmayan-gravimetrik yöntemler ham lif (CF yöntemi- AACC 32-10/AOAC 920.86), asit deterjan yöntemi (ADF) ve nötral deterjan yöntemidir (NDF). Toplam diyet lifi tanımındaki tüm bileşenler analizlenemediği için CF, ADF ve NDF yöntemleri yaygın olarak kullanılmamış ve kabul görmemişlerdir (Nelson, 2001a).

Enzimatik- gravimetrik yöntem AOAC 985.29 ve modifiye edilmiş hali AOAC 991.43 diyet lifi analiz için araştırmacı çoğunluk tarafından kabul edilen iki analiz yöntemi olmuştur (Devries ve diğ, 2010). AOAC 985.29 yöntemi örneğin yağının alınmasından sonra sindirilebilir kısımların enzimler ile uzaklaştırılması sonrasında parçalanmayan kısımların alkolle çöktürülmesi ve kalıntı diyet lifinin kurutulup tartılarak, protein ve kül içeriğine göre sonucun hesaplanması esasına dayanmaktadır (Nelson, 2001a; Asp, 2004). Yöntemin kesinliği ve doğruluğu kullanılan enzimlerin saflığı ve etkinliği ile yakından ilişkilidir. AOAC 985.29 yöntemi zamanla modifiye edilerek çözünen ve çözünmeyen diyet liflerinin ayrılarak tespit edilmesine olanak tanımıştır. Modifiye yöntemde (AOAC 991.43) çözünmeyen diyet lifi süzülüp yıkanır ve tartılır. Çözünen diyet lifi ise süzüntü çözeltisi ve yıkama sularının %78'lik etanol ile çöktürülmesi, süzülmesi ve yıkanmasının ardından tartılarak ölçülür. Kalıntıların protein ve kül miktarları saptanarak sonuçlarda düzeltme yapılır. Toplam diyet lifi miktarı da saptanan bu değerlerin toplanması ile elde edilir (Nelson, 2001a). Her iki yöntemde de çözünen ve çözünmeyen lifler yüksek molekül ağırlık diyet liflerini tanımlamaktadır. Bu yöntemler son yıllarda yapılan araştırmalar ile önem kazanan lignin, fruktoligosakkaritler, galaktooligosakkaritler ve polidekstroz gibi düşük molekül ağırlıklı diyet liflerinin tayini için uygun değildir. %78-80'lik sulu etanol ile yapılan çöktürme düşük molekül ağırlıklı karbonhidratların uzaklaştırılmasına neden olmakta, oligosakkaritler ve bazı çözünür polisakkaritlerde kayıplar oluşmaktadır. Bu nedenle bu bileşenlerin tayini için alkolde çözünen kısmın ayrıca analizi gereklidir. Yine çalışmalar göstermektedir ki bu iki klasik yöntem ile sadece dirençli nişastasının bir tipi (tip 3) ölçülebilmekte diğer tipler toplam hesaplamaların dışında kalmaktadır (Westbrink ve diğ, 2013).

Enzimatik-kimyasal yöntemler de enzimatik-gravimetrik yöntemlere benzerdir, ancak lif moleküllerinin üronik asitler, lignin ve monosakkaritler gibi bileşenlerini tanımlamak için daha fazla parçalanmasını gerektirir (Nelson, 2001a). Enzimatik, kimyasal veya bileşen analizleri yöntemlerinde diyet lifi monomerleri kolorimetrik, gaz kromatografi (GC) veya yüksek basınçlı sıvı kromatografi teknikleri (HPLC) ile belirlenebilmektedir. Gravimetrik ve bileşen analiz yöntemlerinde, nişasta amilazlar ile hidrolize edilmektedir. Bu durumda dirençli nişasta varlığı da diyet lifi analiz yöntemlerinde farklı sonuçlar elde edilmesine yol açmaktadır. Enzimatik gravimetrik AOAC yöntemleri ve Uppsala yöntemi ısıya dayanıklı amilaz ve amiloglikozidaz

enzimlerinden yararlandığı için Tip-3 dirençli nişastayı (çirilenmiş amiloz) diyet lifi olarak ölçmektedirler. Englyst yöntemi ise nişastanın ilk olarak çözündürülmesinde DMSO'yu (dimetil-sulfoksit) kullanmakta ve böylece hemen hemen tüm nişastayı amilaz ile muamele ederek uzaklaştırmaktadır (Asp, 2004).

Son yıllarda en çok tercih edilen analiz yöntemleri olan AOAC 985.29 ve AOAC 991.43'e ek olarak özelleştirilmiş AOAC yöntemleri geliştirilmektedir. Yine de uygulanabilir tüm yöntemler arasından toplam diyet lifi içeriğini doğru verebilecek tek bir yöntem seçimi yapmak mümkün değildir. Tüm yöntemler arasında çakışmalar mevcuttur (Brunt, 2009). Bu nedenle literatürde bir gıdanın diyet lifi içeriği konusunda farklı pek çok sonuca ve değerlendirme yöntemine rastlamak mümkündür.

2.3.3 Diyet liflerinin teknolojik ve fonksiyonel özellikleri

Diyet lifleri çeşide bağlı olarak, farklı teknolojik özelliklere sahip olmaları nedeniyle farklı fizyolojik etkiler sağlamaktadırlar. Bu teknolojik özellikler çözünürlük, su bağlama/tutma, yağ bağlama/tutma, viskozite, jel oluşturma, emülsiyon oluşturma ve mineral bağlama gibi özelliklerdir. Ayrıca gıdalara uygulanan süreçler ve son ürün kalitesi de bu özellikler üzerine etkilidir. Yüksek lif içerikli bileşenlerle ürün geliştirilmesinde bu özelliklerin karakterizasyonu bu nedenlerden dolayı büyük önem taşımaktadır (Nelson, 2001a).

Suyun, lif içeriği yüksek bileşenlerle etkileşimi, su alma, su tutma, su bağlama, absorpsiyon ve adsorpsiyon gibi çeşitli terimlerle ifade edilmektedir. En önemli iki özellik; su tutma ve su bağlama kapasiteleridir. Su tutma kapasitesi; herhangi bir basınç veya stres olmaksızın sistemin yapısında tuttuğu su miktarı olarak ifade edilir. Su bağlama kapasitesi ise; santrifüjleme gibi bir strese maruz kalan sistemin tuttuğu su miktarıdır. Gıda süreçlerinde genellikle ürün fiziksel bir strese maruz kaldığından (yoğurma, ekstrüzyon, homojenizasyon gibi) su bağlama kapasitesi önem kazanmaktadır. Su bağlama kapasitesine etki eden çok sayıda faktör vardır; bunlar lifin yapısı, kaynağı, ölçüm yöntemi, mikro yapı (lif uzunluğu, tanecik boyutu, gözenek yapısı) ve gıdanın içerdiği koşullardır (pH, iyonik kuvvet, seker, nişasta vb gibi diğer bileşenlerin varlığı). Son yıllarda santrifüjlemeye dayanan standart bir yöntem geliştirilmiştir. Genellikle yöntemler; örneğe belirli bir miktar su ilavesinin

ardından tutulan veya hapsedilen suyun, serbest sudan ayrılması sonrasında ölçülmesine dayanmaktadır (Elleuch ve diğ, 2011).

Diyet liflerinin su tutma kapasitesi ve şişme özellikleri gibi hidrasyon özellikleri kimyasal yapıları, porozite, içerdikleri karbonhidrat profili, partikül boyutu, iyonik kuvvetler, sıcaklık gibi faktörler ile ilişkilendirilebilir. Şişme özellikleri de diyet liflerinin insan sindirim sistemindeki özellikleri ile doğrudan ilişkilidir (Elleuch ve diğ, 2011).

Yağ tutma kapasitesi 1 gram lifin homojenizasyon, inkübasyon ve santrifüj işlemlerinin ardından bünyesinde tuttuğu yağ miktarıdır. Yağ tutma kapasitesi özellikle porozite ile ilgilidir ama bunun yanında diyet liflerinin hidrofilik yapısı, bileşenlerinin orijini ve elektiriksel yük yoğunluğu ile de ilişkilendirmek mümkündür (Elleuch ve diğ, 2011). Baklagil lifleri et ürünlerinde yağ tutucu veya ikame edici özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır. Çözünür olmayan diyet liflerinin yağ tutma kapasitesi kabuk lifleri ve çözünür diyet liflerinden daha yüksektir (Dalgetty ve Baik, 2003).

Viskozite, akışa karşı gösterilen direnç olarak tanımlanmaktadır ve kayma geriliminin kayma hızına oranıdır (Elleuch ve diğ, 2011). Diyet liflerinin sulu çözeltilerinin gösterdiği akış profili teknolojik kullanılabilirliklerinin bir ifadesidir. Düşük viskoziteli gıdaların üretilmesinde ingrediyen olarak kullanılabilir niteliktedirler.

Polisakkaritler de jelleşme zincirler arası hidrojen bağları, van der waals kuvvetleri, iyonik bağlar, koordinasyon bağları gibi zayıf kuvvetlerle çapraz bağlanma sonucu oluşur. Çözünür diyet lifleri de benzer şekilde sulu çözeltilerinde jel oluşturabilir niteliktedir (Lazaridou ve diğ, 2003). Bu özellikleri ile kıvam verici olarak pektin gibi diğer çözünür diyet liflerinde kullanımı mümkündür.

2.4 Baklagillerin Diyet Lifi Profili

Birçok gıdanın toplam diyet lifi içeriği araştırmalara uzun yıllardır konu olsa da son yıllarda baklagillerin diyet lifi içeriği sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle önem kazanmaktadır. Baklagillerde bulunan diyet lifi sağlıklı bir katkı maddesi olarak fonksiyonel gıda bileşenidir (Lee, 2008). Baklagillerdeki diyet lifleri çözünabilirlik, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, iyon değiştirme kapasitesi gibi bir çok

önemli fizikokimyasal özelliklere sahiptir. Bu özelliklerin bir etkisi olarak insan vücudunda kolesterolü düşürücü ve glikoz toleransını iyileştirici, insülin ihtiyacını giderici etkileri yüksektir (Anderson ve diğ, 1984; Lattimer ve Haub, 2010). Baklagil lifleri fırıncılık ürünleri, makarna, şekerleme, çorba, sos ve içecek üretiminde fonksiyonel bileşen olarak ilave kullanılabilir niteliktedir (Khan ve diğ, 2007).

Baklagil unları ve diyet lifi fraksiyonları işlenmiş gıdaların çözünür ve çözünür olmayan diyet lifi içeriklerini arttırarak sağlık üzerine olumlu etkiler kazandırabilir niteliktedirler. Ayrıca içerdikleri galaktooligosakkaritler son dönemdeki çalışmalarla prebiyotik özellikleri kanıtlanmış düşük molekül ağırlıklı diyet lifleri olarak kabul görmektedir (Tosh ve Yada, 2010).

Baklagillerin diyet lifi içerikleri incelendiğinde farklı sonuçlarla karşılaşmak mümkündür. İçerikteki bu farklılıklar baklagil tanelerinin yetiştirildikleri coğrafya, iklim koşulları, toprak özellikleri, hasat zamanları ile ilişkilendirilebilir. Gıdalarda diyet lifi özelliklerinin incelenmesinde çözünür ve çözünür olmayan diyet liflerinin oranları baklagil liflerinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Ayrıca baklagillerin içerdiği çözünür diyet liflerinin metabolik aktivitesi tahılların içerdiği çözünür diyet liflerinin metabolik aktivitesinden daha yüksektir.

Çeşitli araştırmacıların verileri ile derlenen Çizelge 2.2 'de gösterildiği gibi baklagillerin çözünür olmayan diyet lifi içeriği çözünür diyet lifi içeriğinden daha yüksektir.

Çizelge 2.2: Bazı baklagillerin diyet lifi içeriği (%) ve ÇODL/ ÇDL oranları.

Baklagil	Diyet Lifi (%)			ÇODL/ÇDL	Kaynakça
	ÇODL	ÇDL	TDL		
Nohut	15,48	4,95	20,43	3,13	Khan ve diğ, (2007)
Nohut	10-18	4-8	18-22	2,25	Dalgetty ve Baik (2003)
Mercimek	8,27	1,74	10,01	4,75	Khan ve diğ, (2007)
Mercimek	11-17	2-7	18-20	2,43	Dalgetty ve Baik (2003)
Kuru Fasulye	20-28	3-6	23-32	4,67	Kutos ve diğ, (2003)
Börülce	13,02	2,90	15,92	4,49	Khan ve diğ, (2007)
Bezelye	10-15	2-9	14-26	1,67	Borowska ve diğ, (1988)

Bakliyat çeşitlerinin diyet lifi içerikleri incelendiğinde mercimek ve börülce için ÇODL/ÇDL oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çözünür olmayan diyet lif içeriklerinin yüksek olması baklagillerin daha yüksek miktarda hemiselüloz ve lignin içerdiğinin bir göstergesidir (Khan ve diğ, 2007).

Dalgetty ve Baik (2003)'e göre kabuk kısımları baklagil tanesinin en çok çözünmeyen diyet lifi içeren bölümüdür. Mercimek tanesinin kabuk bölümünün diyet lifi içeriğinin %85'i çözünür olmayan diyet lifidir. İç ve dış lif terimleri bakliyat liflerinin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. İç lifler çözünür lif içeriği yüksek olan kotiledon liflerini tanımlarken, dış lifler çözünmeyen lif içeriği yüksek olan kabuk liflerinden oluşan bir sınıftır (Tosh ve Yada, 2010).

2.4.1 Baklagillerden diyet lifi izolasyonu ve karakterizasyonu

Diyet lifi baklagil unlarından yaş veya kuru ayırma yöntemleri ile izole edilebilmektedir. Kuru işlemler; ezme, öğütme, eleme ile sınıflandırarak ayırma işlemleridir. Yaş ayırma yöntemleri ise; nişasta ve proteinin parçalanarak uzaklaştırılması ile diyet lifinin ayrılması prensibine dayanmaktadır. Yaş ayırma işlemlerinde oligosakkaritler çözünür diyet lifi ekstraktından izole edilebilmektedir (Tosh ve Yada, 2010).

Literatürde baklagillerden diyet lifi izolasyonu çalışmaları sınırlıdır. Meuse ve diğ. (1997) yaptıkları çalışmada bezelyeden yüksek saflıkta nişasta ve bu esnada yan ürün olarak diyet lifi izole etmişlerdir. Otto ve diğ. (1997)'de nohut, fasulye ve bezelyeden un eldesi üzerine yaptıkları çalışmada kotiledon dışındaki bölümlerin protein ve lif içeriğinin yüksek, nişasta içeriğinin ise düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Nişastanın izolasyonu için bugün günümüzde de diyet lifi izolasyonunda kullanılan benzer yaş ayırma teknikleri geliştirilmiştir. Bu yöntemde çözünür olmayan diyet lifi ikincil nişasta içeriğinden yaş eleme ve alfa amilaz ile muamele edilerek ayrıştırılmaktadır. Çözünür diyet lifi ise izoelektrik protein çöktürmesi ve nişastanın uzaklaştırılması ile elde edilmektedir (Dalgetty ve Baik, 2003).

Çözünür olmayan diyet lifi eldesinde en büyük sorun ise nişastadan ayrılma aşamalarında görülmektedir. Bakliyat nişastaları düzenli bir yapıda değildirler ve protein fraksiyonlarına yakınlık gösterirler (Kooistra, 1962; Dalgetty ve Baik, 2003).

3. MALZEME VE YÖNTEMLER

3.1 Malzemeler

3.1.1 Mercimek örnekleri

Kırmızı ve yeşil mercimek taneleri 2016 yılında Tarım Ürünleri Hububat Bakliyat İşleme ve Paketleme Sanayicileri Derneği (PAKDER) tarafından temin edilmiş ve oda sıcaklığında kuru ortamda muhafaza edilmiştir. Yapılan tüm işlemler kırmızı ve yeşil mercimek için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.1.2 Kimyasallar ve cihazlar

Kimyasallar; Etanol %99,6 (Sigma Aldrich), Hekzan (Sigma Aldrich), Sodyum hidroksit (Sigma Aldrich), Borik asit (Sigma Aldrich), Hidroklorik asit (Sigma Aldrich), Disodyum fosfat (Sigma Aldrich), sodyum dihidrojen fosfat (Sigma Aldrich), Asetonitril (Sigma Aldrich), Methanol (Sigma Aldrich), Potasyum sülfat (Sigma Aldrich), Bakır sülfat (Sigma Aldrich), Derişik sülfirik asit (Merck), Folin-Ciocalteu reaktifi (Merck), Gallik Asit (MP-ICN), DPPH (2,2 Diphenyl 1-picrylhydrazyl) Sigma, Sodyum bikarbonat (Merck). HPLC analizlerinde kullanılan Metanol (Merck), Asetonitril (Merck) ve Su (Merck) HPLC-sınıfı özelliktedir.

Analiz kiti olarak; Toplam diyet lifi tayin kiti (Sigma Aldrich, TDA 100), Termamyl 120 α -amilaz (Novazyme, Denmark) kullanılmıştır.

Kullanılan cihazlar; Çalkalamalı su banyosu (Memmert, WNB 14, Almanya) Etüv (Memmert UNB-100, Almanya), pH metre (HI 110 Series, HANNA Instruments, ABD), Tüp karıştırıcı (IKA, Almanya), Blender (Waring Commercial 7011 HS, ABD), Manyetik karıştırıcı (IKA RH Basic 2 IKAMAG, Almanya), Santrifüj (SIGMA 2-16 PK, Almanya), Gerhardt Soxtherm Otomatik Yağ Tayini Cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya), Shimadzu Infrared Nem Tayini Cihazı (Shimadzu, Japonya), UV-Visiblespektrofotometre (SP-3000 nano OPTIMA, Japonya), Boğaziçi endüstriyel öğütücü (BGÖ,300-500 W, Türkiye), Büchi distilasyon ünitesi (K-350, İsviçre), Büchi Mini Püskürtmeli Kurutucu (B-290,

İsviçre), Water Alliance HPLC sistemi (Hollanda), Dondurarak kurutma cihazı (Alpha 1-2 LD plus, Belçika), Büchi Rotary Evaporator (R-300, İsviçre), Brookfield Viskozimetre (DV-E Digital Viscometer, ABD), Ultrasonik banyo, Diferansiyel taramalı kalorimetre (TA Q10 Instrument, ABD).

3.2 Yöntemler

3.2.1 Mercimek tanelerinin kompozisyon analizleri ve fiziksel özellikleri

Yeşil ve kırmızı mercimek taneleri öğütülerek toplam nem, kül, protein, yağ, diyet lifi miktarları ve şeker içerikleri tayin edilmiştir. Mercimek unlarının ayrıca elek analizi yapılmış ve partikül boyutu tespit edilmiştir. Tüm analizler iki tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.1.1 Toplam nem içeriklerinin tayini

Toplam nem miktarı tayini Schimadzu Infrared Nem Tayin Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaza özel alimünyum kaplara yaklaşık 1 g örnek tartılarak 130°C’de kurutulmuştur. Analiz üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yüzdesel olarak kaydedilmiştir.

3.2.1.2 Toplam kül miktarı tayini

Toplam kül miktarı tayini AOAC 923.03 no’lu yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öğütülerek (Boğaziçi endüstriyel öğütücü) un haline getirilen yeşil mercimek ve kırmızı mercimek örneklerinden yaklaşık 3 g alınarak ağırlığı bilinen porselen kroze içine tartılmıştır. 550°C’de kapak tam kapalı şekilde 16 saat boyunca kül fırınında bekletilmiştir. Analiz üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonucu aşağıdaki Denklem 3.1’e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yaş Ağırlıkta Kül Oranı} = \frac{\text{Örnekten yanma sonucu kalan kül miktarı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.1.3 Toplam protein miktarı tayini

Toplam protein miktarı tayini AOAC 920.87 no’lu yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1 g örnek yakma tüpüne alınarak üzerine katalizör (bakır sülfat ve potasyum sülfat) ve 25 ml derişik H2SO4 eklenmiştir. Berrak açık yeşil renk görüldükten sonra 30 dakika daha yakma işlemine devam edilmiş,

soğuduktan sonra destilasyon aşamasına geçilmiştir. Destilasyon işlemi cihaz (Büchi, K-350, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Yakma tüpüne 50 mL distile su eklenerek destilasyon ünitesine yerleştirilmiş, ünitenin destilat toplama bölümüne ise 25 ml %4'lük borik asit içeren ve indikatör içeren erlen yerleştirilmiştir. Elde edilen destilat 0.2 N HCl çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon aşamaları sonunda elde edilen sarfiyat kaydedilerek toplam azot ve protein miktarı Denklem 3.2 de verilen formüle göre hesaplanmıştır. Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% N(\text{Azot}) = \frac{(V_2 - V_1) \text{ml} \times \text{Normalite} \times 0.014}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \quad (3.2)$$

V1, kör destilat için titrasyonda harcanan 0.2 N HCl sarfiyatını, V2 ise örnek destilat için titrasyona harcanan 0.2 N HCl sarfiyatını, Normalite ise titrasyon kullanılan asit çözeltisinin (HCl) normalitesini temsil etmektedir.

3.2.1.4 Toplam yağ miktarı tayini

Toplam yağ miktarı tayini Gerhardt Soxtherm Otomatik Yağ Tayin Cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık olarak 3 g örnek tartılmış ve cihaz 200°C'de çalıştırılmıştır. İşlem sonucunda döner buharlaştırıcıya alınan çözgen uçurulmuştur. Üç tekrarlı gerçekleştirilen analizin sonucu aşağıdaki Denklem 3.3 'e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ} = \frac{\text{yağ miktarı (g)}}{\text{örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.1.5 Toplam diyet lifi miktarı tayini

Toplam diyet lifi (TDL), çözünür olmayan diyet lifi (ÇODL) ve çözünür diyet lifi (ÇDL) analizleri AACC 32-07/AOAC 991.43 numaralı enzimatik-gravimetrik yöntemle göre yapılmıştır (AACC 2000 ve 2002). Analizlerin uygulanmasında diyet lifi analiz kiti olarak Sigma TDF-100A (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) kullanılmıştır. Yeşil ve kırmızı mercimek örneklerinden 1±0,01g örnekler alfa-amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile uygun sıcaklık, süre ve pH kombinasyonu sağlanarak hidrolize edilmiş, ardından süzülerek çözünür olmayan diyet lifi içeriği elde edilmiştir.

Kalıntılar ise sırasıyla %78 ve %95 etanol çözeltileri ve aseton ile yıkanmıştır. Süzüntü ise %95 etanol ile 1 saat çöktürülerek süzölmüş kalıntı çözünür diyet lifi

içeriği olarak kabul edilmiştir. Bir gece 105°C’de kurutulan kalıntılar tartılmış ve net diyet lifi miktarları kalıntı protein ve kül çıkartılarak saptanmıştır. Kalıntılar kül miktarının belirlenmesi için de kül fırınında 525°C’de 5sa bekletilmiştir. TDL ise ÇODL ve ÇDL toplamı alınarak belirlenmiştir (Sigma, 2003).

3.2.1.6 Elek Analizi

Mercimek taneleri öğütüldükten sonra elek analizi yapılarak beş farklı partikül boyutunda (<38 µm, 38-53µm, 53µm-106 µm, 106-212µm, 212-425µm, 425-850 µm, >850µm) sınıflandırılmıştır.

Öğütme sonrası mercimek tanelerinin kütle ortalama çapları kısmi analizi Denklem 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$x_i = \frac{\text{Elek üstüne kalan ağırlık (g)}}{\text{Elek altında kalan ağırlık (g)}} \times 100 \quad (3.4)$$

x_i ; elek çapının kısmi analizi (%)

Kısmi analizi yüksek elek çapı unun tanecik boyutunun yoğun olduğu aralık olarak kabul edilmiştir. Sonuçlar grafik ile de gösterilmiştir.

3.2.2 Mercimekten diyet lifi izolasyonu

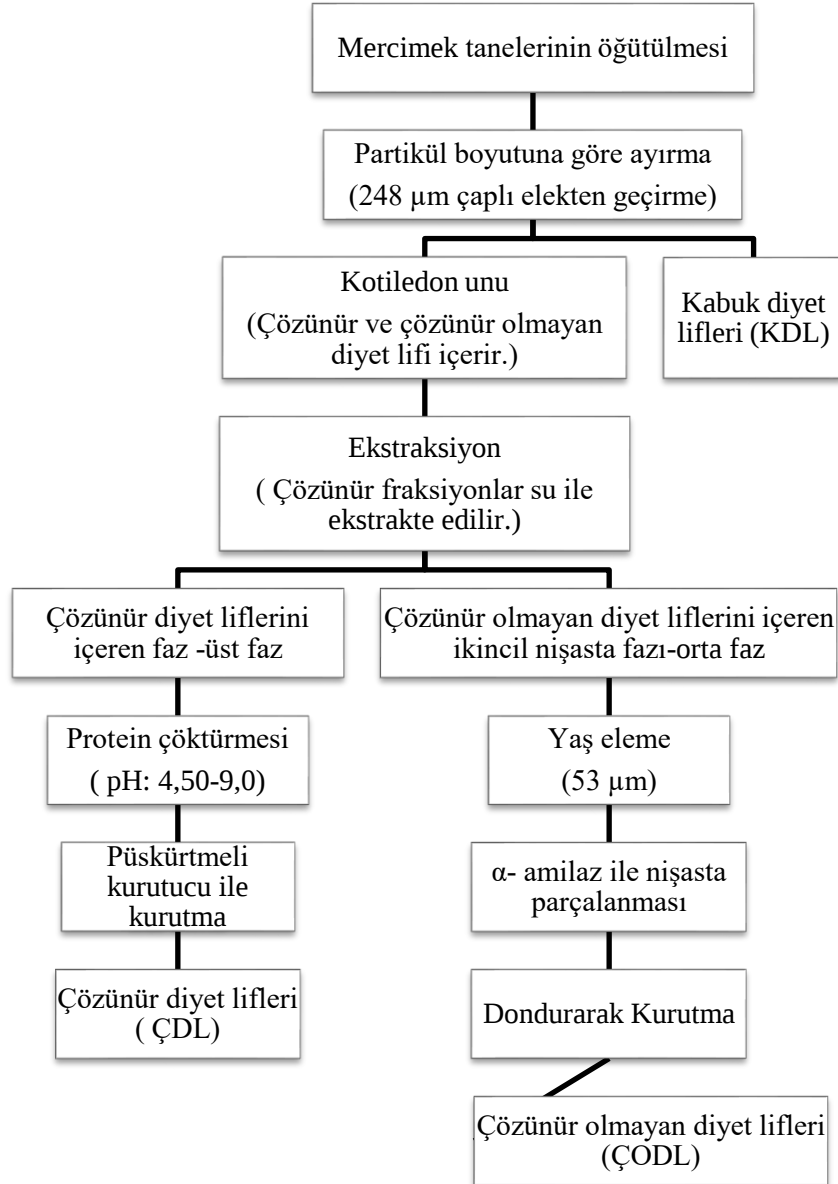
Yeşil ve kırmızı mercimek taneleri (500 g) endüstriyel tip öğütücü ile 15 dk öğütülerek un haline getirilmiştir. Öğütülen mercimeklerin unlarından 3 farklı yöntem ile diyet lifleri izole edilmiştir. Bu yöntemler; mekanik yöntemler ile kabuk lifi eldesi (KDL), protein çöktürülmesi ile çözünür kotiledon diyet lifi eldesi (ÇDL) ve enzimatik işlemler ile çözünür olmayan kotiledon diyet lifi (ÇODL) eldesi olarak gruplandırılmıştır.

3.2.2.1 Kabuk diyet lifi izolasyonu

Öğütülen kırmızı ve yeşil mercimekler 248 µm’lik elekten geçirilerek kabuk kısımları kepek fraksiyonu olarak ayrılmış 4 kez tekrar öğütülerek partikül boyutu düşürülmüş ve tekrar 248 µm’lik elekten geçirilmiştir. Ayrılan kabuk fraksiyonu yüksek çözünür olmayan diyet lifi içeriği nedeniyle kabuk diyet lifi (KDL) olarak incelenmiştir. Kabuk diyet lifi eldesinde verim hesabı içinde elek üstünde kalan miktarlar tartılarak % verim hesaplanmıştır.

3.2.2.2 Çözünür ve çözünür olmayan kotiledon diyet liflerinin izolasyonu

Öğütülen ve elekten geçirilerek kabuk kısmı ayrıştırılan mercimeklerin kalan bölümleri kotiledon olarak adlandırılmaktadır. Kotiledon kısmından iki çeşit diyet lifi elde edilmiştir. Bunlar; çözünür diyet lifleri (ÇDL) ve çözünür olmayan diyet lifleridir (ÇODL). Şekil 3.1’de mercimeklerden diyet lifi izolasyonu şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Mercimekten diyet lifi izolasyon aşamaları.

Kabuk alınan mercimeklerden (kotiledon unu) 200 g alınarak 500 ml distile su ile laboratuar tipi blenderda (Waring Commercial 7011 HS, ABD) yüksek hızda 3 dakika karıştırıldıktan sonra 1500xg hızda oda sıcaklığında 15 dakika

santrifüjlenmiştir. Üst faz çözünen diyet lifi fraksiyonu olarak ayrılmıştır. Alt faz birincil nişastayı ve orta faz ikincil nişastayı içeren bölümler tekrar toplanmış 500 ml distile su ilave edilerek yüksek hızda 3 dakika blender ile karıştırılmış ve ardından tekrar santrifüj edilmiştir. İkinci santrifüjden sonra 50 ml'lik santrifüj tüpünde üst faz çözünür diyet lifi, alt faz birincil nişasta ve orta faz çözünür olmayan diyet lifini de içinde barındıran ikincil nişasta fraksiyonu olarak ayrılmıştır. Bu fraksiyonlara ayırma işlemi üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

Kotiledon unundan ayrılan ikincil nişasta içerisinde ki çözünür olmayan diyet lifi fraksiyonu 2 litre distile su ile 53µm'lik elekten geçirilerek yaş eleme metodu ile ayrılmıştır. Yaş eleminin ardından elek üstünde kalan çözünmeyen diyet lifleri 400 ml distile su içerisinde çözündürülmüş ve sıcaklığa dayanıklı alfa-amilaz (Termamyl 120, Novazyme) ile 100°C 'ye ayarlı su banyosunda (Mammert, WNB 14, Almanya) 30 dakika sürekli karıştırılarak nişastanın parçalanması sağlanmıştır. Enzim ile parçalanmanın ardından bulamaç 1500xg'de 10 dakika santrifüjlenmiş ve çökelti ayrıştırılıp dondurularak kurutulmuştur.

Çözünür diyet liflerinin izolasyonu içinse kotiledon unundan ayrılan üst faz çözünen fraksiyona izoelektrik protein çöktürme işlemi yapılmıştır. Bu amaçla önce pH 4'e ayarlanmış ardından 1500xg'de 15 dakika santrifüjlenerek protein çöktürülmüş sıvı faz tekrar pH 9'a ayarlanarak 1500xg'de 15 dakika santrifüjlenmiştir. Çöken protein fraksiyonu atılmış sıvı faz çözünür diyet lifi olarak ayrılıp, pH suda çözünürlüğü arttırmak için nötr pH'ya (pH: 7,0) getirilmiş ve püskürtmeli kurutucu (Büchi Mini Kurutucu, B-290, İsviçre) ile kurutulmuştur.

Püskürtmeli kurutucu parametreleri; aspirator %100, püskürtme gazı: %35, pompa: %25, giriş sıcaklığı 180 °C, nozül: 2 olarak seçilmiştir (Chiou ve Langrish, 2007).

3.2.3 Mercimek liflerinin kompozisyon analizleri

3.2.3.1 Toplam nem içeriklerinin tayini

Toplam nem miktarı tayini Schimadzu Infrared Nem Tayin Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaza özel alimünyum kaplara yaklaşık 1 g örnek tartılarak 130°C'de kurutulmuştur. Analiz üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yüzdesel olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.2 Toplam kül miktarı tayini

Toplam kül miktarı tayini AOAC 923.03 no'lu yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öğütülerek (Boğaziçi endüstriyel öğütücü) un haline getirilen yeşil mercimek ve kırmızı mercimek örneklerinden yaklaşık 3 g alınarak ağırlığı bilinen porselen kroze içine tartılmıştır. 550°C'de kapak tam kapalı şekilde 16 saat boyunca kül fırınında bekletilmiştir. Analiz üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonucu Denklem 3.5'e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yaş Ağırlıkta Kül Oranı} = \frac{\text{Örnekten yanma sonucu kalan kül miktarı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.5)$$

3.2.3.3 Toplam protein miktarı tayini

Toplam protein miktarı tayini AOAC 920.87 no'lu yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1 g örnek yakma tüpüne alınarak üzerine katalizör (bakır sülfat ve potasyum sülfat) ve 25 ml derişik H₂SO₄ eklenmiştir. Berrak açık yeşil renk görüldükten sonra 30 dakika daha yakma işlemine devam edilmiş, soğuduktan sonra destilasyon aşamasına geçilmiştir. Destilasyon işlemi cihaz kullanılarak yapılmıştır. Yakma tüpüne 50 mL distile su eklenerek destilasyon ünitesine yerleştirilmiş, ünitenin destilat toplama bölümüne ise 25 ml %4'lük borik asit içeren ve indikatör içeren erlen yerleştirilmiştir. Elde edilen destilat 0.2 N HCl çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon aşamaları sonunda elde edilen sarfiyat kaydedilerek toplam azot ve protein miktarı Denklem 3.6 'ya göre hesaplanmıştır. Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{ N(Azot)} = \frac{(V_2 - V_1) \text{ml} \times \text{Normalite} \times 0.014}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \quad (3.6)$$

V₁, kör distilat için titrasyonda harcanan 0.2 N HCl sarfiyatını, V₂ ise örnek distilat için titrasyona harcanan 0.2 N HCl sarfiyatını, Normalite ise titrasyon kullanılan asit çözeltisinin (HCl) normalitesini temsil etmektedir.

3.2.3.4 Toplam yağ miktarı tayini

Toplam yağ miktarı tayini Gerhardt Soxtherm Otomatik Yağ Tayin Cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık olarak 3 g örnek

tartılmış ve cihaz 200°C’de çalıştırılmıştır. İşlem sonucunda döner buharlaştırıcıya alınan çözgen uçurulmuştur. % Yağ miktarı Denklem 3.7’e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ} = \frac{\text{yağ miktarı (g)}}{\text{örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.7)$$

3.2.3.5 Toplam diyet lifi miktarı tayini

Toplam diyet lifi (TDL), çözünür olmayan diyet lifi (ÇODL) ve çözünür diyet lifi (ÇDL) analizleri AACC 32-07/AOAC 991.43 numaralı enzimatik-gravimetrik yöntemle yapılmıştır (AACC 2000 ve 2002). Analizlerin uygulanmasında diyet lifi analiz kiti olarak Sigma TDF-100A (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) kullanılmıştır. Yeşil ve kırmızı mercimek örneklerinden 1±0,01g örnekler alfa-amilaz, proteaz, ve amiloglukozidaz enzimleri ile uygun sıcaklık, süre ve pH kombinsyonu sağlanarak hidrolize edilmiş, ardından süzülerek çözünür olmayan diyet lifi içeriği elde edilmiştir.

Kalıntılar ise sırasıyla %78 ve %95 etanol çözeltileri ve aseton ile yıkanmıştır. Süzüntü ise %95 etanol ile 1 saat çöktürülerek süzölmüş kalıntı çözünür diyet lifi içeriği olarak kabul edilmiştir. Bir gece 103°C’de kurutulan kalıntılar tartılmış ve net diyet lifi miktarları kalıntı protein ve kül çıkartılarak saptanmıştır. Kalıntılar kül miktarının belirlenmesi için de kül fırınında 525°C’de 5sa bekletilmiştir. TDL ise ÇODL ve ÇDL toplamı alınarak belirlenmiştir (Sigma, 2003).

3.2.4 Mercimek liflerinin teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi

İzole edilen kabuk lifi, çözünen kotiledon lifi ve çözünmeyen kotiledon lifinin yoğunlukları, su ve yağ tutma kapasiteleri, emülsiyon oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılığı, şişme kapasiteleri incelenmiştir.

3.2.4.1 Yoğunluk ve birim yoğunluğu

10 ml’lik mezür içerisine belirli bir hacim ölçü değerine kadar (5 ml) izole liflerden konulmuş, bu mezür tartılarak g/mL olarak liflerin yoğunluğu ifade edilmiştir (Dalgetty ve Baik, 2003).

Birim yoğunluğu içinse 2 g diyet lifi şırıngaya eklenmiştir. Şırıngadaki lif basınç uygulanarak sıkıştırılmıştır. Şırıngada sıkışan lifin volumetrik ölçümü kaydedilmiştir. Birim yoğunluğu g/ml cinsinden ifade edilmiştir (Dalgetty ve Baik, 2003).

3.2.4.2 Su tutma kapasitesi

Örnekler nem içeriklerinin düşürülmesi amacıyla 12 saat süreyle 95°C etüvde bekletilerek ardından desikatörde soğutulmuştur. Kurutulan örneklerden 50 ml'lik santrifüj tüpüne $1 \pm 0,01$ g alınmış, 30 ml distile su eklenerek 6 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. 6 saat sonra santrifüj tüpünde ki örnekler 14000 xg de 1 saat santrifüj edilmiştir. Sıvı faz tartılarak su tutma kapasitesi; örnek miktarı (g) başına tutulan su miktarı (g) olarak ifade edilmiştir (Mcconell, 1974).

3.2.4.3 Yağ tutma kapasitesi

$4 \pm 0,01$ g örnek 24 ml mısır özü yağı ile 30 dk vorteks karıştırıcıda 1800 rpm'de karıştırılmıştır. Karışım 1600xg'de 25 dk santrifüjlenerek sıvı kısmın hacmi ölçülmüştür. Yağ bağlama kapasitesi g örnek başına tutulan g yağ olarak ifade edilmiştir (Chau ve dig., 1997; Abdul-Hamid ve Luan, 2000; Betancur-Ancona ve dig., 2004).

3.2.4.4 Emülsiyon oluşturma kapasitesi ve dayanıklılığı

%7 örnek bileşeni içeren dispersiyonlardan 20 ml alınmış ve 20 ml mısır özü yağı eklenerek 18000 rpm de homojenize (Ultra-Turrax T-25 IKALabortechnik, Staufen, Almanya) edilmiştir. Bu homojen karışımdan temsili bir miktar alınarak 3000 xg de 5 dk santrifüjlenerek son emülsiyon hacimleri ölçülmüştür. Emülsiyon oluşturma kapasitesi emülsifiye halde ki hacmin santrifüj tüpü içerisinde ki mevcut hacime oranı ile yüzdesel olarak ifade edilmiştir (Yasumatsu ve diğ, 1972).

Oluşan emülsiyonların dayanıklılığını incelemek için emülsiyonlar 30 dakika 80°C ye ısıtılış ardından 5 dakika 1300xg de santrifüjlenerek kalan emülsiyon hacmi başta ki emülsiyon hacmine oranlanarak emülsiyon dayanıklılığı ifade edilmiştir.

3.2.4.5 Şişme kapasitesi

500 mg örnek 50 ml ölçülebilir silindire tartılmış ve 12 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Şişme kapasitesi; tutulan su hacminin (ml) örnek ağırlığına (g) oranı olarak ifade edilmiştir (Dalgetty ve Baik, 2003). İzole edilen mercimek diyet liflerinin şişme kapasiteleri benzer şekilde şişme kapasiteleri belirlenen mercimek unları ile istatistiksel olarak kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

3.2.5 Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin şeker profillerinin incelenmesi

Sanchez-Matta ve diğ. (1998)'e göre mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin şeker profili çıkartılmıştır. 1,5 ±0,01g örnek alınarak 40 ml %80'lik etanol çözeltisi ile 55-60°C 'de karıştırmalı su banyosunda 45 dakika bekletilmiş ve ardından 3000 rpm de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Sıvı faz ayrılmış alt faza aynı işlemler tekrarlanarak ekstraksiyon işlemi tamamlanmıştır. Toplanan sıvı fazlar filtre edilmiş ve döner buharlaştırıcı yardımıyla etanol ekstrakttan uzaklaştırılmıştır.

Konsantre ürün 7,5 ml'ye su ile tamamlanmış üzerine 2,5 ml acetonitrile eklenmiştir. HPLC'ye verilebilmesi için örnekler 0,45 µm milipore membrandan geçirilerek viral tüplere doldurulmuş ve refraktif indeks dedektör ile kombine HPLC'ye (Waters Alliance, Hollanda) verilmiştir.

Tayinleri yapılan şekerler ayrı ayrı Denklem 3.8 kullanılarak g/100 g örnek olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Şeker Bileşeni (g/100 g örnek)} = \left(\frac{A_1 \times V_1 \times m_1}{A_2 \times V_2 \times m_0} \right) / 1000 \quad (3.8)$$

A1; numune çözeltisindeki her bir şekere ait pik alanı, A2; standart çözeltideki her bir şekere ait pik alanı, V₁; numune çözeltisinin toplam hacmi (ml) V₂; standart çözeltisinin toplam hacmi (ml), m₀; numunenin kütlesi (g), m₁; V₂ (standart çözelti) hacmindeki şekerlerin kütlesi (g).

3.2.6 Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin termal özelliklerinin DSC ile incelenmesi

Öğütülerek elde edilen mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin Diferansiyel taramalı kalorimetre “DSC “ (TA Instruments Q10, ABD) ile jelleşme özellikleri incelenmiştir. Mercimek unlarında nişasta ve protein yapısı kaynaklı değil diyet lifleri kaynaklı jelleşme araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Termal özelliklerin DSC ile incelenmesi için alüminyum tavacıklara kuru bazda yaklaşık 3,5 mg örnek tartılmış ve distile su ile %70 su içerek şekilde süspansiyon oluşturulmuştur. Hermetik olarak kapatılan ö örnek içeren tavacıklar analiz öncesi 1 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Hazırlanan ve 1 saat bekletilen örnekler 10°C/dak ısıtma hızıyla 20°C'den 100°C'a ısıtılarak termogramları elde edilmiştir. Referans olarak boş ve hermetik olarak kapalı alüminyum tavacık kullanılmıştır. Elde edilen

sonuçlarda örneklere ait jelatinizasyon endotermik piklerinden yararlanılmış, başlangıç (T_0), pik (T_p) sıcaklıkları ile pikin altında kalan alandan entalpi değerleri (ΔH) hesaplanarak termogramlar değerlendirilmiştir. Tüm bu işlemler üç tekrarlı olarak Kaur na göre gerçekleştirilmiştir (Zhang ve diğ, 2011)

3.2.7 Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin toplam fenolik madde miktarı, fenolik madde profili, toplam karotenoid miktarı ve antioksidan kapasitelerinin incelenmesi

3.2.7.1 Örneklerden fenolik madde ekstraksiyonu

Kırmızı ve yeşil mercimek unlarından fenolik maddelerin ekstraksiyonu yapılırken 0, 2 gram örnek 2 ml %70'lik metanol çözeltisi ile 15 dakika ultrasonik banyoda bekletilmiş, ardından 4000 rpm de 10 dakika santirifüj edilerek üst – sıvı faz ayrılmış ve çökeltiliye tekrar %70'lik metanol eklenerek tüm işlemler bir kez tekrarlanmıştır. Sonrasında üst sıvı fazlar birleştirilerek analizlerde kullanılmıştır (Koletta ve diğ, 2014).

3.2.7.2 Toplam fenolik madde içeriklerinin tayini

Toplam fenolik madde tayininde Singleton ve diğ. (1999)'nin kullandığı Folin-Ciocalteu metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Yöntemde 200 μ L fenolik madde ekstraktı alınarak 800 μ L Folin- Ciocalteu reaktifi (1:10 saf su ile seyreltilmiş) ile okside edilmiştir. 2 dk inkübasyon sonrasında karışıma 2 mL %7,5'lık sodyum karbonat ve 7 mL saf su eklenmiş, karıştırılmış ve 1 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda çözeltilerin absorpsiyonu 725 nm'de çift ışınli spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür (Koletta ve diğ, 2014). Deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar gallik asit eş değeri olarak hesaplanmış olup sonuçlar 100 g örnek için gallik asit miligram eşdeğeri olarak ifade edilmiştir. Gallik asit kalibrasyon eğrisi Ek A, Şekil A.1 'de verilmiştir.

3.2.7.3 Fenolik madde profillerinin belirlenmesi

Fenolik madde ekstraktları HPLC'ye iki tekrarlı olarak 10 μ l enjekte edilmiştir. Sonuçlar integrasyon alan hesabı ile değerlendirilmiş; alanlar, her standart için kalibrasyon eğrilerinden konsantrasyon olarak μ g/ml cinsinden hesaplanmıştır. Standartlara ait kalibrasyon eğrileri Ek B'de Şekil B.1, B.2, B.3, B.4,'de verilmiştir.

Kullanılan HPLC sistem ve yöntemin koşulları Çizelge 3.1’de ve gradient koşulları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Mercimek unları ve liflerinin fenolik madde profillerinin belirlenmesinde kullanılan HPLC çalışma koşulları.

HPLC sistemi:	Waters 2695 Separation module, Waters 2996 PDA dedektör
Kolon:	Supelcosil C18, 5 µm, (25 x 4,6 mm)
Mobil sistem:	Gradient
Mobil faz A:	Milli- Q water 0,1% (v/v) TFA içeren
Mobil faz B:	Acetonitrile 0,1% TFA içeren
Kolon sıcaklığı:	40°C
İnjesiyon hacmi:	10 µl
Dalga boyu:	280, 312, 360 ve 512 nm

Çizelge 3.2 : Mercimek unları ve liflerinin fenolik madde profillerinin belirlenmesinde kullanılan HPLC gradient koşulları.

Zaman	%A	%B	Akış Hızı
0-45 dk	%95	%5	1 ml/dk
45- 47 dk	%65	%35	1 ml/dk
47-52 dk	%25	%75	1 ml/dk
52-55 dk	%95	%5	1 ml/dk

3.2.7.4 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini

Toplam antioksidan kapasitenin tayini DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil) radikal yakalama yöntemi ve CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) olmak üzere iki farklı metod kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler 3 tekrarlı olarak uygulanmış ve sonuçların ortalaması alınarak Troloks eşdeğeri (TE) cinsinden ifade edilmiştir. Kalibrasyon eğrileri Ekler, Şekil A.2–A.3’de gösterilmektedir.

DPPH radikal yakalama yöntemi; Tüpe konulan 100 µL ekstrakt ya da standart üzerine 2 ml 0,1 mM DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil) eklenmiştir. Karıştırma ve 30 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bekletme sonrasında 517 nm’de metanole karşı absorbanslar okunmuştur (Kumaran ve Karunakaran, 2006).

CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Yakalama Kapasitesi) ; Tüpe konulan 0,1 ml örnek, sırasıyla, 1 ml 10 mM CuCl₂.2H₂O çözeltisi, 1 ml 7,5 mM Neocuproine çözeltisi ve 1 ml 1 M amonyum asetat (pH=7) çözeltisi ile karıştırılmış, son hacim 4,1 ml olacak şekilde 1 ml su ilave edilmiş ve 30 dakika bekletildikten sonra absorbans 450 nm ‘de köre karşı ölçülmüştür (Apak ve diğ, 2004).

3.2.7.5 Toplam karotenoid miktarı tayini

Spektrofotometrik olarak toplam karotenoid miktarının saptanmasında Rodriguez-Amaya (2001) ve Saini ve diğ. (2015)’in uyguladıkları yöntemlerden yararlanılmıştır. Yöntem, aseton ve petrol eteri kullanılarak ekstraksiyon yapıldıktan sonra doğrudan absorbans ölçümüne dayanmaktadır. Buna göre yeşil mercimek ve kırmızı mercimek örneklerinden 2.5 g tartıldıktan sonra 5 mL soğuk aseton eklenmiş ve örnekler etkin şekilde karıştırılmıştır. Örnekler bir kez daha 5 mL daha soğuk aseton ile yıkanarak alınmış ve tüm sıvı kaba filtre kağıdından geçirilmiştir. 5 mL daha soğuk aseton eklenerek kaba filtre kağıdında renk kalmayana kadar, toplamda 15 mL aseton ile karotenoidlerin yapıdan ayrılması sağlanmıştır. Sonraki aşamada bir ayırma hunisine 20 mL petrol eteri konulmuş ve aseton:örnek ekstraktı ayırma hunisine aktarılmıştır. 150 mL ultrasaf su, kenardan sızdırılarak eklenmiş ve örneğin petrol eteri fazında çözünmesi sağlanmıştır. Fazların ayrılmasının beklenmesinin ardından alt faz ayrılarak atılmış ve toplamda 400 mL ultrasaf su ile yıkama işlemi tamamlanmıştır. Bu işlemin sonucunda petrol eteri:karotenoid fazı elde edilmiştir.

Bir huninin dar kısmına cam yünü yerleştirildikten sonra üzerine 7.5 g sodyum sülfat eklenmiş ve kalıntı suyun uzaklaştırılması için petrol- karotenoid fazı buradan geçirilmiştir. Sonra, ayırma hunisi, 5 mL daha petrol eteri ile yıkanarak sodyum sülfat ve camyününden geçirilmiş ve tüm karotenoidler petrol eteri fazında toplandıktan sonra hacim 50 ml ‘lik balonjoje yardımıyla tamamlanmıştır. Sonuçlar dört farklı karotenoid cinsinden ifade edilmiştir.

Farklı karotenoid cinslerinden toplam karotenoid miktarını ifade edebilmek amacıyla 445 nm, 450 nm ve 462 nm dalga boylarında absorbands ölçümü yapılmış ve Denklem 3.9'a göre toplam karotenoid miktarları hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam karotenoid} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{A(\text{nm}) \times \text{Toplam ekstrakt hacmi (mL)} \times 10^4}{A_{1\text{ cm}}^{\%1} \times \text{Örnek Miktarı (g)}} \quad (3.9)$$

A: absorbands, $A_{1\text{ cm}}^{\%1}$: molar absorbsiyon katsayısı

Karoten miktarı tayini 450 nm de toplam karotenoid miktarı olarak ifade edilebileceği gibi farklı dalga boylarında elde edilen absorbands değerleri ve literatürde petrol eterinde çözülmüş karotenoidler için belirlenen farklı molar absorbsiyon katsayılarının yukarıdaki formülde kullanılması ile karotenoid cinsi olarak da ifade edilebilmektedir. Farklı dalga boylarında petrol eterinde çözünen farklı karotenoidlerin molar absorbsiyon katsayıları Çizelge 3.3 de gösterildiği şekilde kabul edilmiştir (Saini ve diğ, 2015).

Çizelge 3.3: Petrol eterinde çözünen gıda karotenoidlerinin görünür ışık spektrumundaki molar absorbsiyon katsayıları ve maksimum absorbands dalga boyları (Saini ve diğ, 2015).

Karotenoid	Maksimum Absorbans Dalga Boyu	Molar Absorbsiyon Katsayısı
α - karoten	445 nm	2800
β - karoten	450 nm	2592
Lutein	445 nm	2550
γ -karoten	462 nm	3100

Bu şekilde toplam karotenoid miktarını; 450 nm β - karoten cinsinden ifade etmek, 445 nm α - karoten ve lutein cinsinden ifade etmek ve son olarak 462 nm de γ -karoten cinsinden ifade etmek üzere seçilmiştir. Farklı dalga boylarında çalışılarak karotenoid profili hakkında da öngörude bulunmak mümkün olmuştur.

3.3 İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel değerlendirmeler Minitab yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma verileri tek yollu varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş, ortaya çıkan farklılıkların hangi düzeyler arasında önemli olduğunu tespit

etmek için ise Tukey testi ile %95 güven düzeyinde çoklu karşılaştırma yapılmıştır. Analizler her bir örnek için üç kez tekrarlanmış ve sonuçlar ortalama değer $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mercimeklerin Kompozisyonu ve Elde Edilen Unların Fiziksel Özellikleri

4.1.1 Kompozisyon sonuçları

Yeşil mercimek (YM) ve kırmızı mercimek (KM) 'e ait toplam nem, kül, protein ve yağ değerleri analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Yapılan analizler sonucu tespit edilen yeşil ve kırmızı mercimek kompozisyonları (%).

Örnek	Nem %	Kül %	Protein %	Yağ %	Karbonhidrat %
YM*	8,21 ± 0,27	2,50 ± 0,00	22,43 ± 0,17	1,67 ± 0,17	65,19 ± 0,00
KM*	8,29 ± 0,06	2,26 ± 0,00	23,85 ± 0,08	2,18 ± 0,17	63,42 ± 0,00

*YM: yeşil mercimek, KM: kırmızı mercimek

Yeşil mercimek nem değeri %8,21 kırmızı mercimek nem değeri ise %8,29 olarak bulunmuştur. De Almedia Costa ve diğ. (2006) mercimek ile yaptıkları çalışmada öğütülmüş mercimek tanelerinin nem değerlerini %10,92 – 11,48 aralığında , Chung ve diğ. (2008) kırmızı ve yeşil mercimek ile yaptıkları çalışmada mercimek ununa ait nem değerlerini %8,6-8,8 aralığında bulmuşlardır. Gharibzahedi ve diğ. (2011) ise çalışmalarında kırmızı mercimek tanelerinin kuru madde içeriğini %93,52- 93,92 aralığında bulmuşlardır. Bu durumda sonuçlar literatür ile uyumludur.

Yeşil mercimek protein değeri %22,43 olarak kırmızı mercimek unlarına ait protein değeri ise % 23,85 olarak hesaplanmıştır. Literatürde De Almedia Costa ve diğ. (2006) mercimek ile yaptıkları çalışmada protein değerini %20,34 ± 0,37 aralığında, Chung ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada protein değerini kırmızı ve yeşil mercimek için %28,7-31,5 aralığında bulmuşlardır. Kırmızı ve yeşil mercimek ile yapılan bir başka çalışmada Ma ve diğ. (2011) mercimek unu için protein değerini %24,39-25,79 aralığında belirtmişlerdir. Bu durumda sonuçlar literatür ile uyumludur.

Yağ miktarı yeşil mercimek için %1,67 kırmızı mercimek için %2,18 olarak bulunmuştur. Literatür incelendiğinde De Almedia Costa ve diğ, (2006)'nin çalışmalarında mercimek için % yağ içeriğini %2,01- 2,29 aralığında tespit ettikleri görülmüştür. Ayrıca Aguleria ve diğ. (2010) çalışmalarında yağ miktarını %2,39- 3,01 aralığında, Gharibzahedi ve diğ. (2011) çalışmalarında yağ miktarını %2,50- 3.1 aralığında bulmuşlardır. Wang ve diğ. (2008) ise mercimeğin içeriği üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucu, kullandıkları mercimek çeşitlerinin yağ içeriklerinin %1 ile %1.3 gibi dar bir aralıkta değiştiğini saptamışlardır. Elde edilen sonuçlar yeşil mercimek için literatüre kıyasla daha düşüktür. Bu farklılığın iklimsel koşullardan veya varyete farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yeşil mercimek için kül miktarı %2,50, kırmızı mercimek için kül miktarı %2,26 olarak bulunmuştur. De Almedia Costa ve diğ, (2006)'nin çalışmalarında mercimek için % kül içeriği %2,65- 2,95 aralığında, Aguleria ve diğ. (2010) çalışmalarında kül miktarını %3,10- 3,70 aralığında bulmuşlardır. Ma ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada ise mercimek için % kül değer aralığını %2,27-2,36 olarak belirtmişlerdir. Bu durumda sonuçlar literatür ile uyumludur.

Yeşil mercimek ve kırmızı mercimeklerin diyet lifi miktarları, çözünür (ÇDL), çözünür olmayan (ÇODL) ve toplam diyet lifi (TDL) içeriği olarak Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2: Yeşil ve kırmızı mercimeklerin tespit edilen diyet lifi içerikleri (%).

Örnek	ÇODL %	ÇDL %	TDL %
YM	13,07 ± 0,08	1,63 ± 0,02	14,72 ± 0,02
KM	15,21 ± 0,07	1,68 ± 0,01	16,89 ± 0,07

De Almedia Costa ve diğ. (2006) bu değerlere benzer şekilde mercimek tanelerinin içeriğinde %19 ÇODL ve %1,44 ÇDL bulunduğunu belirtmiştir. Yine Carbanora (2008) mercimek için ÇODL değerini %13,2 ve ÇDL değerini %1,7 olarak belirtmiştir.

Dalgetty ve Baik (2003) yılında ki çalışmalarında ise mercimek için toplam diyet lifi miktarını saptadığı %11,4 ÇODL ve % 6,9 ÇDL miktarlarının toplamı olarak ifade etmiştir. Görüldüğü üzere literatürde mercimek tanelerinin diyet lifi içeriği net bir

aralıkta ifade edilememiştir. Araştırmacıların elde ettikleri değerler geniş bir aralık oluşturmaktadır. Yine de bu çalışmada elde edilen sonuçların aralık içerisinde olduğunu söylemek mümkündür.

Diyet lifi analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde çözünür ve çözünür olmayan diyet liflerinin ayrı metodlar ile incelenmesi ve kullanılan analiz yöntemi önem kazanmaktadır. Özellikle ÇDL miktarının analizlenmesinde inulin, fruktooligosakkaritler, galaktooligosakkaritler gibi düşük molekül ağırlıklı diyet liflerinde kayıplar olduğu kullanılan analiz metodunun bu tip diyet liflerinin tespitinde yeterli olmadığı düşünülmektedir (Westbrink ve diğ, 2013). Araştırmacıların farklı sonuçlar elde etmesinin temel nedenlerinden biri tercih edilen analiz metodunun güvenilirliği iken bir diğer önemli nedende tanelerin yetiştirilme koşulları veya iklimsel farklılıklardır. Bu çalışmada tespit edilen diyet lifi yüzdelere en yakın veriler Carbanora (2008)'in çalışmasında görülmektedir. Mercimek taneleri bu durumda iyi birer ÇODL kaynağı iken zayıf bir ÇDL kaynağı olarak görülmektedir.

4.1.2 Unların fiziksel özellikleri

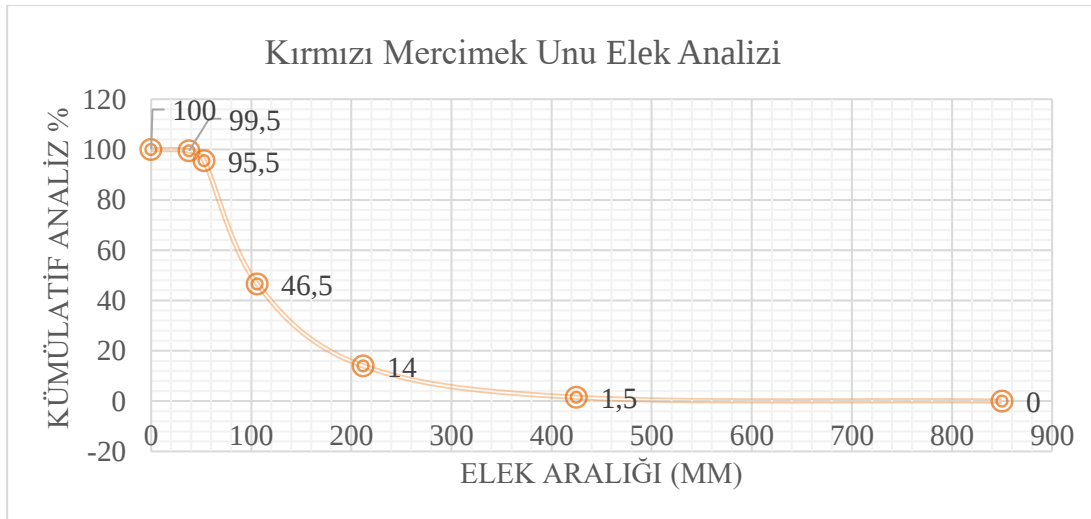
Yeşil ve kırmızı mercimek tane unlarının elek analizi değerlendirmelerinde yeşil mercimek unu için elekler arasında kalan en yüksek miktar 38-53µm arasındadır. Kırmızı mercimek unu içinse 53-106 µm aralığı bulunmuştur. Buna göre birikme olan elek çapları mercimek unlarının yapısal boyutlarının dağılım aralığının bir ifadesidir.

Elek analizi ve partikül boyutunun tespiti diyet liflerinin izolasyonu aşamalarında tercih edilen elek çapı için yol gösterici bir analiz olarak değerlendirilebilir. İki çeşit mercimek içinde ortak partikül boyutu yoğunluğu 53µm'de görülmektedir ve diyet liflerinin izolasyon aşamalarında yaş eleme için kullanılan elek boyutu 53µm dir. Sonuçlarda görülen iki çeşit arasında ki kısmi elek analiz yüzdesel farklılıkları öğütme işleminin etkinliği ile ilişkilendirilebilir, bu durumda ortak mikron aralığının tercih edilmesi daha doğrudur. İleri ki çalışmalarda diyet lifinin mekanik yöntemlerle ayrıştırılması aşamalarının standardizasyonu için mercimek unlarının elek analizi, partikül boyutu ve çeşitler arası partikül boyutlarının dağılımı titizlikle incelenmelidir.

Kırmızı mercimek elek analiz sonuçları yüzdesel olarak ifade edilmiştir, elek analizi iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1 öğütülmüş kırmızı mercimek için elek analiz sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 4.3: Öğütülerek elde edilen kırmızı mercimek ununun elek analizi.

Elek Aralığı (μm)	Ortalama Elek Aralığı (mm)	Elek üstü (g)	Xi-Kısmi Analiz (%)	Kümülatif Analiz (%)
850	0,850	0,00	0,00	0,00
425	0,64	1,50	1,50	1,50
212	0,32	12,50	12,50	14,00
106	0,16	32,50	32,50	46,5
53	0,08	49,00	49,00	95,5
38	0,05	4,00	4,00	99,5
0	0,02	0,50	0,50	100



Şekil 4.1: Öğütülmüş kırmızı mercimek için boyut dağılım grafiği.

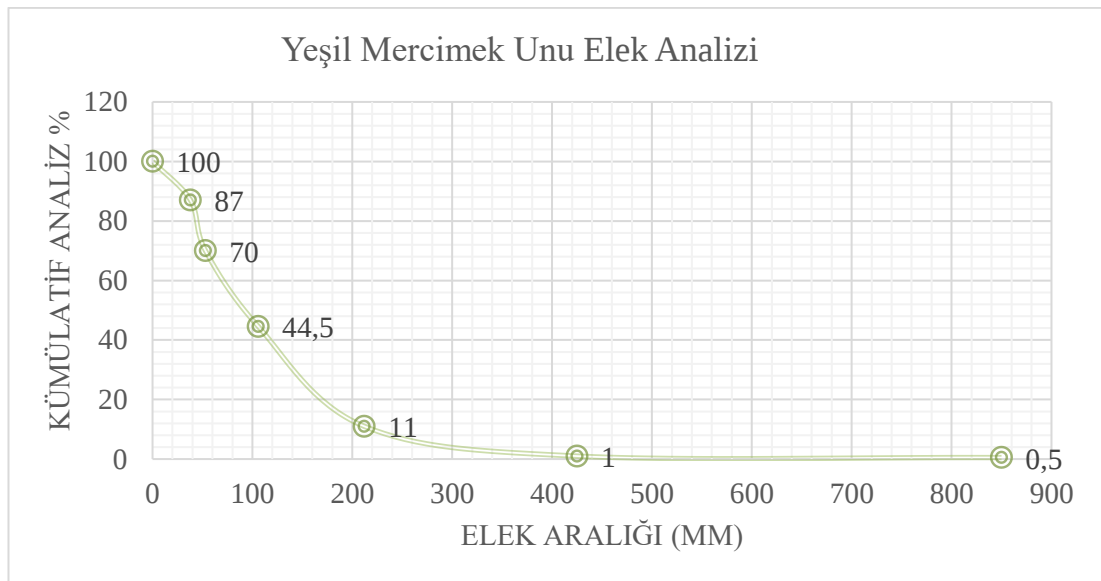
Kırmızı mercimek unu için 53 μm 'lık elek üstüne yığılma olduğu görülmektedir. Lazou ve Krodika (2010) 'da yaptıkları çalışmada mercimek unu için yığılmanın yoğun olduğu elek çapını 200 μm olarak vermişlerdir. İkinci olarak yığılmanın yüksek olduğu elek aralığı ise söz konusu araştırmacılara göre 100 μm ' dir fakat

mercimek cinsini detaylı bildirmemişlerdir. Bu durumda kırmızı mercimek unu için sonuçlar incelendiğinde literatüre göre daha düşük partikül boyutuna ulaşıldığı dolayısıyla uygulanan öğütme işleminin daha küçük partikül boyutunun elde edilebilirliğini gösterdiği söylenebilir.

Yeşil mercimek elek analiz sonuçları yüzdesel olarak ifade edilmiştir, elek analizi iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2 öğütülmüş yeşil mercimek için elek analiz sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 4.4: Öğütülerek elde edilen yeşil mercimek ununun elek analizi.

Elek Aralığı (μm)	Ortalama Elek Aralığı (mm)	Elek üstü (g)	Xi-Kısmi Analiz (%)	Kümülatif Analiz (%)
850	0,85	0,5	0,5	0,5
425	0,64	0,5	0,5	1
212	0,32	10	10	11
106	0,16	33,5	33,5	44,5
53	0,08	25,5	25,5	70
38	0,05	17	17	87
0	0,02	13	13	100



Şekil 4.2: Öğütülmüş kırmızı mercimek için elek analizi boyut dağılım grafiği.

Yeşil mercimek unu için yığılmanın en çok olduğu elek çapı 38 µm olarak tespit edilmiştir. Yinede partikül boyutunu direk tanımlamak doğru olmayabilir çünkü dağılımın 106 µm’ den başlayarak 53 µm ve 38 µm’lerde homojen dağılımı söz konusudur. Bu durum tamamen öğütme işleminin etkinliğinin bir göstergesidir.

4.2 Mercimek Liflerinin İzolasyonu

4.2.1 Mercimek kabuk liflerinin izolasyonu

Öğütülen mercimek unlarından kabuk liflerinin izolasyonu aşamalarında en önemli parametre elek çapı olarak görülmüştür. Diyet liflerinin kuru eleme ile partikül boyutlarına göre ayrılması mercimek tanelerine uygulanabilir verimi yüksek bir yöntem olarak görülmektedir (Dalgetty ve Baik, 2003).

Yeşil mercimek unlarının (YMU) yaklaşık %6,83 ‘si 248 µm’den büyük partikül çapına sahiptir ve kabuk lifi olarak değerlendirilmiştir. Kırmızı mercimek unlarının (KMU) ise yaklaşık %5,16’si 248 µm’den büyük partikül çapına sahiptir ve kabuk lifi olarak ayrılmıştır. Çizelge 4.5 mercimek unlarının kabuk lifi ve kotiledon unu yüzdelerini göstermektedir.

Çizelge 4.5: Yeşil mercimek unu (YMU) ve kırmızı mercimek unu (KMU) kabuk ve kotiledon içerikleri (%).

Örnek	Kabuk Lifi (%)	Kotiledon (%)
YMU	6,83 ± 0,98	90,31 ± 2,38
KMU	5,16 ± 0,65	91,03 ± 0,33

Kabuk liflerinin izolasyonu tamamen mekanik yöntemler ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle mercimek tanelerinin mercimek ununa öğütülmesi aşamaları kabuk diyet lifi verimini etkiler özelliktedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde daha öncede değinildiği üzere mercimek unun partikül boyutu dağılımı standardize edilmesi gereken önemli bir parametredir.

Bu çalışmada kabuk liflerinin izolasyonu olarak tanımlanan ayırma işlemi aslında kabuk diyet liflerini saf bir izolat haline getirmek değil bütünden ayırarak konsantre bir ürün olarak değerlendirmektir. Söz konusu kabuk diyet lifleri mercimek tanesinin kompozisyon özelliklerini yansıtacak şekilde diğer makro bileşenleri içerir özelliktedir. Ayrıca kabuk liflerinin ayrıştırılması aşamaları tanenin kotiledon

bölümünün kabuk bölümünden ayrı değerlendirilebilmesi açısından önemli bulunmuştur.

4.2.2 Mercimek kotiledon liflerinin izolasyonu

Mercimeklerin kotiledon bölümünden çözünür ve çözünür olmayan iki farklı özellikte diyet lifi izole edilmiştir. Mercimek tanesinin kotiledon bölgesinden izole edilen çözünür ve çözünür olmayan diyet lifi miktarları Çizelge 4.6' de verilmiştir. İzolasyon işlemi üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

Çizelge 4.6: Yeşil mercimek kotiledon unu (YMKU) ve kırmızı mercimek kotiledon unu (KMKU)'dan izole edilen diyet lifi miktarları (%).

Örnek	İkincil Nişasta (%)	ÇODL (%)	ÇDL (%)
YMKU	32,14 ± 1,50 ^a	1,78 ± 0,46 ^a	8,00 ± 0,26 ^a
KMKU	15,62 ± 3,37 ^b	0,62 ± 0,01 ^b	7,08 ± 0,51 ^b

*Değerler üç işlem tekrarı ve üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Yeşil mercimek kotiledon unlarından ayrılan ikincil nişasta miktarı %32, kırmızı mercimek unlarından ayrılan ikincil nişasta miktarı ise % 15,62'dir. Kırmızı ve yeşil mercimek kotiledon unu örneklerinden ikincil nişasta eldesi arasında ki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve farklılık önemli görülmüştür (p<0,05). Dalgetty ve Baik (2003) çalışmalarında mercimek kotiledon unundan elde ettikleri ikincil nişasta oranını %28,0 olarak belirtmişlerdir. Bu durumda YMKU'dan ikincil nişasta eldesi için sonuçlar literatür ile uygun görülmekte iken KMKU'dan çözünür olmayan diyet lifini de içinde barındıran ikincil nişasta eldesinin verimi düşüktür.

Çözünür olmayan diyet lifi için elde edilen miktarlar YMKU'dan %1,78 iken KMKU'dan %0,62'dir. Kırmızı ve yeşil mercimek kotiledon unu örneklerinden çözünür olmayan diyet lifi eldesi söz konusu olduğunda da iki örnek arasında ki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve önemli olduğu görülmüştür (p<0,05).

Çözünür olmayan diyet lifi (ÇODL) izolasyon aşamalarında en büyük sorunun baklagil nişastasının düzensiz yapısı ve bu düzensiz yapı içerisine diyet liflerinin hapsolme ihtimali olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle çözünür olmayan diyet liflerinin izolasyon basamaklarından 53 µm'lik yaş eleme aşamasında çözünür

bileşenlerin ve içerisinde ki nişasta ve protein içeriğinin ayrıştırılması sağlanmıştır. Yaş eleme ardından enzim ile uygun pH ve sıcaklık kombinasyonunda nişasta içeriği uzaklaştırılmıştır dolayısıyla bu aşamada optimum koşulların sağlanması izolasyon verimini arttırıcı özellikte görülmüştür. Sonuçlara yansıyan çeşitler arasında ki önemli düzeyde farklılığın ise ikincil nişastadan ÇODL izolasyon verimi ile değil kabuk liflerinin ayrıştırılması ile ilişkili olduğu görülmektedir. KMKU ‘dan ikincil nişasta eldesinde ki düşüklüğün çözünür olmayan diyet lifi eldesinde de yüzdesel olarak yansması beklenen bir durumdur. ÇODL izolasyon aşamalarında yukarıda ki parametrelere uyulmaması nedeniyle verimsel düşüklük söz konusu olsaydı ikincil nişasta verimi yüksek fakat devamında ikincil nişastadan izole edilen çözünür olmayan diyet lifi eldesinin düşük olması beklenirdi.

Literatüre bakıldığında Dalgetty ve Baik (2003)’in çalışmalarında çözünür olmayan diyet lifi için elde edilen miktarları doğrudan belirtmedikleri sadece ikincil nişasta üzerinden verim ifade ettikleri görülmektedir. ÇODL eldesinde değerler bu nedenle literatür ile kıyaslanamamaktadır. Sonuç olarak KMKU’nun çözünür olmayan diyet lifi içeriğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek kompozisyonunda görülen yüksek ÇODL miktarı mercimek tanesinin kotiledon bölümünde değil kabuk bölümünde yoğunlaşmaktadır.

Çözünür diyet lifi (ÇDL) için elde edilen miktarlar YMKU’dan %8,00 iken KMKU’dan %7,08’dir. KMKU ve YMKU ‘dan çözünür olmayan diyet lifi eldesinde örnekler arasında ki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve önemli görülmüştür ($p<0,05$). Dalgetty ve Baik (2003) ‘de kotiledon bölümünden çözünür olmayan diyet lifi elde ederek miktarı %7.4 olarak vermişlerdir. Bu çalışmada KMKU’dan elde edilen ÇDL miktarı literatür ile uyumlu iken YMKU’dan elde edilen ÇDL miktarı daha yüksektir.

Kotiledon bölümünden çözünür diyet liflerinin izolasyonu aşamalarında ise en önemli nokta protein fraksiyonlarının diyet lifinden uzaklaştırılması yani izoelektrik pH’ya göre protein çöktürme aşamaları olmuştur. Dalgetty ve Baik (2003) yılında yaptıkları çalışmada en yüksek protein çöktürmesini pH 4,0; 6,0 ve 9,0 değerlerinde yakalamışlardır. Buna uygun olarak izolasyon aşamalarında aynı pH değerleri kullanılmıştır. pH değerlerinin uygulanmasında uygun sıcaklık, optimum bekleme süresi, protein çöktürme aşamalarında uygulanan santrifüj işleminde uygun

süre/sıcaklık koşullarının sağlanmasında diyet lifi eldesinde verimi arttırıcı parametrelerdir.

Protein çöktürme işleminde elde edilen proteinlerin özellikleri ve kullanılabilirliği de ayrıca ileride değerlendirilebilir bir konu olarak görülmektedir. Böylece diyet lifi izolasyon aşamalarında yan ürün olarak mercimek proteinlerinin elde edilebilirliği ve benzer şekilde nişastanın yan ürün olarak değerlendirilmesi detaylı incelenebilir niteliktedir.

Kotiledon liflerinin izolasyon aşamaları mercimek tanesinin kabuk ve kotiledon bölgelerinde ki liflerin özelliklerini, diğer makrobileşenler ile etkileşimlerini, uygulanan izolasyon yöntemlerinin etkinliğini gözlemleyebilmek açısından önemlidir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mercimek tanesinin kotiledon bölümünün çözünür diyet lifi açısından önemli olduğu sonucuna varılabilir. Mercimek tanesinin kompozisyon analizlerinde tespit edilen yüksek çözünür olmayan diyet lifi içeriği ise kabuk diyet liflerinde yoğunlaştığının göstergesidir.

Seçilen izolasyon yöntemleri sonrası ÇODL ve ÇDL olarak elde edilen izolatların saflık yüzdeleri bu bölümde ki değerlendirilmede dikkate alınmamıştır. ÇDL olarak ayrılan fraksiyonun miktarı bu sebeple mercimek kompozisyon analizlerinde tespit edilen ÇDL miktarlarından yüksek olabilmektedir. Elde edilen diyet lifi izolatlarının kompozisyonu Başlık 4.3' te açıklanmaktadır. Uygulan izolasyon işlemlerinin etkinliği ancak Başlık 4.3 incelendikten sonra değerlendirilebilir.

4.3 Mercimek Lif İzolatlarının Kompozisyon İçeriği

Mercimeklerden üç tip diyet lifi izole edilerek bu liflerin kompozisyonları incelenmiştir. İzolatların kompozisyonu aynı zamanda diyet lifi izolasyon aşamalarının verimliliğinin bir göstergesidir.

Kompozisyon analiz sonuçları açıkça göstermektedir ki bu çalışma ile elde edilen üç çeşit diyet lifi arasında sadece çözünür olmayan kotiledon diyet liflerinin izolat olarak değerlendirilebilir niteliktedir. KDL ve ÇDL liflerin ise konsantre olarak adlandırılması daha doğru görülmektedir. Çizelge 4.7 yeşil ve kırmızı mercimek örneklerinden elde edilen diyet lifi izolatlarının kompozisyonu gösterilmiştir

.

Çizelge 4.7: Elde edilen diyet lifi izolatlarının kompozisyonu (%).

Örnek		Nem %	Kül %	Protein %	Yağ %	ÇODL (%)	ÇDL (%)	TDL (%)
YEŞİL MERCİMEK	KDL	6,33 ± 0,28 ^b	2,28 ± 0,02 ^b	24,64 ± 0,06 ^a	2,74 ± 0,0 ^b	22,29 ± 0, 43 ^a	1,47 ± 0,03 ^c	23,76 ± 0,43 ^b
	ÇODL	13,73 ± 0,28 ^a	1,80 ± 0,02 ^c	15,49 ± 0,59 ^c	-	61,75 ± 0, 14 ^b	10,93 ± 0,13 ^a	72,81 ± 0,2 ^a
	ÇDL	3,48 ± 0,08 ^c	20,74 ± 0,05 ^a	21,71 ± 0,04 ^a	6,52 ± 0,08 ^a	0,60 ± 0,02 ^c	1,91 ± 0,12 ^b	2,51 ± 0,1 ^c
KIRMIZI MERCİMEK	KDL	6,30 ± 0,17 ^a	2,15 ± 0,05 ^b	19,49 ± 0,59 ^b	3,25 ± 0,23 ^b	19,08 ± 0,1 ^c	1,21 ± 0,11 ^a	20,30 ± 0,02 ^b
	ÇODL	11,98 ± 0,13 ^b	1,06 ± 0,01 ^c	19,29 ± 0,88 ^b	-	43,11 ± 0,11 ^a	0,57 ± 0,02 ^c	43,68 ± 0,14 ^a
	ÇDL	3,93 ± 0,05 ^c	19,29± 0,07 ^a	23,09 ± 0,13 ^a	7,25 ± 0,07 ^a	0,48 ± 0,03 ^c	0,58 ± 0,02 ^b	1,06 ± 0,02 ^c

*Değerler üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. İstatistiksel analiz kırmızı mercimek ve yeşil mercimek örnek gruplarında grup içi olarak yapılmış ve aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür (p < 0,05).

Dalgetty ve Baik (2003) yaptıkları çalışmada izole ettikleri KDL ‘nin kabuk lifi kompozisyonunu kuru madde bazında; %9,7 protein, %2,26 kül ve %86,7 lif olarak, izole ettikleri ÇDL’nin kompozisyonunu ise %24 protein, %11,59 kül ve %64,5 lif olarak vermişlerdir.

Dalgetty ve Baik (2003) yaptıkları çalışmada kotiledon unlarından elde edilen çözünür olmayan diyet lifleri için doğrudan kompozisyon incelemek yerine ÇODL eldesi aşamalarında ara ürün olarak elde edilen ikincil nişastanın kompozisyonunu tespit etmişlerdir. Buna göre ikincil nişasta kuru madde bazında ; % 5 protein , %0,75 kül ve %24,9 diyet lifi içermektedir.

Bu çalışmada tespit edilen KDL kompozisyon içeriği özellikle protein yüzdesi açısından literatürden yüksektir. ÇDL için ise protein içeriği literatüre uygun iken kül içeriği literatürden daha yüksek bulunmuştur. Lif içeriği için ise diyet lifi analizleri elde edilen izolatlara da yapılarak saflık dereceleri yorumlanmaya çalışılmıştır. Elde edilen diyet lifi izolatlarının % diyet lifi içeriği Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Bu kompozisyona sahip, yüksek protein ve kül içeren bir gıda ingrediyeini izolat olarak tanımlamak yanlış olacağından elde edilen ÇDL ve KDL örneklerinin konsantre olarak tanımlanmasının daha doğru olduğu düşünülmektedir. Çözünür olmayan diyet liflerinin diğer bileşen yüzdeleri ise çok daha düşüktür dolayısıyla kotiledon bölümünden ÇODL eldesi için yapılan işlemlerin başarılı olduğu düşünülebilir. Sonuçta bu çalışma ile elde edilen üç çeşit diyet lifi arasında sadece çözünür olmayan kotiledon diyet liflerinin izolat olarak değerlendirilebileceği diğer bir ifade ile daha saf bir diyet lifi ingrediyeini olduğu, KDL ve ÇDL liflerin ise konsantre olarak adlandırılabilceğini ve buna göre değerlendirileceğini söylemek mümkündür.

Fonksiyonel özelliklerin incelenmesinde ve elde edilen ingrediyeinlerin gıda endüstrisinde kullanımı söz konusu olduğunda izolat ve konsantre sınıflandırmasının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yüzdesel olarak yüksek değerlerde bulunan diğer makrobileşenlerin varlığı önemli görülmüştür.

Elde edilen izolat diyet lifi ve konsantre diyet liflerinin kompozisyon özellikleri incelenirken iki farklı mercimek çeşidi arasında da farklılıklar görülmektedir. İzolasyon verimliliği ÇODL için zaten düşük olan kırmızı mercimekte elde edilen ÇODL’nin de yeşil mercimekten elde edilen ÇODL’ye göre daha az diyet lifi

içerdiği görülmektedir. ÇDL eldesinde ise başlangıçtaki mercimek unlarında düşük yüzdelerde bulunan çözünür olmayan diyet liflerinin büyük bir kısmının konsantre ÇDL diyet lifi içerisinde ayrıştırılabildiği kaybın düşük olduğu görülmektedir.

Mercimek liflerinin kompozisyonu incelendikten sonra lif eldesinin verimliliğini değerlendirmek mümkündür. Yeşil mercimek unu başlangıç diyet lifi içeriği 100 gr unda 13,7 gr ÇODL ve 1,63 gr ÇDL'dir. Kırmızı mercimek için başlangıç diyet lifi içeriği 100 gr unda 15 gr ÇODL ve 1,68 ÇDL'dir. Sonuçta izole edilebilen diyet lifi miktarı 100 gr yeşil mercimek unu için 2,55 gr ÇODL ve 0,414 gr ÇDL iken 100 gr kırmızı mercimek unu için 2,25 gr ÇODL ve 0,1073 gr ÇDL'dir. Verimlilik yeşil mercimekten ÇODL izolasyonunda %19,5 ve ÇDL izolasyonunda %25,4'dür. Kırmızı mercimekte ise ÇODL izolasyonunda verim %14,8 iken ÇDL izolasyonunda verim %6,4'dür.

4.4 Mercimek Liflerinin Fonksiyonel ve Teknolojik Özellikleri

4.4.1 Yoğunluk

Elde edilen diyet liflerinin yoğunluk ölçümleri; kabuk lifleri için 0,65 g/mL, çözünür diyet lifleri için 0,47 g/mL ve çözünür olmayan diyet lifleri için 0,18 g/mL olarak bulunmuştur. Dalgetty ve Baik (2003) yaptıkları çalışmada bu değerleri kabuk lifleri için 0,69 g/mL, çözünür diyet lifleri için 0,57 g/mL ve çözünür olmayan diyet lifleri için 0,21 g/mL olarak bulmuşlardır. Bu durumda sonuçların literatüre uygun olduğu görülmektedir.

Kütle yoğunluğu ölçüm sonuçlarına göre; kabuk liflerinin kütle yoğunluğu 0,75 g/ml, çözünür diyet liflerinin kütle yoğunluğu 0,77 g/mL ve çözünür olmayan diyet liflerinin kütle yoğunluğu 0,20 g/mL bulunmuştur. Dalgetty ve Baik (2003) çalışmalarında bu değerleri değerleri kabuk lifleri için 0,81 g/mL, çözünür diyet lifleri için 0,80 g/mL ve çözünür olmayan diyet lifleri için 0,36 g/mL olarak bulmuşlardır. Bu durumda sonuçların literatüre uygun olduğu görülmektedir.

Sonuçlar açıkça göstermektedir ki kabuk lifleri ve ÇDL'ler çok daha yüksek yoğunluktadır. Bu farklılığa kabuk lifleri ve çözünebilir diyet liflerinin kompozisyonunda daha yüksek oranda bulunan protein içeriğinin neden olduğu düşünülebilir. Ayrıca kütle yoğunluk değerleri yoğunluk değerlerinden sıkıştırma nedeniyle daha yüksek görülmektedir.

4.4.2 Su tutma kapasiteleri

Su tutma kapasitesi 1 gr kurutulmuş diyet lifinin uygun sıcaklık, süre ve uygun mekanik kuvvetler altında tuttuğu su miktarıdır. Ancak su tutma kapasitesinin belirlenmesi işlemleri çözünür diyet liflerinde kayıplara yol açabilmektedir. Su tutma kapasitesi sıklıkla çözünür diyet liflerinin jel oluşturan viskoz yapıları ile paralel olarak önem kazanan bir parametredir (Elleuch ve diğ, 2011). Benzer nedenlerle liflerin su tutma kapasitesini liflerin insan sağlığı üzerine kan şekerini düşürme gibi olumlu etkilerinin bir ifadesi olarak kabul edilmiştir (Wolever, 1990).

Su tutma kapasitesi aynı zamanda liflerin ingrediyen olarak kullanılabilirliğinin de bir göstergesidir. Yüksek su tutma kapasitesine sahip liflerin fonksiyonel ingrediyen olarak kullanımı gıdanın viskozitesi artırır ve tekstürel yapısını modifiye edici niteliktedir (Elleuch ve diğ, 2011).

Mercimek liflerinin su tutma kapasiteleri Çizelge 4.8 ‘de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek su tutma kapasitesi her iki mercimek çeşidi içinde çözünür olmayan diyet liflerinde görülmüştür. Su tutma kapasitelerini sıraladığımızda; ÇODL > KDL > ÇDL’ dir.

Çizelge 4.8: Elde edilen diyet liflerinin su tutma kapasiteleri (mL/g).

Örnek	Örnek miktarı (g)	Bağlı olmayan su miktarı (g)	Bağlı su miktarı (g)	Su tutma kapasitesi (mL/g)
YEŞİL MERCİMEK	KDL	1,015	25,66	4,34
	ÇODL	1,002	16,97	13,04
	ÇDL	1,004	29,45	0,55
KIRMIZI MERCİMEK	KDL	1,008	26,67	3,33
	ÇODL	1,009	11,89	18,11
	ÇDL	1,004	29,90	0,10

*Değerler üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. İstatistiksel analiz kırmızı mercimek ve yeşil mercimek örnek gruplarında grup içi olarak yapılmış ve aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür (p < 0,05).

Yeşil mercimek kabuk lifi su tutma kapasitesi 4,26 ml/g, çözünür olmayan diyet lifi su tutma kapasitesi 13,17 ml/g ve çözünür diyet lifi su tutma kapasitesi ise 0,53 ml/g olarak ölçülmüştür.

Kırmızı mercimek kabuk lifi su tutma kapasitesi 3,30 ml/g, çözünür olmayan diyet lifi su tutma kapasitesi 17,56 ml/g ve çözünür diyet lifi su tutma kapasitesi ise 0,10 ml/g olarak ölçülmüştür.

Dalgetty ve Baik (2003) çalışmalarında mercimeklerin çözünür olmayan diyet lifleri (ÇODL) için su tutma kapasitesini 11,1 ml/g , kabuk diyet liflerini (KDL) 3,6 ml/g olarak belirtmişlerdir. Çözünür diyet lifleri içinse su tutma kapasitesi ölçülmemiştir. Sonuçlar literatüre göre daha yüksektir. Mercimek çeşitleri ve yetiştirilme koşulları bu farklılığa neden olmuş olabilir. Elde edilen sonuçlar mercimek çeşitleri arasında liflerin su tutma kapasitesi açısından da farklılıklar olabileceğini de ortaya koymaktadır. Yeşil mercimek ÇODL'lerin su tutma kapasitesi kırmızı mercimek ÇODL'lerin su tutma kapasitesine göre düşük kalmaktadır.

Literatür bilgisine uygun olarak çözünür diyet liflerinin su içerisinde kayıba uğradığı ve düşük su tutma kapasitesine sahip oldukları görülmüştür. Viskozite ve tekstür özelliklerinin geliştirilmesi için mercimek liflerinin ingrediye olarak kullanımı söz konusu olduğunda ise çözünür olmayan diyet liflerinin daha iyi sonuçlar vereceği ön görülmüştür.

4.4.3 Yağ tutma kapasiteleri

Yağ tutma kapasitesi 1 gram lifin homojenizasyon, inkübasyon ve santrifüj işlemlerinin ardından bünyesinde tuttuğu yağ miktarıdır .Yağ tutma kapasitesi özellikle porozite ile ilgilidir ama bunun yanında diyet liflerinin hidrofilik yapısı, bileşenlerinin orijini ve elektiriksel yük yoğunluğu ile de ilişkilendirmek mümkündür (Elleuch ve diğ, 2011).

Baklagil lifleri et ürünlerinde yağ tutucu veya ikame edici özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır. Çözünür olmayan diyet liflerinin yağ tutma kapasitesi kabuk lifleri ve çözünür diyet liflerinden daha yüksektir (Dalgetty ve Baik, 2003).

Sonuçlarda yağ tutma kapasitesi her iki mercimek çeşidi içinde ÇODL için daha yüksek bulunmuştur. Yeşil mercimek KDL yağ tutma kapasitesi 1,46 g/g, ÇODL yağ tutma kapasitesi 3,41 g/g ve ÇDL için yağ tutma kapasitesi 1,12 g/g olarak

bulunmuştur. Kırmızı mercimek KDL yağ tutma kapasitesi 1,59 g/g, ÇODL yağ tutma kapasitesi 4,25 g/g ve ÇDL için yağ tutma kapasitesi 0,98 g/g olarak bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9: Elde edilen diyet liflerinin yağ tutma kapasiteleri (mL/g).

Örnek	Örnek miktarı (g)	Bağlı olmayan yağ miktarı (g)	Bağlı yağ miktarı (g)	Yağ tutma kapasitesi (mL/g)
YEŞİL MERCİMEK	KDL	1,01	22,54	1,47
	ÇODL	1,00	20,59	3,41
	ÇDL	1,00	22,88	1,12
KIRMIZI MERCİMEK	KDL	1,00	22,42	1,59
	ÇODL	1,00	19,75	4,25
	ÇDL	1,00	23,02	0,98

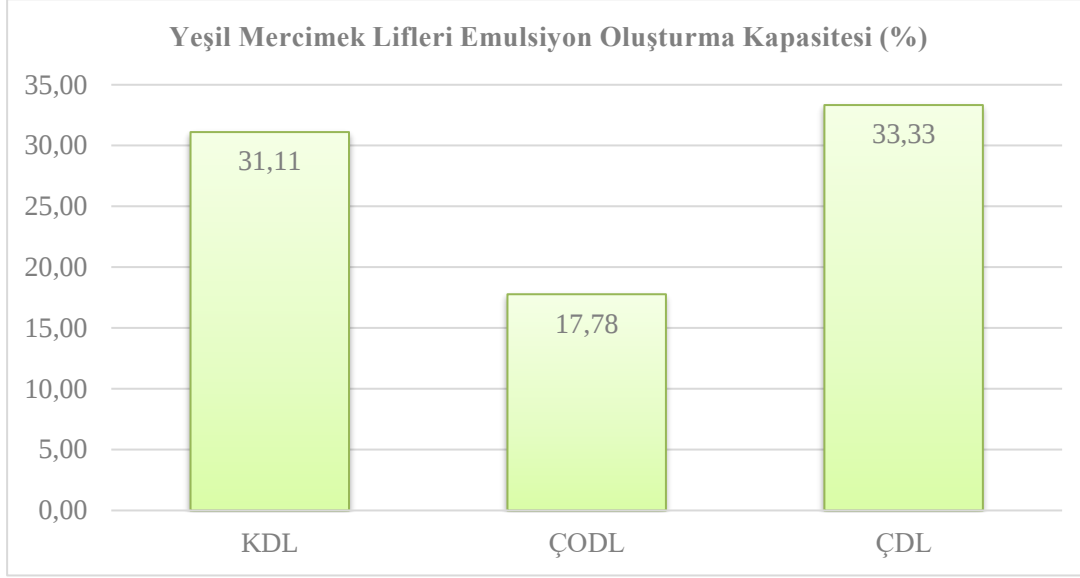
*Değerler üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama $\pm$ standart sapması olarak verilmiştir. İstatistiksel analiz kırmızı mercimek ve yeşil mercimek örnek gruplarında grup içi olarak yapılmış ve aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür ($p < 0,05$).

Elde edilen sonuçlar literatür ile yakındır. Mercimek diyet liflerinin yağ tutma kapasitesi su tutma kapasitesinden daha düşüktür. Diyet liflerinin yağ tutma kapasitesi yüksek yağ içerikli gıdaların stabilizasyonu ve stabil emülsiyon oluşturabilme açısından önemlidir (Elleuch ve diğ, 2011). Mercimek liflerinin söz konusu emulsifiye edici özellikleri geliştirmek amacıyla ingrediyen olarak kullanımı için çözünür olmayan diyet liflerinin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.

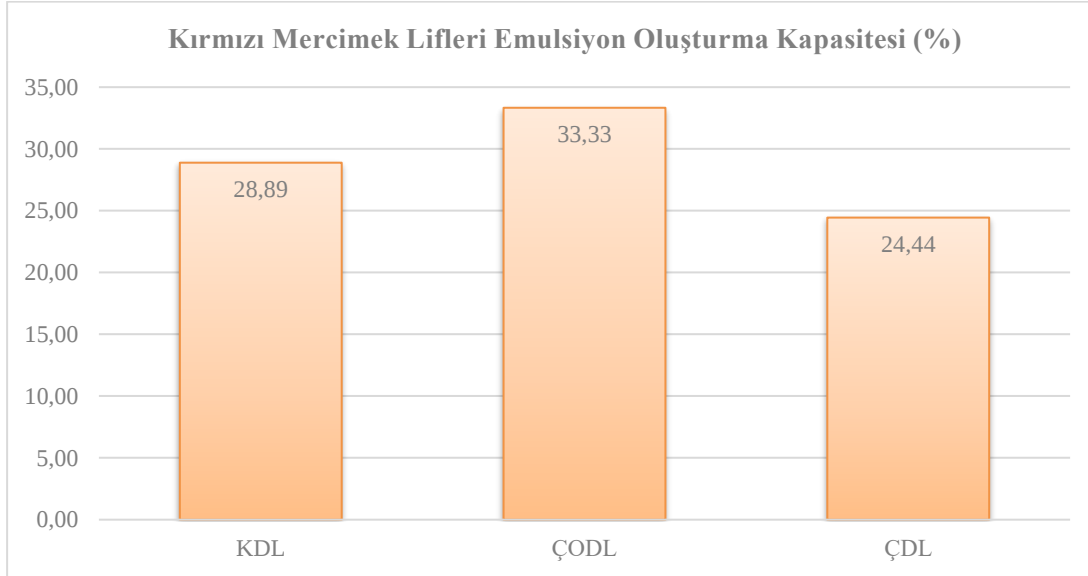
4.4.4 Emülsiyon oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılığı

Emülsiyon oluşturma kapasiteleri mercimek liflerinde düşük bulunmuştur. Şekil 4.3’de verilen değerlere göre çözünür diyet liflerinin emülsiyon oluşturma kapasiteleri çözünür olmayan diyet liflerine ve kabuk liflerine göre daha yüksektir. Emülsiyon oluşturma kapasiteleri; ÇDL > KDL > ÇODL ‘dir.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de görüleceği üzere yeşil mercimek örnek grubunda KDL, ÇODL ve ÇDL örneklerinin emülsiyon kapasitesi sırasıyla; %31,11, %17,78 ve %33,33 olarak tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek örnek grubunda ise KDL, ÇODL ve ÇDL örneklerinin emülsiyon kapasitesi sırasıyla; %28,89, %33,33 ve %24,44 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.3 : Elde edilen yeşil mercimek liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitesi (%).



Şekil 4.4 : Elde edilen yeşil mercimek liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitesi (%).

Literatür araştırıldığında diyet liflerinin emülsifiye edici özellikleri üzerinde durulurken yüzdesel kapasite değerlerinin belirtilmediği görülmüştür (Borderias ve diğ, 2005; Elleuch ve diğ, 2011).

4.4.5 Şişme kapasiteleri

Diyet liflerinin su tutma kapasitesi ve şişme özellikleri gibi hidrasyon özellikleri, kimyasal yapıları, porozite, karbonhidrat profilleri, partikül boyutu, iyonik kuvvetler, sıcaklık gibi faktörler ile ilişkilendirilebilir (Elleuch ve diğ, 2011).

Şişme özellikleri de diyet liflerinin insan sindirim sistemindeki özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Şişme özellikleri incelendiğinde; ÇODL fraksiyonlarının daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür ve yine su tutma kapasitesinde olduğu gibi çözünür özellikleri nedeniyle ÇDL'lerin şişme özellikleri incelenememiştir.

Yeşil mercimek ÇODL için şişme kapasitesi 10,2 ml/g, kabuk lifleri için 1,88 ml/g bulunmuştur. Kırmızı mercimek ÇODL şişme kapasitesi 6,4 ml/g, kabuk lifleri için ise 0,98 ml/g olarak bulunmuştur. Dalgetty ve Baik (2003) yaptıkları çalışmada; aynı değeri mercimek kabuk lifleri için 2,38 ml/g ve ÇODL için 8,04 ml/g olarak belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar daha önceki çalışmalar ile yakındır.

4.5 Mercimek Unlarının ve İzole Edilen Diyet Liflerinin Şeker Profilleri

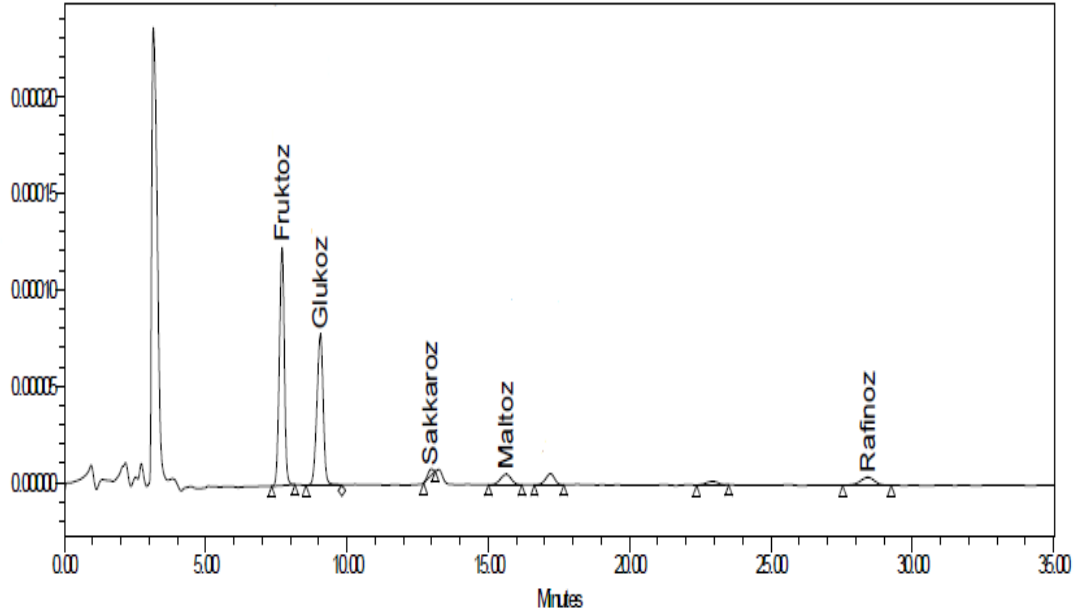
Örneklerin şeker içerikleri HPLC sistemine tanıtılan şeker standartları ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Tespit edilen etanolde çözünür şekerler; monosakkaritler (glukoz, fruktoz), disakkaritler (sakkaroz, maltoz) ve oligosakkaritlerdir (rafinoz). Literatürde bir çok çalışma da tespit edilen galaktoz ve stakioz miktarı bu çalışmada HPLC sistemine söz konusu şekerlerin ticari standartları tanıtılmadığı için tespit edilememiştir. Benzer şekilde Philips ve Abbey (1989)'in tespit ettiği pentasakkaritlerden verbaskoz da cihaza da önceden standardı tanıtılmadığı için tanımlanamamıştır.

Bu çalışmada yeşil mercimek grubu örnekler için YMU ve KDL örneklerinde glukoz, fruktoz, sakkaroz ve maltoz tespit edilirken, ÇODL ve ÇDL örneklerinde rafinoz ve sakkaroz tespit edilmiştir.

Örneklerin etanolde çözünür şeker içeriği g/100 g cinsinden Çizelge 4.10'da gösterilmektedir. Örnekler HPLC sistemine iki paralel olarak verilmiş, sonuçların ortalaması alınmıştır. Ayrıca örneklerin kromatogramına ait örnek Şekil 4.5 'de verilmiştir.

Çizelge 4.10: Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin etanolde çözünen şeker içeriği (g/100 g örnek).

Örnek		Fruktoz	Glukoz	Maltoz	Sakkaroz	Rafinoz
YEŞİL MERCİMEK	YMU	0,050 ± 0,004	0,003 ± 0,000	0,029 ± 0,002	0,647 ± 0,014	1,978 ± 0,023
	KDL	-	-	-	0,018 ± 0,004	-
	ÇODL	-	-	-	-	0,020 ± 0,000
	ÇDL	-	-	-	0,411 ± 0,042	0,470 ± 0,018
KIRMIZI MERCİMEK	KMU	0,054 ± 0,002	0,002 ± 0,001	0,053 ± 0,042	0,347 ± 0,023	1,513 ± 0,016
	KDL	0,064 ± 0,014	0,001 ± 0,001	0,034 ± 0,014	0,065 ± 0,001	-
	ÇODL	-	-	-	-	0,078 ± 0,023
	ÇDL	-	-	-	0,239 ± 0,005	0,608 ± 0,020



Şekil 4.5: Örneklerin HPLC ile elde edilen şeker profillerine ait örnek kromatogram.

Sanchez -Mata ve diğ. (1998)'e göre mercimeğin toplam etanolde çözünabilir şeker miktarı diğer baklagillere göre daha yüksek görülmektedir. Aynı çalışmaya göre stakioz ve rafinoz nohut toplam şeker içeriğinin %22,15'ini, beyaz fasulye toplam şeker içeriğinin ise %49,99'unu oluşturmaktadır.

Dalgetty ve Baik (2003)'te yaptıkları çalışmada izole edilen diyet lifleri ve mercimek unlarının şeker profilini inceleyerek % toplam şeker miktarı olarak vermişlerdir. Tespit ettikleri şeker içeriği; ramnoz, galaktoz, glikoz, ksiloz ve üronik asittir.

Bu çalışmada örneklerin kromatogramları ve şeker içerikleri arasında farklılıklar görülmektedir. Yeşil mercimek grubu örnekler için YMU ve KDL örneklerinde glikoz, fruktoz, sakkaroz ve maltoz tespit edilirken, ÇODL ve ÇDL örneklerinde rafinoz ve sakkaroz tespit edilmiştir. Bu durumda diyet liflerinin disakkaritleri ve oligosakkaritleri içerdikleri, monosakkarit bileşenleri ise iz miktarda içerdikleri kabul edilebilir. Kırmızı mercimek grubu içinse monosakkaritlere daha çok KMU örneğinde rastlanmaktadır.

Fruktoz içeriğine sadece YMU, KMU ve kırmızı mercimek KDL örneklerinde rastlanmıştır. Bu örneklerin tespit edilen fruktoz miktarları g/100 g cinsinden sırasıyla; 0,050, 0,050 ve 0,064'dür. Glikoz içeriği her iki mercimek örnek grubu için de ihmal edilebilecek düzeyde düşüktür. Berrios ve diğ. (2010) benzer şekilde mercimek unların da glikozu iz miktarda, kuru fasulye ve nohut unlarında ise düşük miktarlarda tespit etmişlerdir.

Maltoz içeriğine YMU, KMU ve kırmızı mercimek KDL örneklerinde rastlanmıştır. Bu örneklerin 100 gramında tespit edilen maltoz miktarları sırasıyla; 0,029, 0,053 ve 0,034'dür. Maltoz ve sakkaroz, baklagil unlarında tespit edilebilen disakkaritlerdir. Ancak sakkaroz mercimek başta olmak üzere baklagillerde en çok rastlanan ve yüksek miktarlarda bulunabilen disakkarit olarak öne çıkmaktadır (Vidal-Valverde ve diğ., 2002). Bu çalışmada; sakkaroz içeriğine yeşil mercimek ve kırmızı mercimek ÇODL örneklerinde rastlanmamıştır. Yeşil mercimek grubu örnekler; YMU, KDL ve ÇDL'nin 100 gramındaki sakkaroz içerikleri sırasıyla 0,647 g, 0,018 g ve 0,411 g olarak tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek grubu örnekler; YMU, KDL ve ÇDL'nin 100 gramındaki sakkaroz içerikleri sırasıyla 0,347 g, 0,065 g ve 0,239 g olarak tespit edilmiştir.

Rafinoz ve stakioz baklagillerde yüksek oranlarda görülen oligosakkarit çeşitleridir (Han ve Baik, 2008; Berrios ve diğ., 2010). Mercimeklerin oligosakkarit içeriği pek çok araştırmacı tarafından probiyotik özellikleri ile ilişkilendirildiğinden bu çalışmada tespit edilebilen yüksek rafinoz içeriği mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin sağlık üzerine olumlu etkileri hakkında öngöründe bulunabilmeyi sağlar nitelikte görülmektedir. Yeşil mercimek grubu örnekler; YMU, ÇODL ve ÇDL'nin 100 gramında rafinoz içerikleri sırasıyla 1,978 g, 0,020 g ve 0,470 g olarak tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek grubu örnekler; YMU, ÇODL ve ÇDL'nin 100 gramındaki sakkaroz içerikleri sırasıyla 1,573 g, 0,078 g ve 0,608 g olarak tespit edilmiştir. Her iki örnek grubunda da KDL içeriğinde rafinoza rastlanmamıştır. Bu durumda rafinoz içeriğinin tanenin kotiledon bölümünde daha yoğun olduğu düşünülmektedir.

Sanchez-Mata ve diğ. (1998) 100 g mercimek içerisindeki fruktoz, maltoz, sakkaroz ve rafinoz miktarlarını sırasıyla 0,034 g, 0,196 g, 1,425 g, 0,732 g olarak belirtmişlerdir.

Vidal-Valverde ve diğ. (2002) baklagillerin çimlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada mercimek için şeker profilini incelemişler, 100 g örnekte fruktoz ve sakkaroz miktarlarını sırasıyla; 0,020 g ve 0,63 g olarak tespit etmişlerdir.

Berrios ve diğ. (2010) baklagil unları üzerine yürüttükleri çalışmada 100 g mercimek ununun içerdiği fruktoz, glikoz, maltoz, sakkaroz ve rafinoz miktarlarını sırasıyla; 0,085 g, 0,031 g, 0,039 g, 0,697 g ve 1,208 g olarak belirtmişlerdir. Bu alanda

varyeteler arasında da farklılığı gösterebilen tek çalışma Brummer ve diğ.(2015) 100 g yeşil mercimek için fruktoz, glikoz, sakkaroz ve rafinoz miktarlarını sırasıyla; 0,021 g, 0,012, 1,185 g ve 0,196 g olarak tespit etmişlerdir. Kırmızı mercimek içinse fruktoz, glikoz, sakkaroz ve rafinoz miktarlarını sırasıyla; 0,028 g, 0,016, 1,595 g ve 0,161 g olarak tespit etmişlerdir.

Literatür ile kıyaslandığında bu çalışmada elde edilen değerlerin rafinoz için Brummer ve diğ. (2015)'e göre yüksek olduğu, Berrios ve diğ. (2010)'e göre ise uygun olduğu görülmektedir. Literatürdeki bu farklılığın incelenen mercimeklerin varyete farklılığı veya ekstraksiyon aşamaları ve HPLC koşulları gibi analiz yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Genel olarak mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin iz miktarda monosakkarit, az miktarda disakkarit ve yüksek miktarlarda oligosakkarit içerdiği tespit edilmiştir. Mercimeklerin şeker profillerinde baskın bileşenlerin sakkaroz ve rafinoz olduğunu da ifade etmek mümkündür. Kabuk diyet liflerinin etanolde çözünür şeker içeriği düşüktür. Bu bulgu kotiledonunun etanolde çözünür şeker içeriği açısından daha zengin olduğunu göstermektedir.

4.6 Mercimek Unlarının ve İzole Edilen Diyet Liflerinin Termal Özellikleri

Mercimek unlarının ve izole edilen liflerinin termal özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) kullanılarak incelenmiştir. Termal özelliklerinin incelenmesinde amaç örneklerin jelleşme özellikleri hakkında öngörude bulunabilmek bu bağlamda ingrediyan olarak kullanım alanlarını arttırabilmektir. Bu amaçla; mercimek unları ve lifleri 10°C/dk ısıtma hızıyla 20°C'den 100°C'ye ısıtılarak termogramları elde edilmiştir. Bu termogramlar üzerinden değerlendirme yapıldığında beklenildiği gibi örneklerin DSC ile incelenmesinde de iki ayrı endotermik geçiş gözlenmiştir. 59-60°C civarında gözlenen termal geçiş nişasta jelatinizasyonuna ait geçiştir ve bu çalışmada değerlendirilmemiştir. 70-75°C civarında gözlenen pik ise lif jelleşmesine ait geçiş piki olarak tespit edilerek değerlendirilmiştir.

Yeşil mercimek unları ve liflerinin jelleşme sıcaklıkları (T_0 ve T_p) ile pikin altında kalan alandan hesaplanan jelleşme entalpi değerleri (ΔH) Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11: Yeşil mercimek unu ve izole edilen liflerinin DSC ile elde edilen jelleşme özellikleri.

Örnek		T ₀	T _p	ΔH (J/g)
YEŞİL MERCİMEK	YMU	62,60 ± 0,04 ^a	69,29 ± 1,38 ^a	424,1 ± 40,9 ^b
	KDL	70,83 ± 0,08 ^{ab}	71,95 ± 0,41 ^a	38,03 ± 0,52 ^c
	ÇODL	69,50 ± 0,3 ^{ab}	72,37 ± 0,88 ^a	708,8 ± 47,7 ^a
	ÇDL	75,47 ± 0,04 ^b	76,72 ± 6,99 ^a	26,9 ± 2,90 ^c

*Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

To: Başlangıç sıcaklığı, °C, Tp : Tepe (pik) sıcaklığı, °C, ΔH: Geçiş entalpisi, J/g

Yeşil mercimek unu ve liflerinin pik sıcaklıkları 62,50 -76,72 °C arasında değişkenlik göstermiştir. İstatistiksel olarak jelleşme sıcaklıklarının çeşitler arasında değişimi önemsizken geçiş entalpileri arasındaki fark önemli görülmüştür (p < 0,05). En yüksek entalpi değişimi ÇODL jelleşmesi için elde edilmişken, en düşük entalpi değişimi ÇDL jelleşmesinde görülmüştür. ÇDL en geç jelleşme başlangıç sıcaklığını gösteren lif çeşitidir.

Kırmızı mercimek unu ve liflerinin jelleşme sıcaklıkları (T₀ ve T_p) ile pikin altında kalan alandan elde edilen entalpi değerleri (ΔH) Çizelge 4.12 ‘de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 : Kırmızı mercimek unu ve izole edilen liflerinin DSC ile elde edilen jelleşme özellikleri.

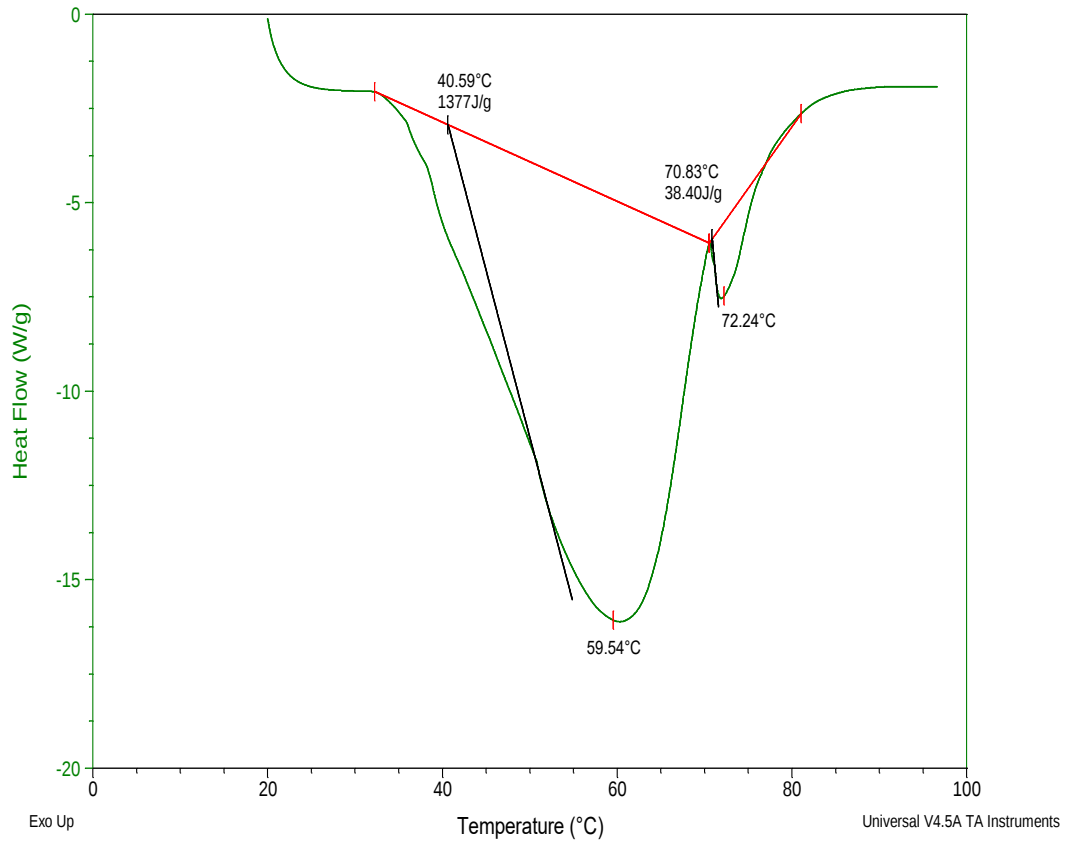
Örnek		T ₀	T _p	ΔH (J/g)
KIRMIZI MERCİMEK	KMU	76,79 ± 1,71 ^a	78,00 ± 2,14 ^a	36,55 ± 3,46 ^b
	KDL	75,15 ± 0,00 ^a	76,29 ± 0,06 ^a	43,20 ± 5,20 ^b
	ÇODL	71,51 ± 0,04 ^{ab}	75,13 ± 0,35 ^a	3847 ± 296 ^a
	ÇDL	69,50 ± 0,04 ^b	73,90 ± 2,86 ^a	239,1 ± 29,8 ^a

*Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

To: Başlangıç sıcaklığı, °C, Tp : Tepe (pik) sıcaklığı, °C, ΔH: Geçiş entalpisi, J/g

Kırmızı mercimek unu ve liflerinin pik sıcaklıkları 69,50 -78,00 °C arasında değişkenlik göstermiştir. İstatistiksel olarak jelleşme başlangıç sıcaklıkları (T_0) arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$). Kırmızı mercimekten elde edilen ÇDL için jelleşme sıcaklığı düşüktür. Jelleşme pik sıcaklıkları (T_p) için sonuçlar arası istatistiksel fark önemsizdir. Entalpi değişimlerinde (ΔH) ise fark önemlidir ($p < 0,05$). En yüksek entalpi değişimi kırmızı mercimek grubunda da yeşil mercimek grubunda olduğu gibi ÇODL’lerde görülmektedir, en düşük entalpi değişimi ise KMU’na aittir.

Örneklerin DSC ile termal özelliklerinin incelenmesinde elde edilen termogramlardan yeşil mercimek kabuk diyet liflerine (KDL) ait olanı termogram örneği olarak Şekil 4.6 ’de gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Yeşil mercimek KDL’ye ait DSC termogramı.

DSC analizlerinde yüksek jelleşme sıcaklıkları daha iyi kristal yapı veya daha uzun zincir ve daha büyük kristal yapıda meydana gelmekteyken, yüksek ΔH ; ikili sarmal yapının daha fazla tahrip olmasından meydana gelmektedir (Ma ve diğ.,2011). Bu bilgi doğrultusunda yeşil ve kırmızı mercimek ÇODL’lerinin ikili sarmal yapısının daha fazla tahrip olduğunu söylemek mümkündür.

β -glukan jelleşmesi literatürde sıklıkla incelenen bir konudur ve β -glukan jelleşmesi yığılan keşişme noktaları ve iç sarmal yapı birleşmesi ile aralarında bir ağ yapısının oluşması üzerinden gerçekleşmektedir (Lazaridou ve diğ, 2003; Zhang ve diğ, 2011). Benzer jelleşmenin çözünür bir diyet lifi olan β -glukan için gözlemlenildiği gibi diğer çözünür lifleri içinde gerçekleşmesini beklemek ve bu konuda araştırmaları arttırmak mümkündür.

Hücre duvarı polisakkaritlerinin düzgün yapısı, molekül ağırlığı ve molekül ağırlıklarının dağılımı onların fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin tanımlanabilmesi açısından önemli görülmektedir. Bu açıdan diyet liflerinin jelleşme özellikleri de detaylı incelenebilir niteliktedir. Literatürde tahıl β -glukan'ı üzerinden yapılan çalışmalarda, diğer bileşenler ile etkileşimi sonrası ürünün konsantrasyonu, yapısal özelliklerini, çözünürlüğünü ve akışkanlığını değiştirdiği gözlemlenmiştir (Lazaridou ve diğ, 2003).

Li ve diğ. (2006) buğday içeriğinde ki β -glukan'ın termal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada molekül ağırlığı ile jelleşme entalpilerinin ters orantılı olarak arttığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar göre düşük molekül ağırlığı yüksek erime enerjisi gerektirmektedir ve bu durum düşük molekül ağırlıklı ve kısa zincirli moleküllerin çözelti içerisinde daha yüksek hareket kabiliyetine sahip olmaları ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, mercimek unlarında düşük, izole edilen liflerde ise yüksek olan erime entalpisini düşük molekül ağırlığı ile de açıklamak mümkündür.

Lazaridou ve diğ. (2003) çalışmalarında yulaf β -glukan'ından oluşan jellerin DSC ile incelenmesinde geniş bir endotermik pik gösterdiğini ve jel-çözelti geçişlerinin 55-75°C aralığında görüldüğünü belirtmişlerdir.

Zhang ve diğ. (2011) yulaf liflerinin termal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada çözünür diyet liflerinin jelleşme sıcaklıklarını T_0 : 62,3 ve T_p ; 72,5 olarak, jelleşme entalpi değerini (ΔH) ise 20,5 j/g olarak vermişlerdir. Literatürde baklagiller veya baklagil liflerinin jelleşme özelliği ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durumda mercimek unları ve izole edilen diyet liflerinin DSC ile incelenmesi sonucunda elde edilen değerler tahıl lifleri için mevcut literatür ile uyumludur. Mercimek diyet liflerinin yulaf lifleri gibi jelleşme özelliği gösterdiği kabul edilebilir, ancak çalışmalar detaylandırılmalıdır.

4.7 Mercimek Unları ve İzole Edilen Liflerin Fenolik Madde ve Karoten İçerikleri ve Antioksidan Aktiviteleri

4.7.1 Toplam fenolik madde miktarı

Doğal fenolik maddeler sağlık üzerine olumlu etkilerini antioksidan aktivite üzerinden göstermektedirler. Fenolik bileşenler oksijen konsantrasyonunu düşürme, tekli oksijen oluşumunu durdurma ve oksidasyon reaksiyonlarında radikallerin yerini alarak kendileri okside olup, oluşabilecek zincirleme oksidasyon reaksiyonlarını azaltmakta veya engellemektedirler (Xu ve Chang, 2007).

Mercimek unu ve elde edilen diyet lifi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları Folin- Ciocalteu yöntemi ile hesaplanmış ve değerler mg gallik asit/ 100 gr örnek olarak ifade edilmiştir. Yeşil mercimek grubu ve kırmızı mercimek grubuna ait değerler ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Kırmızı ve yeşil mercimek gruplarının her ikisinde de en düşük fenolik madde miktarı çözünür olmayan diyet liflerinde tespit edilmiştir. Bu nedenle izolasyon işleminin fenolik madde miktarına etkisi her iki çalışma grubu içinde (kırmızı ve yeşil mercimek) aynı olduğu ifade edilebilir.

Mercimek unlarında görülen fenolik madde profili çözünür olmayan diyet liflerine değil, çözünür diyet liflerine yansımıştır. Kabuk lifleri ise mercimek tanesinin en çok fenolik bileşen içeren bölümü olarak kabul edilebilir.

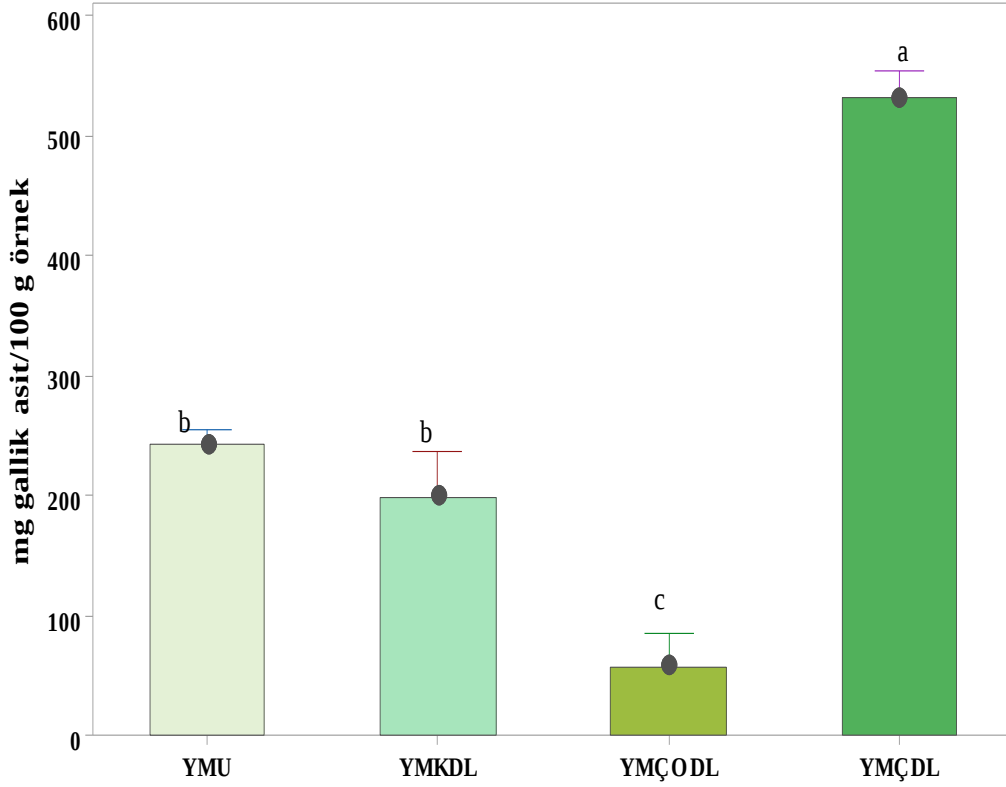
Yeşil mercimek unu ve liflerinin toplam fenolik madde miktarı üç ölçüme ait değerlerin ortalamaları alınarak Çizelge 4.13 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.13: Yeşil mercimek unu ve izole edilen liflerinin gallik asit cinsinden toplam fenolik madde miktarları (mg/g).

Örnek	mg gallik asit /100 g örnek
YMU	242,1 ± 22,8 ^b
YEŞİL MERCİMEK	
KDL	199,3 ± 64,2 ^b
ÇODL	57,8 ± 8,5 ^c
ÇDL	531,0 ± 40,8 ^a

*Değerler üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür (p < 0,05).

Toplam Fenolik Madde Miktarı - Yeşil Mercimek



Şekil 4.7: Yeşil mercimek grubu örneklerin fenolik madde miktarları.

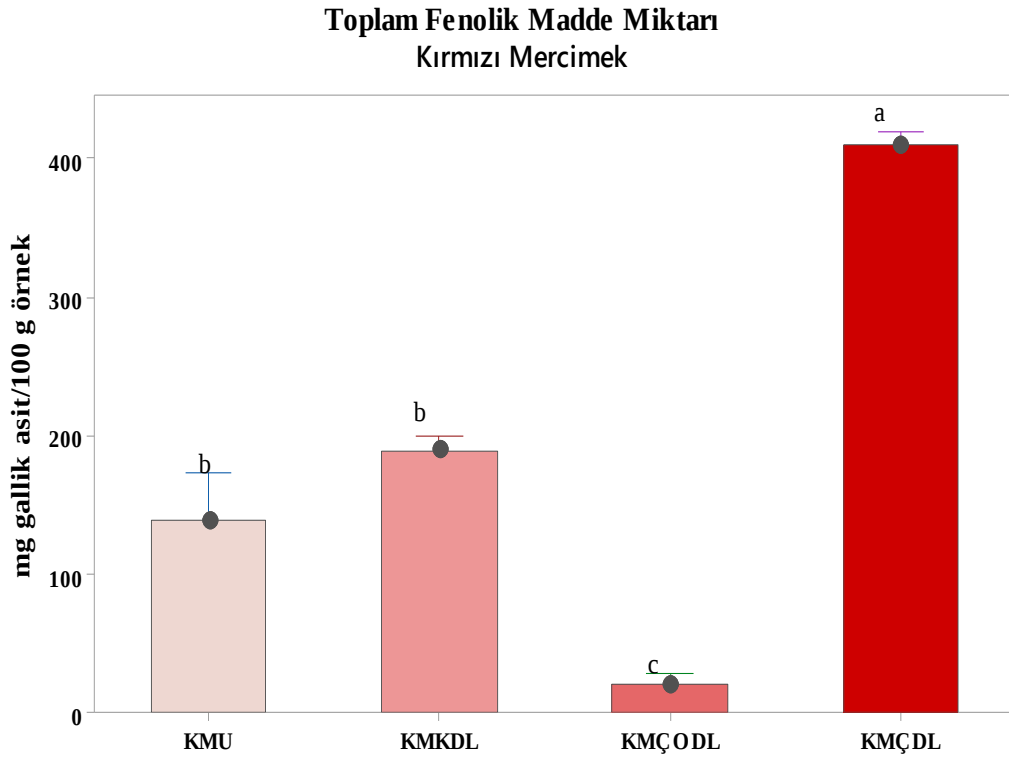
*Her sütunun üzerindeki farklı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

Kırmızı mercimek unu ve liflerinin toplam fenolik madde miktarı üç ölçüme ait değerlerin ortalamaları alınarak Çizelge 4.14 ve Şekil 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.14: Kırmızı mercimek unu ve izole edilen liflerinin gallik asit cinsinden toplam fenolik madde miktarları (mg/g).

Örnek	mg gallik asit /100 g örnek
KIRMIZI MERCİMEK	KMU $139,0 \pm 65,0^b$
	KDL $189,3 \pm 18,5^b$
	ÇODL $21,0 \pm 1,43^c$
	ÇDL $409,6 \pm 17,4^a$

*Değerler üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama $\pm$ standart sapması olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür ($p < 0,05$).



Şekil 4.8 : Kırmızı mercimek grubu örneklerin fenolik madde miktarları.

*Her sütunun üzerindeki farklı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

Örneklerin toplam fenolik madde miktarları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak yeşil ve kırmızı mercimek gruplarında grup içi olarak değerlendirilmiştir ve fark önemli görülmüştür ($p < 0,05$). Yeşil mercimek grubunda YMU, KDL, ÇODL ve ÇDL için fenolik madde miktarları sırasıyla; 242,1 mg gallik asit /100 gr örnek, 197,3 mg gallik asit /100 gr örnek, 57,8 mg gallik asit /100 gr örnek ve 531,0 mg gallik asit /100 gr örnek olarak bulunmuştur. Kırmızı mercimek grubunda ise KMU, KDL, ÇODL ve ÇDL için fenolik madde miktarları sırasıyla; 139,0 mg gallik asit /100 gr örnek, 189,3 mg gallik asit /100 gr örnek, 21,0 mg gallik asit /100 gr örnek ve 409,6 mg gallik asit /100 gr örnek olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda yeşil mercimek grubunun fenolik madde içeriğinin kırmızı mercimek grubundan daha yüksek olduğu görülmektedir.

Literatür incelendiğinde Xu ve Chang (2007)'de %70'lik metanol ile mercimek tanesinden ekstrakte edilen fenolik madde içeriğini 2,32 – 2,56 mg gallik asit/g örnek olarak belirtmiştir. Bu durumda yeşil mercimek için sonuçlar literatür ile uygundur. Amarowicz ve Pegg (2008) yaptıkları derlemede mercimek için toplam fenolik

madde içeriğini 1,02 – 7,53 mg gallik asit/g örnek olarak belirtmiştir. Kırmızı ve yeşil mercimek unlarının her ikisinde toplam fenolik madde miktarı açısından literatür ile uyumludur.

Fenolik bileşenler ve antioksidan etkileri üzerine son yıllarda gösterilen yoğun ilgi nedeniyle, elde edilen diyet lifi izolatlarının sağlık üzerine olumlu etkilerini ispatlayıcı bir etken olarak özellikle en yüksek miktarda fenolik maddeyi içeren çözünür diyet liflerinin antioksidan aktivitesi ve fenolik madde profili daha detaylı incelenebilir nitelikte görülmektedir. Çözünür liflerin una göre daha konsantre bir yapıda olmasının ve fenoliklerin liflere bağlanabilme özelliklerinin değerlerin yüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

4.7.2 Fenolik madde profilleri

Gıdalarda fenolik madde miktarı genelde toplam fenolik madde olarak verilir. Fenolik bileşiklerin tanımlanmasında ise HPLC tekniklerinden yararlanılmaktadır. Spektrofotometrik yöntem ile saptanan toplam madde miktarının çoğu zaman HPLC yöntemi ile saptanan toplam fenolik miktarının 4-8 misli daha fazla olduğu bilinmektedir (Cemeroğlu, 2010).

Bu çalışmada fenolik madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri çeşitli metotlar ile belirlenmiş olan mercimek unu ve izole edilen mercimek lifi örneklerinin, bu özelliklerini ortaya koyan fenolik madde profillerinin belirlenmesi amacıyla HPLC sisteminde kromatografik ayrımları yapılmıştır.

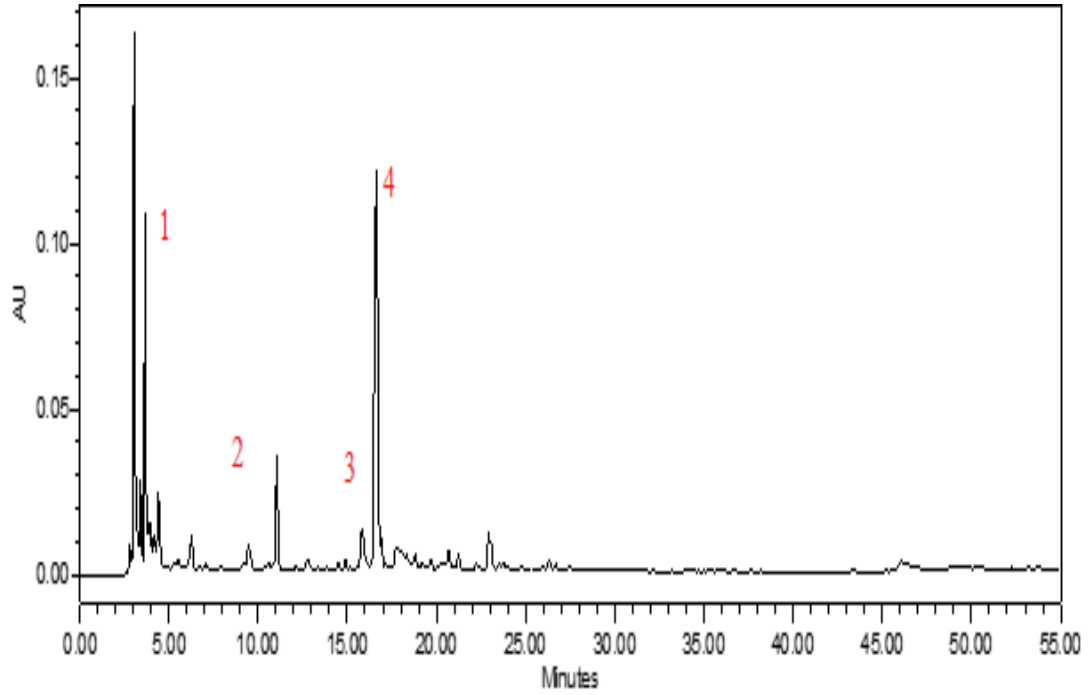
Kromatografik ayrımlardan miktar olarak değerlendirme seçilen pik alanından miktar hesaplaması ile yapılmıştır. Bu amaçla kullanılan standartların kalibrasyon eğrileri ve hesaplamada kullanılan sabit faktörler söz konusu fenolik bileşenin örneklerdeki miktarının doğru saptanabilirliği için önemlidir. Yine benzer nedenlerle örneklerin değerlendirilmesinde gözlemlenen piklerin ait olduğu fenolik bileşeni doğru tanımlayabilmek ve o bileşene ait doğru katsayıyı kullanabilmek gerekmektedir.

Çeşitli araştırmacılara göre belirlenen fenolik madde içeriği üzerinden kromatogramlar değerlendirildiği için sadece bu fenolik bileşenlere ait standartların HPLC kolonunda alıkonma süreleri Çizelge 4.15'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.15 : HPLC’de fenolik bileşen tespitinde kullanılan standartların alıkonma süreleri.

Fenolik bileşen	Alıkonma Süresi (dk.)
3-4 dihidroksi benzoik asit	3,048 - 3,661
Siringik Asit	6,268 - 6,290
Kateşin	9,220 - 9,450
Kaempferol	16,570 -16,700

Yeşil mercimek ve kırmızı mercimek grubu örneklerle ait HPLC kromatogramları 280 nm için birbirlerine oldukça benzerdir örnek bir kromatogram Şekil 4.9 ’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9: Mercimek unları ve izole edilen liflerine ait HPLC kromatogram örneği.

Bu kromatogram ve kalibrasyon standartları yardımıyla pikler tanımlanarak miktar fenolik bileşenlerin miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda son olarak yeşil ve kırmızı mercimek grubu örneklerin fenolik bileşen profili ve bu bileşenlerin miktarları Çizelge 4.16’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.16: Mercimek unlarının ve izole edilen liflerinin fenolik bileşen miktarları (µg/g).

Örnek		3,4-dihidroksi benzoik asit (µg/g)	Siringik Asit (µg/g)	Kateşin (µg/g)	Kaempferol (µg/g)
YEŞİL MERCİMEK	YMU	9,91 ± 0,02 ^b	-	1,16 ± 0,01 ^a	13,35 ± 0,01 ^a
	KDL	10,08 ± 0,00 ^b	-	1,12 ± 0,02 ^b	12,96 ± 0,02 ^b
	ÇODL	-	-	1,06 ± 0,00 ^c	1,76 ± 0,00 ^d
	ÇDL	12,29 ± 0,12 ^a	33,32 ± 0,05 ^a	nd	5,78 ± 0,00 ^c
KIRMIZI MERCİMEK	KMU	5,52 ± 0,33 ^b	-	0,82 ± 0,01 ^a	14,31 ± 0,25 ^b
	KDL	10,39 ± 0,00 ^a	-	0,64 ± 0,02 ^b	31,79 ± 0,12 ^a
	ÇODL	-	-	0,67 ± 0,04 ^b	1,81 ± 0,09 ^d
	ÇDL	6,61 ± 0,03 ^b	-	0,46 ± 0,03 ^c	7,73 ± 0,13 ^c

*Değerler iki tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. İstatistiksel analiz kırmızı mercimek ve yeşil mercimek örnek gruplarında grup içi olarak yapılmış ve aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür (p < 0,05).

Elde edilen kromatogramlarda yeşil mercimek örnek grubunda 3,4 hidroksibenzoik asit, kateşin, siringik asit ve kaempferol varlıkları tanımlanmıştır. Kırmızı mercimek örnek grubunda ise; 3,4 hidroksibenzoik asit, kateşin ve kaempferol varlıkları tanımlanmıştır. Gruplar içinde farklılık istatistiksel düzeyde önemli görülmüştür (p<0,05).

Literatürde mercimek diyet liflerine ait fenolik bileşen tanımlaması yapılmamıştır. Aguleria ve diğ. (2010)'da yaptıkları çalışmada kaempferol glukosidaz miktarını 3,66 ±0,22 µg/g, 3,4 dihidroksibenzoik asit miktarını 3,68 ±0,31 µg/g, kateşin 3-glukosidaz miktarını ise 39,83 ± 0,31 µg/g olarak vermiştir. Amarowicz ve Pegg (2008)'e göre ise kateşin miktarı 0,1-0,3 µg/100 g kuru madde ve 3,4 dihidroksibenzoik asit miktarını 93,6-100 µg/100 g kuru madde olarak bulmuşlardır.

4.7.3 Toplam karotenoid miktarı

Bir çok bitkisel ve hayvansal gıdanın parlak sarı-kırmızı tonundaki rengi karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. Kırmızı ve yeşil mercimek örnek grupları da renkleri nedeniyle toplam karotenoid içerikleri açısından spektrofotometrik yöntemlerle incelenmiştir. Gıdalarda bulunan karotenoid miktarının incelenmesinde gıdaların çeşidinin dışında, aynı tür gıdanın da çeşit, iklimsel, coğrafi, gıdada bulunduğu kısım, yetiştirme ve yetiştirme sonrasındaki işleme ve depolama şartlarından oldukça fazla etkilendikleri için kendi aralarında da oldukça çeşitlilik göstermekte oldukları bilinmektedir (Rodriguez-Amaya, 2010; Saini ve diğ, 2015).

Karotenoidler hem vitamin öncül maddeleri, hem de antioksidan bileşikler olarak önem taşımaktadırlar. Bu bileşiklerin özellikle reaktif oksijeni yakalayarak ve inaktive ederek sağladıkları belirgin fotokoruma, antioksidan aktivite anlamında önemlidir. (Velioglu ve diğ, 1998).

Günümüzde 600'ün üzerinde karotenoid madde izole edilmiştir. Bu maddelerin her biri için standart analiz yöntemi saptamak imkansızdır. Karoten miktarı tayini 450 nm de toplam karotenoid miktarı olarak ifade edilebileceği gibi farklı dalga boylarında elde edilen absorbans değerleri ve literatürde petrol eterinde çözünmüş karotenoidler için belirlenen farklı molar absorpsiyon katsayılarının kullanılması ile karotenoid cinsi olarak da ifade edilebilmektedir.

Spektrofotometrik toplam karotenoid miktarının saptanmasında Rodriguez- Amaya ve diğ. (2001) ve Saini ve diğ. (2015) kaynaklarından türetilen yöntem uygulanmış olup mercimek unları ve mercimek lifleri için üç absorbans ölçümü yapılarak ortalamaları alınmıştır. Karotenoid miktarları dört önemli karotenoid cinsi üzerinden sabit birer katsayı kullanılarak hesaplanmıştır.

Yeşil mercimek grubunda ÇODL ve ÇDL için β -karoten ve ÇODL içerisinde ayrıca birde γ -karoten cinsinden toplam karotenoid miktarı tespit edilememiştir. Kırmızı mercimek grubunda ise ÇODL içerisinde α -karoten ve lutein cinsinden karotenoid miktarı tespit edilememiştir. Mercimek unları ve izole edilen mercimek liflerinin tespit edilen toplam karotenoid miktarları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 : Mercimek unları ve izole edilen mercimek liflerinin toplam karotenoid miktarları.

Örnek	β -karoten cinsinden ($\mu\text{g/g}$)	α -karoten cinsinden ($\mu\text{g/g}$)	γ -karoten cinsinden ($\mu\text{g/g}$)	Lutein cinsinden ($\mu\text{g/g}$)
YEŞİL MERCİMEK				
YMU	$2,89 \pm 0,09^a$	$9,02 \pm 0,04^a$	$2,53 \pm 0,00^a$	$9,91 \pm 0,05^a$
KDL	$1,14 \pm 0,06^b$	$1,31 \pm 0,04^c$	$1,61 \pm 0,01^b$	$1,44 \pm 0,04^c$
ÇODL	-	$2,56 \pm 0,4^b$	-	$2,81 \pm 0,45^b$
ÇDL	-	$1,49 \pm 0,08^c$	$0,55 \pm 0,02^c$	$1,64 \pm 0,09^c$
KIRMIZI MERCİMEK				
KMU	$3,43 \pm 0,05^b$	$3,47 \pm 0,01^a$	$2,51 \pm 0,04^b$	$3,81 \pm 0,01^a$
KDL	$1,74 \pm 0,02^c$	$1,84 \pm 0,14^c$	$2,00 \pm 0,03^b$	$2,01 \pm 0,16^c$
ÇODL	$5,47 \pm 1,13^a$	-	$5,75 \pm 0,47^a$	-
ÇDL	$0,49 \pm 0,05^c$	$2,10 \pm 0,05^b$	$0,91 \pm 0,02^c$	$2,31 \pm 0,06^a$

*Değerler üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama $\pm$ standart sapması olarak verilmiştir. İstatistiksel analiz kırmızı mercimek ve yeşil mercimek örnek gruplarında grup içi olarak yapılmış ve aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür ($p < 0,05$).

Örneklerin toplam karotenoid madde miktarları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak yeşil ve kırmızı mercimek gruplarında grup içi olarak ve her bir karotenoid çeşidi için ayrı ayrı değerlendirilmiştir ve fark önemli görülmüştür ($p < 0,05$).

β -karoten miktarı için bakıldığında yeşil mercimek grubunda YMU $2,89 \mu\text{g/g}$, KDL $1,14 \mu\text{g/g}$ β -karoten içermektedir. Kırmızı mercimek grubunda ise; KMU $3,43 \mu\text{g/g}$, KDL $1,74 \mu\text{g/g}$, ÇODL $5,47 \mu\text{g/g}$, ÇDL $0,49 \mu\text{g/g}$ β -karoten içermektedir.

Kandlakunta ve diğ. (2008)'de mercimek tanesinin toplam karotenoid miktarını 5,8 µg/g olarak vermişlerdir ve genel olarak bakliyatların tahıllardan daha iyi β-karoten kaynağı olduklarını savunmaktadırlar. Bu durumda elde edilen sonuçlar kırmızı ve yeşil mercimek unları için literatür ile uygundur ve kırmızı mercimek unu beklenildiği üzere daha yüksek miktarda β-karoten içermektedir.

Literatüre göre mercimek taneleri mevcut yüzlerce karotenoid içerisinden en çok lutein içermektedirler (El-Quadah, 2014). Lutein üzerinden toplam karotenoid miktarı incelendiğinde yeşil mercimek grubunda YMU 9,91 µg/g, KDL 1,44 µg/g, ÇODL 2,81 µg/g, ÇDL 1,64 µg/g lutein içerdikleri görülmektedir. Kırmızı mercimek grubunda ise; KMU 3,81 µg/g, KDL 2,01 µg/g, ÇDL 2,31 µg/g lutein içermektedir. El-Quadah (2014)'te yaptığı HPLC analizinde mercimek tanelerinin içerdiği lutein miktarını 7,35 µg/g bulmuştur.

α-karoten ve lutein cinsinden toplam karotenoid miktarının saptanması aynı UV-spektrumunda, aynı absorbans ile fakat farklı sabit katsayılar kullanılarak hesaplandığı için örnek grupları arasında tespit edilen miktarların yakın olduğu görülmektedir. γ-karoten cinsinden toplam karotenoid miktarı ise daha çok β-karoten cinsinden hesaplanan miktarlar ile yakınlık göstermektedir.

Genel olarak yeşil ve kırmızı mercimek unlarından elde edilen diyet liflerinin karotenoid miktarı incelendiğinde ise ÇDL ve KDL izolasyon işlemlerinin karotenoid miktarında azalışa neden olduğu, ÇODL izolasyonu sonrası ise miktarın arttığı tespit edilmiştir. ÇODL izolasyon aşamaları sonrası karotenoid miktarındaki artış elde edilen izolatın saflığı ve karotenoid bileşenlerin kompleks yapı içerisinden ayırı kolayca tespit edilebilir ortama ulaşmasıyla ilişkilendirilebilir.

4.7.4 Antioksidan aktivite

Özellikle bitkisel gıdalarda antioksidan aktivitenin tek bir yöntem ile ölçülmesi, gıdanın sahip olduğu karmaşık yapı nedeniyle hatalı sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle toplam antioksidan aktivitenin en az iki yöntemle ölçülmesi tercih edilmektedir (Cemeroğlu, 2010). Mercimek unları ve izole edilen diyet liflerinin DPPH ve CUPRAC metodları ile elde edilen antioksidan aktiviteleri Çizelge 4.18'de gösterilmektedir.

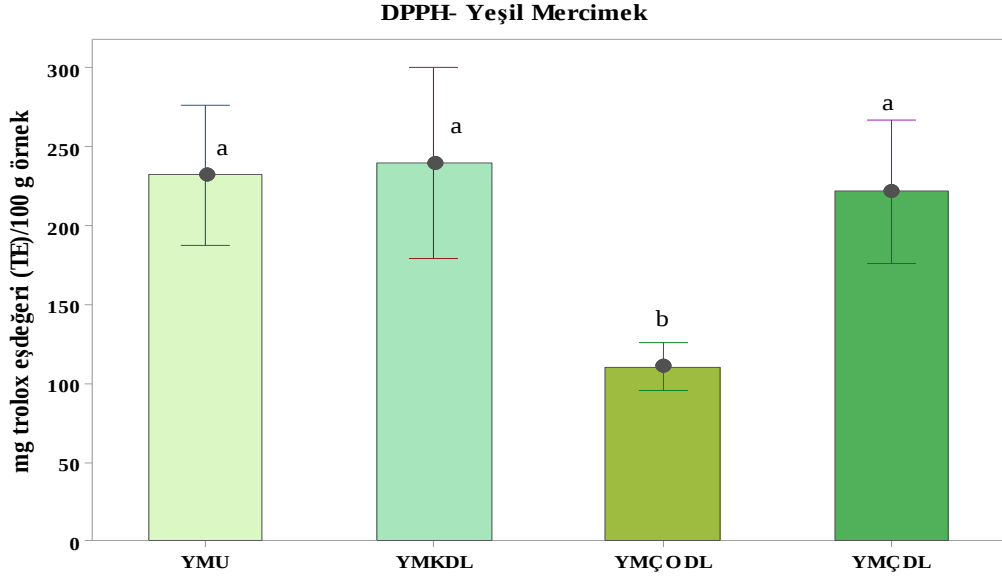
Çizelge 4.18: Mercimek unları ve izole edilen mercimek liflerinin antioksidan aktiviteleri.

Örnek		DPPH (mg TE/100 g örnek)	CUPRAC (g TE/100g örnek)
YEŞİL MERCİMEK	YMU	231,8 ± 17,8 ^a	446,26 ± 9,00 ^b
	KDL	239,5 ± 24,5 ^a	170,41 ± 8,81 ^c
	ÇODL	110,44 ± 6,18 ^b	167,8 ± 27,1 ^c
	ÇDL	221,5 ± 18,3 ^a	794,9 ± 44,9 ^a
KIRMIZI MERCİMEK	KMU	100,56 ± 12,76 ^{bc}	126,64 ± 1,53 ^b
	KDL	126,27 ± 3,40 ^b	406,70 ± 5,09 ^a
	ÇODL	250,40 ± 15,26 ^a	124,53 ± 7,25 ^b
	ÇDL	90,00 ± 13,13 ^c	406,17 ± 15,26 ^a

*Değerler üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklı görülmüştür (p < 0,05).

Kararlı bir serbest radikal olan DPPH, antioksidan maddelerden elektron ve hidrojen radikallerini kabul ederek, kararlı moleküllere dönüşmektedirler. Antioksidan maddelerin, DPPH üzerindeki serbest radikal indirgeme kapasiteleri, ölçülen absorbanstaki düşüşle kendini göstermektedir (Zou ve diğ, 2011).

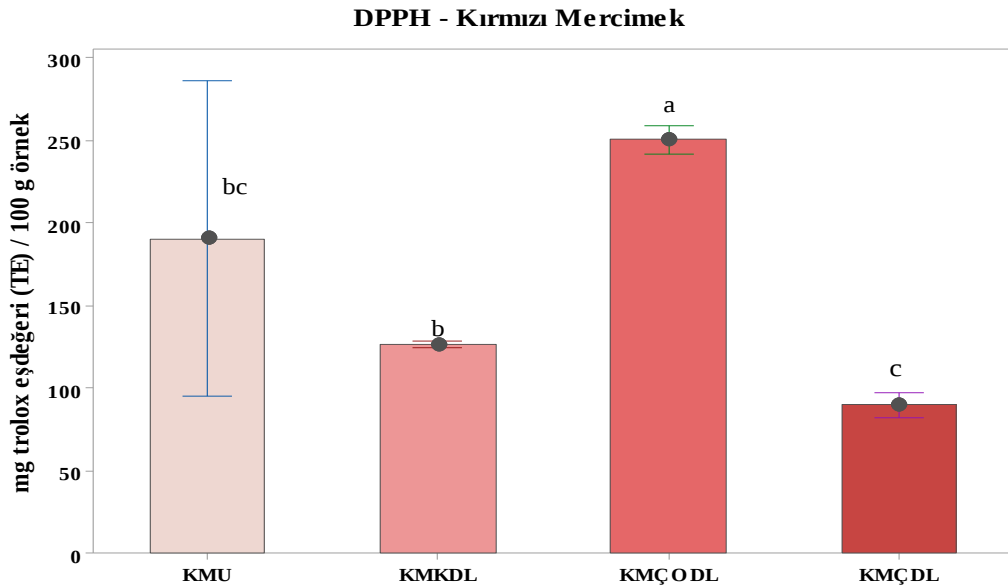
Örneklerin DPPH ile antioksidan aktivitelerinin saptanmasında EK A, Şekil A.2 ‘de verilen standart Trolox çözeltisine ait kalibrasyon grafiği kullanılmıştır. DPPH yöntemi ile tespit edilen antioksidan aktiviteleri arasında ki farklılıklar istatistiksel olarak yeşil ve kırmızı mercimek gruplarında grup içi olarak değerlendirilmiştir ve fark önemli görülmüştür (p<0,05). Yeşil mercimek örnek grubu için DPPH yöntemi ile saptanan antioksidan aktiviteleri sırasıyla YMU, KDL, ÇODL ve ÇDL için 231,8, 239,5, 110,44, 221,5, mg TE/100 g örnek olarak bulunmuştur. Şekil 4.10‘da yeşil mercimek grubu örneklerin DPPH yöntemi ile tespit edilen antioksidan aktivitesi gösterilmektedir.



Şekil 4.10: Yeşil mercimek grubu örneklerin DPPH yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.

*Her sütunun üzerindeki farklı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Kırmızı mercimek örnek grubu için DPPH yöntemi ile saptanan antioksidan aktiviteleri KMU, KDL, ÇODL ve ÇDL için 100,56, 126,27, 250,40, 90 mg TE/100 g örnek olarak bulunmuştur. Şekil 4.11’de yeşil mercimek grubu örneklerin DPPH yöntemi ile tespit edilen antioksidan aktivitesi gösterilmektedir.

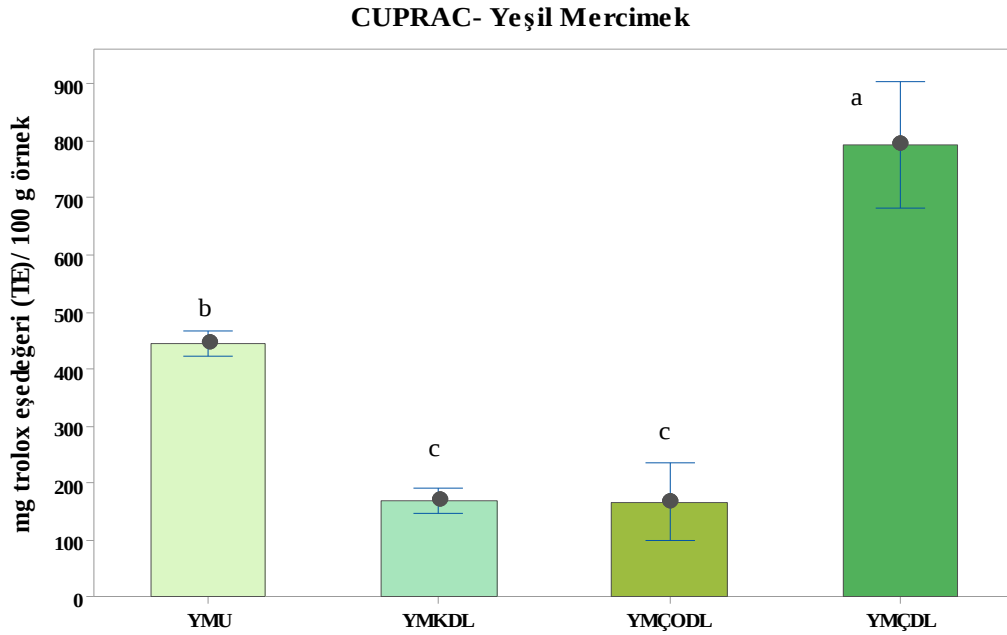


Şekil 4.11: Kırmızı mercimek grubu örneklerin DPPH yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.

*Her sütunun üzerindeki farklı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Inglett ve diğ. (2011) karabuğday üzerine yaptıkları çalışmada DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitesini 230,28 – 251,18 mg TE/100 g örnek olarak vermişlerdir. Xu ve Chang (2007) fenolik maddelerin ekstraksiyonunda kullanılan çözümlerin aktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada mercimek için DPPH yöntemi ile tayin edilen antioksidan aktivitesini 35,88 – 769,34 mg TE/100 g örnek aralığında belirtmişlerdir. Bu durumda sonuçlar literatür ile uyumludur.

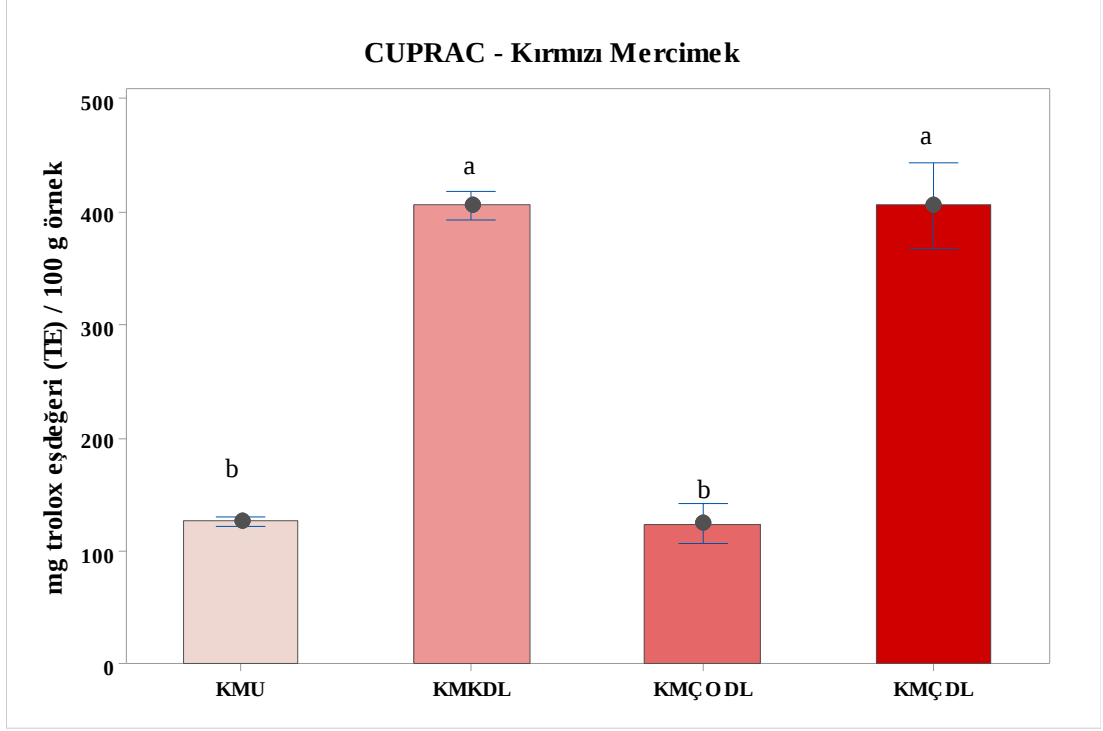
Örneklerin CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktivitelerinin saptanmasında sonuçlar arasında ki farklılıklar istatistiksel olarak yeşil ve kırmızı mercimek grupların da grupları olarak değerlendirilmiştir ve fark önemli görülmüştür ($p<0,05$). Yeşil mercimek örnek grubu için CUPRAC ile saptanan antioksidan aktiviteleri sırasıyla YMU, KDL, ÇODL ve ÇDL için 446,26, 170,41, 167,8, 794,9, mg TE/100 g örnek olarak bulunmuştur. Şekil 4.12’de yeşil mercimek grubu örneklerin CUPRAC yöntemi ile tespit edilen antioksidan aktivitesi gösterilmektedir.



Şekil 4.12: Yeşil mercimek grubu örneklerin CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.

*Her sütunun üzerindeki farklı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Kırmızı mercimek örnek grubu için CUPRAC ile saptanan antioksidan aktiviteleri sırasıyla KMU, KDL, ÇODL ve ÇDL için 126,64 , 406,70 , 124,53, 406,17 mg TE/100 g örnek olarak bulunmuştur. Şekil 4.13’de kırmızı mercimek grubu örneklerin CUPRAC yöntemi ile tespit edilen antioksidan aktivitesi gösterilmektedir.



Şekil 4.13: Kırmızı mercimek grubu örneklerin CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktiviteleri.

*Her sütunun üzerindeki farklı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

Literatürde baklagillerin CUPRAC ile saptanan antioksidan aktivitelerine dair bilgiye rastlanmamıştır. Gorinstein ve diğ. (2008) CUPRAC ile saptanan karabuğday antioksidan aktivitesini 228,77 mg TE/100 g örnek ve soya fasulyesi antioksidan aktivitesini 112,25 TE/100 g örnek olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar soya fasulyesi için verilen literatür bilgisine göre yüksek kalmaktadır.

Bu çalışmada antioksidan kapasitenin tayini için elde edilen sonuçlar göstermektedir ki DPPH yöntemi hidrofilik bileşiklerin antioksidan aktivitesini daha başarılı analizlerken CUPRAC yöntemi hem hidrofilik hem de hidrofobik özellikteki antioksidan aktivite gösteren karotenoid benzeri bileşikleri daha iyi analizleyebilmektedir. Bu nedenle kırmızı mercimek β -karoten içeriğinin antioksidan aktiviteye etkisi CUPRAC yöntemi ile daha iyi analizlenebilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kırmızı ve yeşil mercimeklerin kompozisyonu incelenerek %13-15 aralığında ki çözünür olmayan diyet lifi içeriği ve %1,60-2 aralığında ki çözünür diyet lifi içeriği izole edilmiştir.

Mercimeklerin kompozisyon analizleri sonucunda kırmızı mercimek için nem içeriği % 8,29; kül içeriği % 2,26; protein içeriği %23,85; yağ içeriği %2,18; çözünür olmayan diyet lifi içeriği % 15,21; çözünür diyet lif içeriği % 1,68 olarak bulunmuştur. Yeşil mercimek için nem içeriği % 8,21 ; kül içeriği % 2,50; protein içeriği %22,43; yağ içeriği %1,67; çözünür olmayan diyet lifi içeriği % 13,07; çözünür diyet lif içeriği % 1,63 olarak bulunmuştur. Literatüre göre örneklerin çözünür diyet lifi içerikleri daha düşük bulunmuştur.

Diyet liflerinin izolasyon işlemleri sonrasında yeşil mercimek ununun %6,83'ü kabuk diyet lifi, % 1,61'i çözünür olmayan kotiledon diyet lifi , %7,23'ü çözünür kotiledon diyet lifi olarak izole edilmiştir. Kırmızı mercimek ununun ise %5,16'sı kabuk diyet lifi, % 0,56'sı çözünür olmayan kotiledon diyet lifi, %6,45'i çözünür kotiledon diyet lifi olarak izole edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda kırmızı mercimek kotiledon unundan çözünür olmayan diyet lifi eldesinin yeşil mercimek kotiledon unundan çözünür olmayan diyet lifi eldesine göre daha düşük verimli olduğu görülmüştür.

Diyet liflerinin izolasyon aşamalarında partikül boyutuna göre ayırmanın etkinliği gözlenmiştir. Ayırma işlemlerinde en önemli aşamaların kompleks nişasta içeriği ve yüksek protein içeriği içerisinde tutulan diyet liflerinin ayrılması olarak değerlendirilerek bu problemi bertaraf etmede kabuk liflerinin ayrıştırılması, protein çöktürme ve nişastanın enzim ile parçalanması aşamalarının önemi görülmüştür.

İzolasyon verimleri karşılaştırıldığında; kırmızı mercimek kotiledon bölümünden çözünür olmayan diyet lifi eldesinin veriminin çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın nişasta kompleks yapısına diyet lifinin hapsolması ve ayrılamamasından

kaynaklandığı düşünülebilir. Bu konuyla ilgili enzim aktivitesi ve yağ eleminin etkinliği ile ilgili çalışmaların artırılabilmesi düşünülmektedir.

Çözünür baklagil diyet liflerinin püskürtmeli kurutucu ile eldesi literatürde benzeri olmayan bir çalışmadır. Seçilen sıcaklık, süre, basınç bilgileri lifler için çalışılmış bir kaç çalışma referans alınarak seçilmiştir. Sıcaklık uygulaması sonrası diyet liflerinin yapısal özellikleri daha detaylı incelenebilir. Çözünür fraksiyonun püskürtmeli kurutucu öncesi ve sonrası da kompozisyonun özellikle diyet lifi içeriği açısından, incelenmesi parametrelerin seçimi açısından ayrıntılı çalışılması gereken bir konu olarak görülmektedir. Püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma işlemleri izolatların eldesinde verimi arttıracak aşamalar olarak ileride yapılacak çalışmalara konu olabilir niteliktedir.

Elde edilen izolatların kimyasal kompozisyonları; kül, nem, protein ve yağ içerikleri de analiz edilmiştir. Yeşil mercimek kabuk diyet lifleri, çözünür kotiledon diyet lifleri ve çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri için sırasıyla nem içeriği %6,33, %3,48, %13,73; kül içeriği % 2,28, %20,74, %1,80; protein içeriği %24,64, %21,71, %15,49; yağ içeriği %2,74, %6,52, %0 ve toplam diyet lifi içeriği %23,76, %2,51, %72,81 olarak bulunmuştur. Kırmızı mercimek kabuk diyet lifleri, çözünür kotiledon diyet lifleri ve çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri için sırasıyla nem içeriği % 6,30, %3,93 %11,98; kül içeriği % 2,15, %19,29, %1,06; protein içeriği %19,49, %23,09, %19,29; yağ içeriği %3,25, %7,25, %0; toplam diyet lifi içeriği %20,30, %1,06, %43,68 olarak bulunmuştur.

Bu kompozisyona sahip, yüksek protein ve kül içeren bir gıda ingrediyesini izolat olarak tanımlamak yanlış olacağından elde edilen ÇDL ve KDL örneklerinin konsantre olarak tanımlanmasının daha doğru olduğu düşünülmektedir. Çözünür olmayan diyet liflerinin diğer bileşen yüzdeleri ise çok daha düşüktür dolayısıyla kotiledon bölümünden ÇODL eldesi için yapılan işlemlerin başarılı olduğu düşünülebilir. Sonuçta bu çalışma ile elde edilen üç çeşit diyet lifi arasında sadece çözünür olmayan kotiledon diyet liflerinin izolat olarak değerlendirilebileceği diğer bir ifade ile daha saf bir diyet lifi ingrediyesi olduğu, KDL ve ÇDL liflerinin ise konsantre olarak adlandırılabilmesini ve buna göre değerlendirilebileceğini söylemek mümkündür.

Fonksiyonel özelliklerin incelenmesinde ve elde edilen ingrediyanların gıda endüstrisinde kullanımı söz konusu olduğunda izolat ve konsantre sınıflandırmasının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yüzdesel olarak yüksek değerlerde bulunan diğer makrobileşenlerin varlığı önemli görülmüştür.

Fonksiyonel özelliklerin incelenmesi kapsamında diyet liflerinin; su bağlama kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, şişme kapasitesi emülsiyon oluşturma kapasitesi ve stabilitesi belirlenmiştir. Çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri diğer izole diyet liflerine kıyasla daha yüksek su tutma, yağ tutma ve şişme kapasitesi göstermiştir. Emülsiyon oluşturma kapasiteleri mercimek diyet lifleri için genel olarak zayıf bulunmuştur ancak çözünür kotiledon diyet liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitelerinin çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri ve kabuk diyet liflerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

Mercimek unları ve izole edilen diyet liflerinin şeker profilleri HPLC sisteminde analiz edilerek iz miktarda monosakkarit, az miktarda disakkarit ve yüksek miktarlarda oligosakkarit içerdikleri tespit edilmiştir. Mercimeklerin şeker profillerinde baskın bileşenlerin sakkaroz ve rafinoz olduğu görülmüştür. Kabuk diyet liflerini etanolde çözünür şeker içeriği düşüktür. Bu bulgu kotiledon ununun etanolde çözünür şeker içeriği açısından daha zengin olduğunu göstermektedir.

Mercimek unları ve izole edilen diyet liflerinin termal özellikleri DSC ile incelenmiştir. Mercimek liflerinin fonksiyonel özellikleri arasında listelenebilecek olan ve ingrediyan olarak kullanımı açısından çok önemli görülen sulu çözeltisinde jelleşme özelliği tespit edilmiştir. Tahıl lifleri için sıkça karşılaştığımız bu özelliğin mercimek liflerinde de mevcut olduğu ve ileride detaylı araştırılması gereken bir konu olduğu düşünülmektedir.

Mercimek unları ve izole edilen diyet liflerinin fenolik madde miktarları, fenolik bileşen profilleri, karotenoid içerikleri ve antioksidan kapasiteleri farklı yöntemler ile incelenmiştir. Diyet liflerinin kompleks matriksinin içerisinde gizli karotenoidler ve polifenollerin hem diyet liflerinin hem de antioksidanların sağlık üzerine olumlu etkilerine katkıda bulunduğu düşünüldükçe elde edilen sonuçlarda görülen fenolik bileşen içeriği ve antioksidan aktivite değerleri önemli bulunmuştur. Sonuçlara göre mercimek unları ve izole edilen diyet liflerinin fenolik madde miktarının gallik asit cinsinden 2,10 – 53,10 mg gallik asit/100 g örnek aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Fenolik bileşen profili incelendiğinde; baskın olarak gözlemlenen fenolik bileşen kaempferoldür. Yeşil mercimek grubu örneklerde en yüksek karotenoid miktarı lutein cinsinden ifade edilirken, kırmızı mercimek grubunda en yüksek karotenoid miktarı β - karoten cinsinden tespit edilmiştir. Karotenoid miktarlarının tayin yöntemi ve mevcut karotenoidlerin antioksidan aktiviteleri de ayrıca detaylandırılabilir çalışma alanları olarak görülmektedir.

Antioksidan kapasitenin belirlenmesinde kullanılan DPPH ve CUPRAC yöntemlerinden CUPRAC yönteminin özellikle β - karoten içeriği yüksek olan kırmızı mercimek grubu örneklerin antioksidan kapasitenin belirlenmesinde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Antioksidan aktivitenin diyet liflerinin sağlık üzerine olumlu etkilerini arttırıcı nitelikte olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere mercimek liflerinin diğer baklagil liflerine oranla üstün birkaç fonksiyonel özelliği mevcuttur. Bu özellikler mercimek liflerinin izolasyonu ve ingrediyen olarak kullanımının önemini ispatlar niteliktedir. Ayrıca, ülkemizde üretiminin çok ve ucuz olması, mercimek tanelerinin izolasyonu zorlaştıracak düzeyde yağ içermemeleri, mercimek diyet liflerinin az düzeyde enzim ve pek çok mekanik yöntem ile bütünden kolayca ayrılabilir olması, mercimek tanesinde bulunan fenolikler ve karotenoidler gibi fonksiyonel bileşenlerin izolat ve konsantrelerde kaybolmaması bu çalışmada kullanılan yöntemlerin ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak mercimek diyet liflerinin tercih edilebilirliğinin göstergesidir.

KAYNAKLAR

- AACC Report.** (2001). The definition of dietary fiber, *Cereal Foods World*, 46,112-126
- Abdul-Hamid, A., & Luan, Y. S.** (2000). Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68(1), 15–19.
- Aguilera, Y., Dueñas, M., Estrella, I., Hernández, T., Benitez, V., Esteban, R. M., & Martín-Cabrejas, M. a. A.** (2010). Evaluation of Phenolic Profile and Antioxidant Properties of Pardina Lentil As Affected by Industrial Dehydration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(18),
- Almeida, E. L., Chang, Y. K., & Steel, C. J.** (2013). Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 545-553.
- Amarowicz, R., Karamac, M., & Shahidi, F.** (2002). Antioxidant Activity of Phenolic Fractions, 10(2003), 1–10.
- Amarowicz, R., Estrella, I., Hernández, T., Robredo, S., Troszyńska, A., Kosińska, A., & Pegg, R. B.** (2010). Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 121(3), 705-711. doi:10.1016/j.foodchem.2010.01.009
- Amarowicz, R., & Pegg, R. B.** (2008). Legumes as a source of natural antioxidants. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(10), 865–878.
- Asif, M., Rooney, L. W., Ali, R., & Riaz, M. N.** (2013). Application and Opportunities of Pulses in Food System: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(11), 1168-1179
- Asp, N. G., Johansson, C. G., Hallmer, H., & Siljeström, M.** (1983). Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(3), 476–482.
- Berrios, J. D. J., Morales, P., Cámara, M., & Sánchez-Mata, M. C.** (2010). Carbohydrate composition of raw and extruded pulse flours. *Food Research International*, 43(2), 531-536.
- Betancur-Ancona, D., Peraza-Mercado, G., Moguel-Ordoñez, Y., & Fuertes-Blanco, S.** (2004). Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Jack bean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues. *Food Chemistry*, 84(2), 287-295.
- Bicer, B. T., & Şakar, D.** (2007). Comparision of exotic lentil lines to native cultivars for agronomic and morphologic traits. *Journal of Agricultural Sciences (Turkey)*.
- Brennan, C., & Tiwari, U.** (2011). *Functional And Physicochemical Properties of Non-Starch Polysaccharides. Pulse Foods* (1st ed.). Elsevier Ltd.

- Brummer, Y., Kaviani, M., & Tosh, S. M.** (2015). Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International*, 67, 117–125.
- Brunt, K.** (2009). Pitfall in the determination of the dietary fibre content and nutritional value of food products. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 1(4, Sp. Iss. SI), 225–230.
- Carbonaro, M.** (2008). *Role of Pulses in Nutraceuticals. Pulse Foods*.
- Cemeroğlu, B.** (2007). Gıda analizleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 657.
- Champ, M., Langkilde, A.-M., Brouns, F., Kettlitz, B., & Collet, Y. L. B.** (2003). Advances in dietary fibre characterisation. 1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. *Nutrition Research Reviews*, 16(1), 71–82.
- Chau, C.-F., Cheung, P. C. K., & Wong, Y.-S.** (1997). Functional Properties of Protein Concentrates from Three Chinese Indigenous Legume Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(7), 2500–2503.
- Chiou, D., & Langrish, T. A. G.** (2007). Development and characterisation of novel nutraceuticals with spray drying technology. *Journal of Food Engineering*, 82(1), 84–91.
- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R., Warkentin, T. D., & Vandenberg, B.** (2008). In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. *Food chemistry*, 111(2), 316–321.
- Dalgetty, D. D., & Baik, B. K.** (2003). Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils, and chickpeas. *Cereal Chemistry*, 80(3), 310–315.
- Dalgetty, D. D., & Baik, B. K.** (2006). Fortification of bread with hulls and cotyledon fibers isolated from peas, lentils, and chickpeas. *Cereal Chemistry*, 83(3), 269–274.
- De Almeida Costa, G. E., Da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S. M., & De Oliveira, A. C.** (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94(3), 327–330.
- Derbyshire, E.** (2011). *The Nutritional Value of Whole Pulses and Pulse Fractions. Pulse Foods* (1st ed.). Elsevier Ltd.
- Dueñas, M., Hernández, T., & Estrella, I.** (2002). Phenolic composition of the cotyledon and the seed coat of lentils (*Lens culinaris* L.). *European Food Research and Technology*, 215(6), 478–483.
- EL-Qudah, J. M.** (2014). Estimation of carotenoid contents of selected mediterranean legumes by HPLC. *World Journal of Medical Sciences*, 10(1), 89–93.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H.** (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421.

- Englyst, K. N., Liu, S., & Englyst, H. N.** (2007). Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(Suppl 1), S19–S39.
- Gebrelibanos, M., Tesfaye, D., Raghavendra, Y., & Sintayeyu, B.** (2013). Nutritional and health implications of Legumes. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(4), 1269–1279.
- Gharibzahedi, S. M. T., Ghasemlou, M., Razavi, S. H., Jafari, S. M., & Faraji, K.** (2011). Moisture-dependent physical properties and biochemical composition of red lentil seeds. *International Agrophysics*, 25, 343–347.
- Han, H., & Baik, B. K.** (2008). Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(11), 1971–1978.
- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Sayyar Khan, M.** (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331–335. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011>
- Johnson, C. R., Thavarajah, D., Combs, G. F., & Thavarajah, P.** (2013). Lentil (*Lens culinaris* L.): A prebiotic-rich whole food legume. *Food Research International*, 51(1), 107–113.
- Kandlakunta, B., Rajendran, A., & Thingnganing, L.** (2008). Carotene content of some common (cereals, pulses, vegetables, spices and condiments) and unconventional sources of plant origin. *Food Chemistry*, 106(1), 85–89.
- Khan, A. R., Alam, S., Ali, S., & Bibi, S.** (2007). Dietary fiber profile of food legumes, 23(3).
- Koh, L., Jiang, B., Kasapis, S., & Foo, C. W.** (2011). Structure, sensory and nutritional aspects of soluble-fibre inclusion in processed food products. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 159–164.
- Koletta, P., Irakli, M., Papageorgiou, M., & Skendi, A.** (2014). Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 60(3), 561–568.
- Kopeć, A., Pysz, M., Borczak, B., Sikora, E., Rosell, C. M., Collar, C., & Sikora, M.** (2011). Effects of sourdough and dietary fibers on the nutritional quality of breads produced by bake-off technology. *Journal of Cereal Science*, 54(3), 499–505.
- Lattimer, J. M., & Haub, M. D.** (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2(12), 1266–1289.
- Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., & Izydorczyk, M. S.** (2003). Molecular size effects on rheological properties of oat β -glucans in solution and gels. *Food Hydrocolloids*, 17(5), 693–712.
- Lazou, A., & Krokida, M.** (2010). Functional properties of corn and corn-lentil extrudates. *Food Research International*, 43(2), 609–616.

- Lee, Y. P., Puddey, I. B., & Hodgson, J. M.** (2008). Protein, fibre and blood pressure: Potential benefit of legumes. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 35(4), 473–476.
- Li, J., Li, D. F., King, J. J., Cheng, Z. B., & Lai, C. H.** (2006). Effects of fi-glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotrophic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide1. *J. Anim. Sci*, 84, 2374-2381.
- López-Amorós, M. L., Hernández, T., & Estrella, I.** (2006). Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4), 277–283.
- Ma, Z., Boye, J. I., Simpson, B. K., Prasher, S. O., Monpetit, D., & Malcolmson, L.** (2011). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, 44(8), 2534–2544.
- Maphosa, Y., & Jideani, V. A.** (2016). Dietary fiber extraction for human nutrition—A review. *Food Reviews International*, 32(1), 98–115.
- McConnell, A. A., Eastwood, M. A., and Mitchell, W. D.** (1974). Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. *J. Sci. Food Agric.* 25:1457-1461.
- Meyer, K. A., Kushi, L. H., Jacobs, D. R., Slavin, J., Sellers, T. A., & Folsom, A. R.** (2000). Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(4), 921–930. <http://doi.org/10.1093/jnci/dji276>
- Nandi, I., & Ghosh, M.** (2015). Studies on functional and antioxidant property of dietary fibre extracted from defatted sesame husk, rice bran and flaxseed. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(2), 129–136.
- Ndolo, V. U., & Beta, T.** (2013). Distribution of carotenoids in endosperm, germ, and aleurone fractions of cereal grain kernels. *Food Chemistry*, 139(1-4), 663–671.
- Oomah, B. D., Patras, A., Rawson, A., Singh, N., & Compos-Vega, R.** (2011). *Chemistry of Pulses. Pulse Foods* (1st ed.). Elsevier Ltd.
- Otto, T., Baik, B. K., & Czuchajowska, Z.** (1997). Wet fractionation of garbanzo bean and pea flours. *Cereal Chemistry*, 74(2), 141-146.
- Park, Y., Brinton, L. A., Subar, A. F., Hollenbeck, A., & Schatzkin, A.** (2009). Dietary fiber intake and risk of breast cancer in postmenopausal women: The National Institutes of Health-AARP Diet and Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3), 664–671.
- Phillips, R. D., & Abbey, B. W.** (1989). Composition and flatulence-producing potential of commonly eaten Nigerian and American legumes. *Food chemistry*, 33(4), 271-280.
- Prosky, L.** (2000). What is dietary fiber? *Journal of AOAC International*, 83(4), 985–987.
- Rodriguez, D.** (2001). *A Guide to Carotenoid Analysis in Foods. Life Sciences.*

- Saini, R. K., Nile, S. H., & Park, S. W.** (2015). Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International*, 76, 735–750.
- Sánchez-Mata, M. C., J., P.-T. M., Cámara-Hurtado, M., Díez-Marquéz, C., & Torija-Isasa, M. E.** (1998). Determination of mono-, di-, and oligosaccharides in legumes by High-Performance Liquid Chromatography using an amino-bonded silica column. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(98), 3648–3652.
- Saura-Calixto, F.** (2011). Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: An essential physiological function. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(1), 43–49.
- Sharma, B., & Emami, M. K.** (2002). Discovery of a new gene causing dark green cotyledons and pathway of pigment synthesis in lentil (*Lens culinaris* Medik). *Euphytica*, 124(3), 349–353.
- Singh, K. M., & Singh, A. K.** (1998). Lentil in India : An Overview.
- Singleton, V.L., and Rossi, J.A.** (1965). Colorimetry of total phenolics with phophomolybdc – phophotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viniculture*, 16, 144-158
- Streppel, M. T., Ocké, M. C., Boshuizen, H. C., Kok, F. J., & Kromhout, D.** (2008). Dietary fiber intake in relation to coronary heart disease and all-cause mortality over 40 y : the Zutphen Study 1 – 3.
- Şehirali, S.** (1988). Yemeklik Tane Baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Matbaası, Ankara, 435s.
- Tejada-Ortigoza, V., Garcia-Amezquita, L. E., Serna-Saldívar, S. O., & Welti-Chanes, J.** (2015). Advances in the Functional Characterization and Extraction Processes of Dietary Fiber. *Food Engineering Reviews*.
- Thavarajah, D., Thavarajah, P., Sarker, A., & Vandenberg, A.** (2009). Lentils (*Lens culinaris* medikus subspecies *culinaris*): A whole food for increased iron and zinc intake. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(12), 5413–5419.
- Theander, O., & Åman, P.** (1979). the Chemistry, Morphology and Analysis of Dietary Fiber Components. *Dietary Fibers: Chemistry and Nutrition*, 215–244.
- Theander, O., & Westerlund, E. A.** (1986). Studies on dietary fiber. 3. Improved procedures for analysis of dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(2), 330–336.
- Tiwari, U., & Cummings, E.** (2011). *Functional and Physicochemical Properties of Legume Fibers. Pulse Foods* (1st ed.). Elsevier Ltd.
- Tosh, S. M., & Yada, S.** (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43(2), 450–460.
- Tsai, S. C., Lu, S. F., Yu, W. W., Lin, H. C., & Fu, W.** (2007). A study on the analytical methods for total dietary fiber in fructan-containing foods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 15(3), 325–331.

- Tucker, L. A., & Thomas, K. S.** (2009). Increasing Total Fiber Intake Reduces Risk of Weight and Fat Gains in Women 1,2. *J. Nutr*, 139, 1–6.
- Tudorica, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S.** (2002). Nutritional and Physicochemical Characteristics of Dietary Fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 347 – 356.
- USA Dry PEA & Lentil Council.** (2010). General Properties of Dry Peas, Lentils & Chickpeas. Processing Information & Technical Manual, pp 13-16.
- Uzunoz, M., & Akcay, Y.** (2009). Factors affecting the import demand of wheat in Turkey. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15(1), 60-66.
- Vaikousi, H., Biliaderis, C. G., & Izydorczyk, M. S.** (2004). Solution flow behavior and gelling properties of water-soluble barley (1→3,1→4)-β-glucans varying in molecular size. *Journal of Cereal Science*, 39(1), 119–137.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D.** (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113–4117.
- Vitaglione, P., Napolitano, A., & Fogliano, V.** (2008). Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science and Technology*, 19(9), 451–463.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Sierra, I., Blazquez, I., Lambein, F., & Kuo, Y. H.** (2002). New functional legume foods by germination: Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*, 215(6), 472–477.
- Wang, N.** (2008). Effect of variety and crude protein content on dehulling quality and on the resulting chemical composition of red lentil (*Lens culinaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(5), 885-890.
- Wang, N., & Toews, R.** (2011). Certain physicochemical and functional properties of fibre fractions from pulses. *Food Research International*, 44(8), 2515–2523.
- Westenbrink, S., Brunt, K., & Van der Kamp, J.-W.** (2013). Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry*, 140(3), 562-567.
- Wolever, T. M.** (1990). Relationship between dietary fiber content and composition in foods and the glycemic index. *The American journal of clinical nutrition*, 51(1), 72-75.
- Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T., & Ishii, K.** (1972). Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry*, 36(5), 719–727.
- Yadav, S. S., McNeil, D. L., & Stevenson, P. C.** (2007). An Ancient Crop for Modern Times.
- Xu, B. J., & Chang, S. K. C.** (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72(2).

- Zhang, M., Bai, X., & Zhang, Z.** (2011). Extrusion process improves the functionality of soluble dietary fiber in oat bran. *Journal of Cereal Science*, 54(1), 98–103.
- Zou, Y., Chang, S. K. C., Gu, Y., & Qian, S. Y.** (2011). Antioxidant activity and phenolic compositions of lentil (*Lens culinaris* var. Morton) extract and its fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(6), 2268–2276.

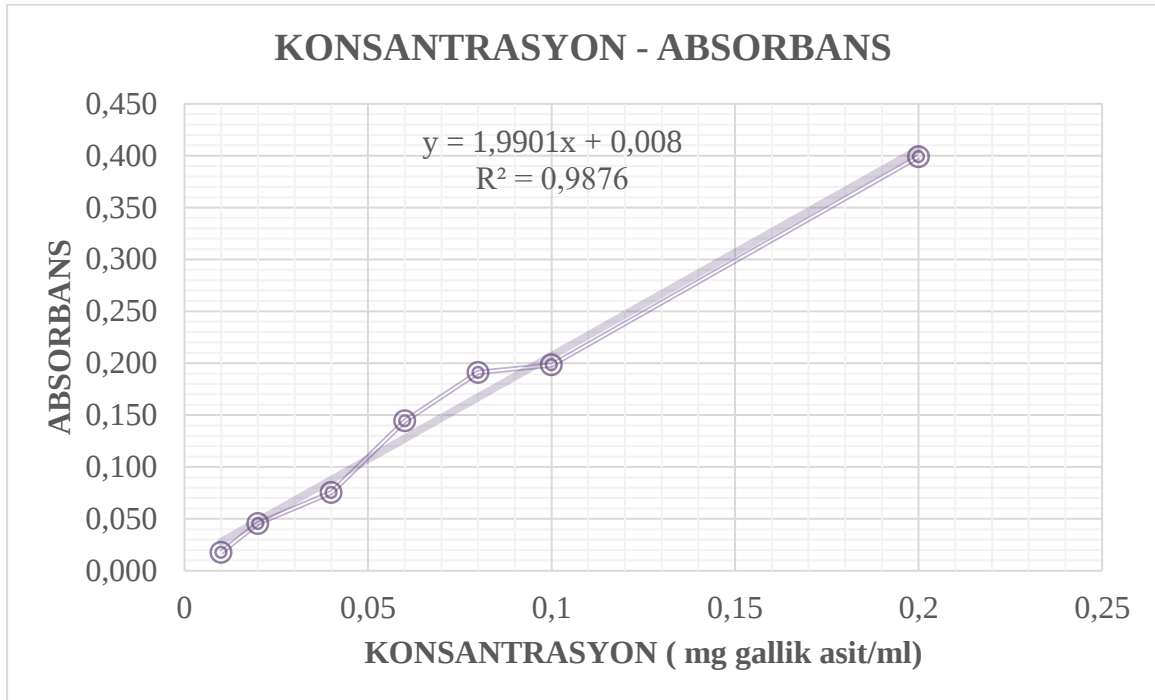
EKLER

EK A: Kalibrasyon Eğrileri

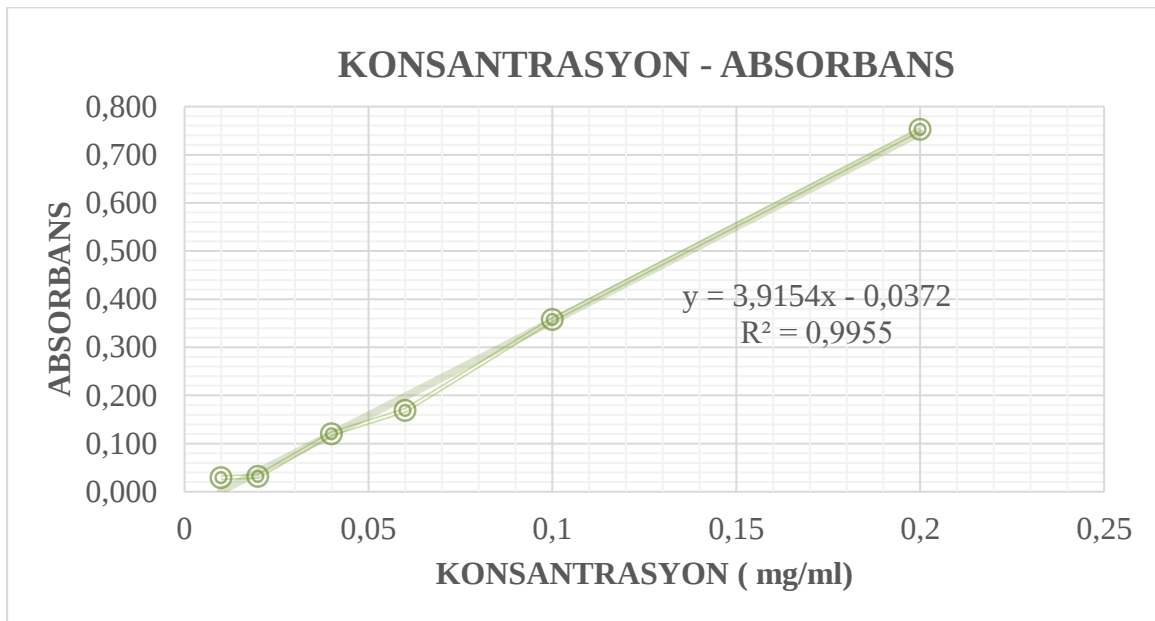
EK B: HPLC Standartları Kalibrasyon Eğrileri

EK C: İstatistik Tablolar

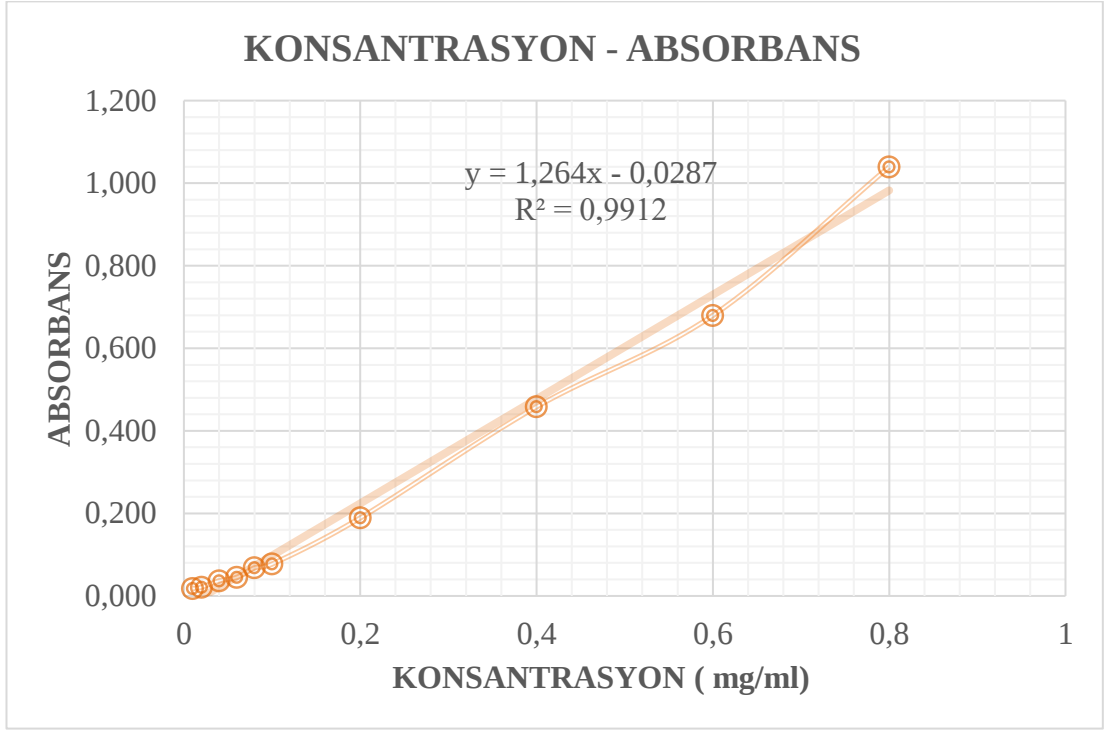
EK A



Şekil A.1: Fenolik madde miktarının belirlenmesinde kullanılan gallik asit kalibrasyon eğrisi.

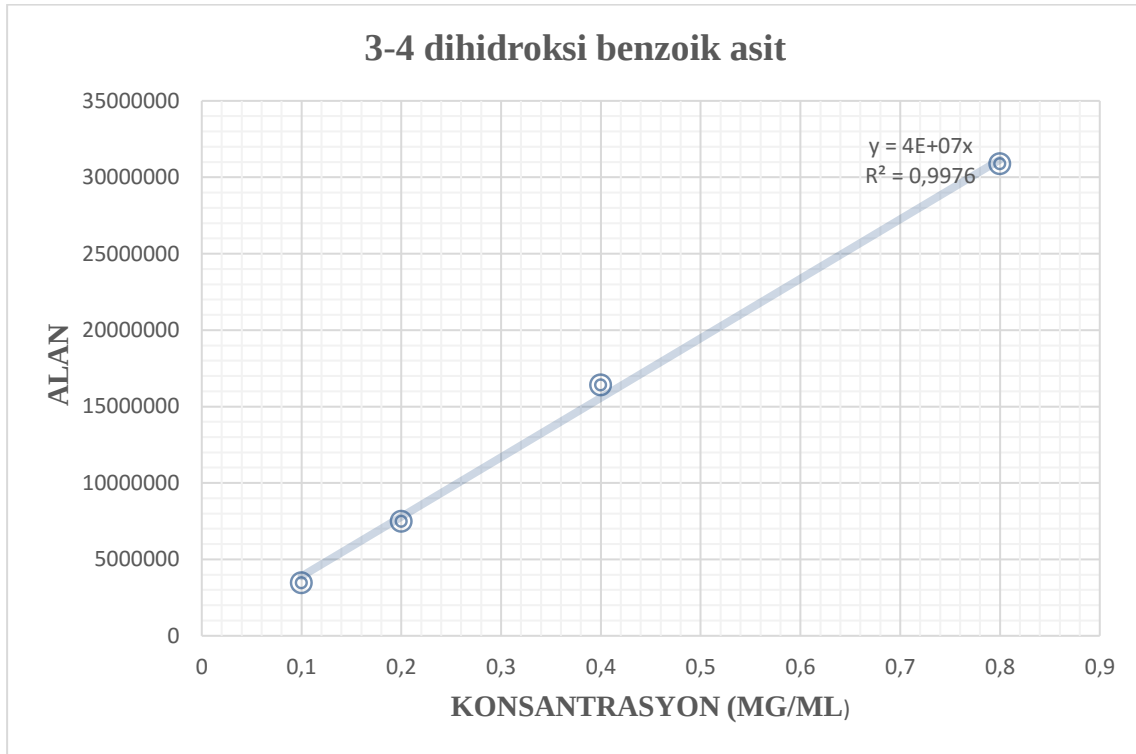


Şekil A.2: %70'lik metanolde Trolox kalibrasyon eğrisi DPPH için.

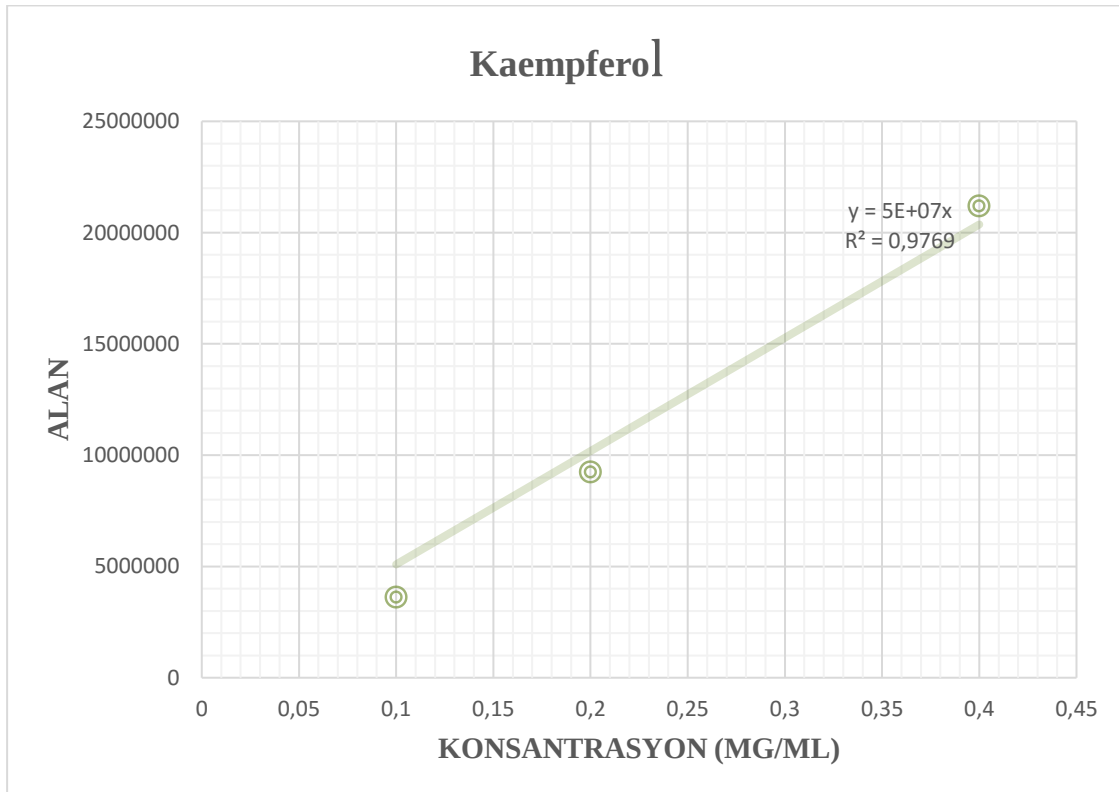


Şekil A.3: %70'lik methanolde Trolox kalibrasyon eğrisi CUPRAC için.

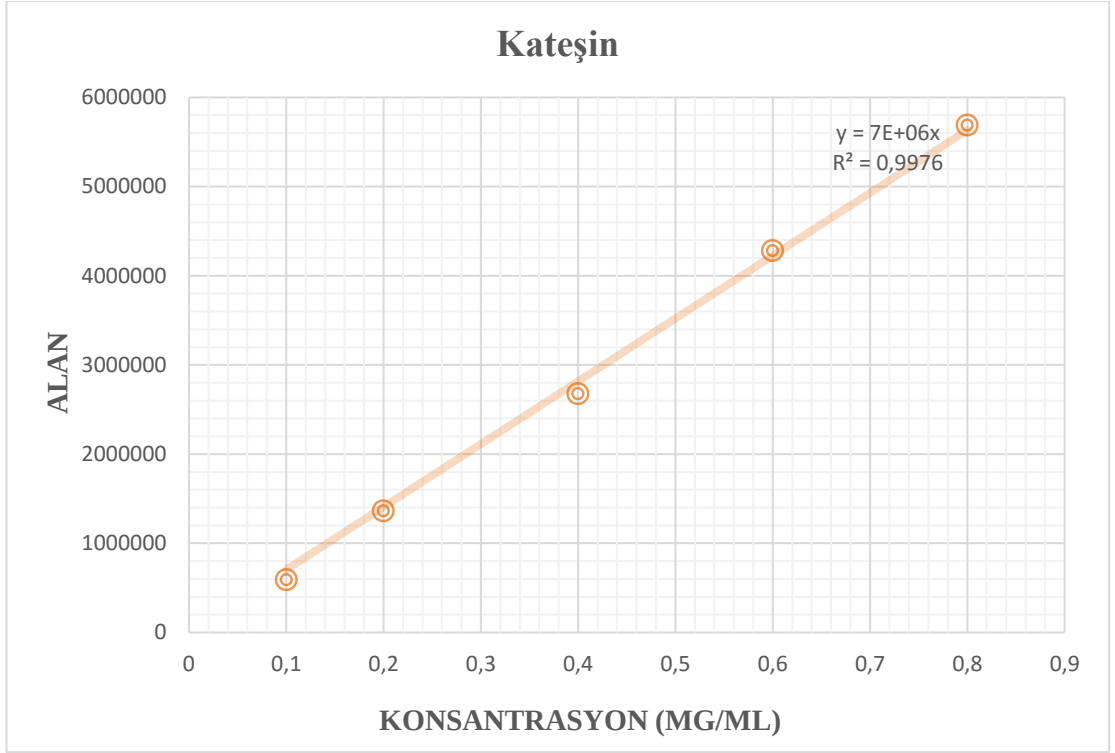
EK B



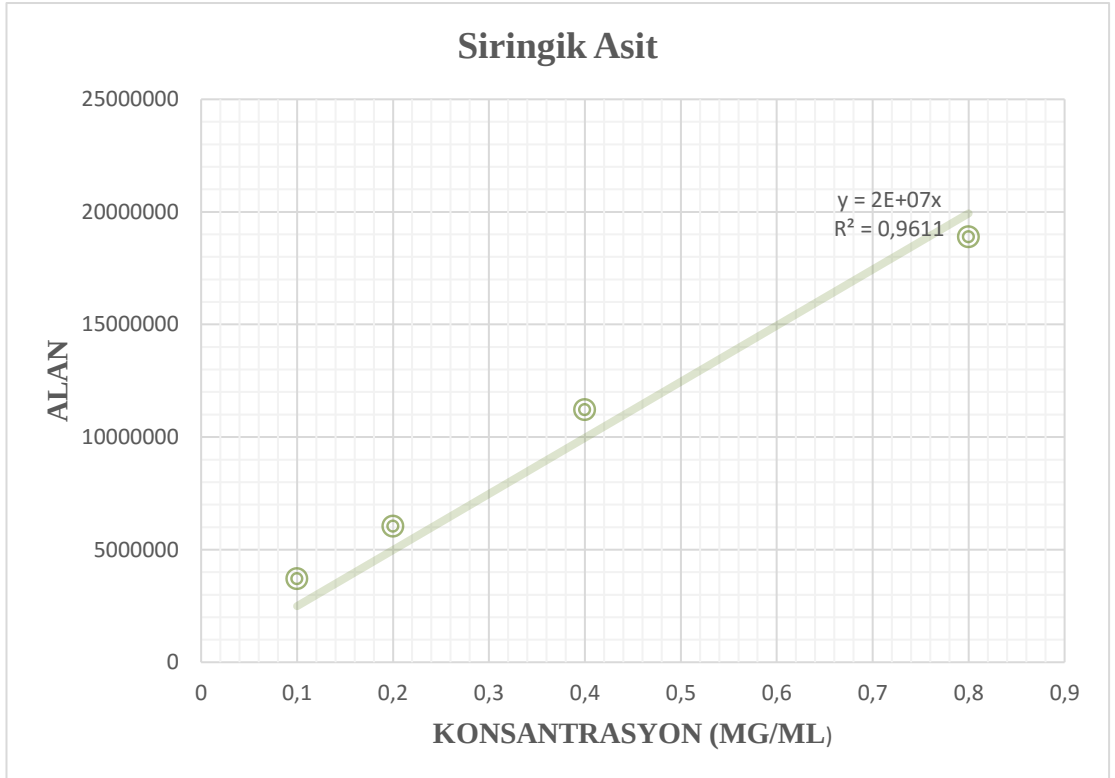
Şekil B.1: 3,4 dihidroksi benzoik asit standardı kalibrasyon eğrisi.



Şekil B.2: Kaempferol standardı kalibrasyon eğrisi.



Şekil B.3: Kateşin standardı kalibrasyon eğrisi.



Şekil B.4: : Siringik asit standardı kalibrasyon eğrisi

EK C

Çizelge C 1 : Mercimek unları ve izole edilen diyet lifleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek yönlü ANOVA) sonuçları.

İzole edilen diyet lifi miktarları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	409,33	1	409,33	60,18	0,001
Grupiçi	27,21	4	6,802		
Toplam	436,54	5			
Toplam Nem Miktarı – Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	167,975	2	83,9877	2421,95	0,000
Grupiçi	0,208	6	0,0347		
Toplam	168,183	8			
Toplam Nem Miktarı –Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	0,009525	3	0,003175	70,35	0,000
Grupiçi	0,000361	8	0,000045		
Toplam	0,009886	11			
Toplam Kül Miktarı – Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	698,978	2	349,489	399488,90	0,000
Grupiçi	0,006	6	0,001		
Toplam	698,984	8			
Toplam Kül Miktarı –Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	627,301	2	313,650	174250,17	0,000
Grupiçi	0,011	6	0,002		
Toplam	627,311	8			
Toplam Protein Miktarı –Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	86,5862	2	43,2931	371,67	0,000
Grupiçi	0,3495	3	0,1165		
Toplam	86,9357	5			

Çizelge C 1 (devam) : Mercimek unları ve izole edilen diyet lifleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek yollu ANOVA) sonuçları.

Toplam Protein Miktarı –Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	18,271	2	9,1353	24,26	0,014
Grupiçi	1,129	3	0,3765		
Toplam	19,400	5			
Toplam Yağ Miktarı –Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	28,0801	1	28,0801	944,93	0,000
Grupiçi	0,1189	4	0,0297		
Toplam	28,1989	5			
Toplam Yağ Miktarı –Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	21,4704	1	21,4704	4411,73	0,000
Grupiçi	0,0195	4	0,0049		
Toplam	21,4899	5			
Çözünür Olmayan Diyet Lifi Miktarı – Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	698,978	2	349,489	349488,9	0,000
Grupiçi	0,006	6	0,001		
Toplam	698,984	8			
Çözünür Olmayan Diyet Lifi Miktarı – Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	2741,09	2	1370,54	182199,47	0,000
Grupiçi	0,05	6			
Toplam	2741,13	8			

Çizelge C 1 (devam) : Mercimek unları ve izole edilen diyet lifleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek yollu ANOVA) sonuçları.

Çözünür Diyet Lifi Miktarı – Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	171,079	2	85,5393	8118,68	0,000
Grupiçi	0,063	6	0,0105		
Toplam	171,142	8			
Çözünür Diyet Lifi Miktarı – Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	0,81096	2	0,405478	88,36	0,000
Grupiçi	0,02753	6	0,004589		
Toplam	0,83849	8			
Toplam Diyet Lifi Miktarı – Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	7799,83	2	3899,92	50424,52	0,000
Grupiçi	0,46	6	0,08		
Toplam	7800,30	8			
Toplam Diyet Lifi Miktarı – Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	2733,29	2	1366,65	214282,63	0,000
Grupiçi	0,04	6	0,01		
Toplam	2733,33	8			
Su Tutma Kapasitesi – Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	253,036	2	126,518	4319,66	0,000
Grupiçi	0,176	6	0,029		
Toplam	253,212	8			

Çizelge C 1 (devam) : Mercimek unları ve izole edilen diyet lifleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek yollu ANOVA) sonuçları.

Su Tutma Kapasitesi – KM Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	518,008	2	259,004	2917,95	0,000
Grupiçi	0,533	6	0,089		
Toplam	518,541	8			
Yağ Tutma Kapasitesi – Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	18,1868	2	9,09339	891,96	0,000
Grupiçi	0,0612	6	0,01019		
Toplam	18,2480	8			
Yağ Tutma Kapasitesi – Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	9,13875	2	4,56937	434,82	0,000
Grupiçi	0,06305	6	0,01051		
Toplam	9,20180	8			
DSC– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	56,79	3	18,93	1,46	0,351
Grupiçi	51,74	4	12,94		
Toplam	108,54	7			
DSC– Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	66,571	3	22,190	12,09	0,018
Grupiçi	7,340	4	1,835		
Toplam	73,911	7			
Fenolik Miktarı– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	3548,7	3	1182,91	54,63	0,000
Grupiçi	173,2	8	21,65		
Toplam	3721,9	11			

Çizelge C 1 (devam) : Mercimek unları ve izole edilen diyet lifleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek yollu ANOVA) sonuçları.

Fenolik Miktarı– Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	0,009525	3	0,003175	70,35	0,000
Grupiçi	0,000361	8	0,000045		
Toplam	0,009886	11			
DPPH– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	33159	3	11053,0	34,27	0,000
Grupiçi	2580	8	322,5		
Toplam	35739	11			
DPPH– Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	45207	3	15069	2,16	0,000
Grupiçi	55755	8	6969		
Toplam	100962	11			
CUPRAC– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	793817	3	264606	364,13	0,000
Grupiçi	5813	8	727		
Toplam	799631	11			
CUPRAC- Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	236645	3	78881,6	1002,88	0,000
Grupiçi	629	8	78,7		
Toplam	237274	11			
βKaroten Miktarı– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	16,7266	3	5,57553	1842,24	0,000
Grupiçi	0,0242	8	0,00303		
Toplam	16,7508	11			

Çizelge C 1 (devam) : Mercimek unları ve izole edilen diyet lifleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek yollu ANOVA) sonuçları.

βKaroten Miktarı– Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	37,667	3	12,5557	39,10	0,000
Grupiçi	2,569	8	0,3211		
Toplam	40,236	11			
αKaroten Miktarı– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	120,545	3	40,1816	892,33	0,000
Grupiçi	0,360	8	0,0450		
Toplam	120,905	11			
αKaroten Miktarı– Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	18,3678	3	6,12261	1041,24	0,000
Grupiçi	0,0470	8	0,00588		
Toplam	18,4149	11			
γKaroten Miktarı– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	11,3958	3	3,79860	34492,50	0,000
Grupiçi	0,0009	8	0,00011		
Toplam	11,3967	11			
γKaroten Miktarı– Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	39,0873	3	13,0291	237,26	0,000
Grupiçi	0,4393	8	0,0549		
Toplam	39,5266	11			
Lutein Miktarı– Yeşil Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	145,340	3	48,4465	892,33	0,000
Grupiçi	0,434	8	0,0543		
Toplam	145,774	11			

Çizelge C 1 (devam) : Mercimek unları ve izole edilen diyet lifleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek yollu ANOVA) sonuçları.

Lutein Miktarı– Kırmızı Mercimek Grubu	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	22,1459	3	7,38198	1041,24	0,000
Grupiçi	0,0567	8	0,00709		
Toplam	22,2026	11			

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Sinem Kamile GEDİK
Doğum Tarihi ve Yeri : 05.09.1990 / İstanbul
E-posta : skgedik@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2012, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2012-2015 yılları arasında Özmer Pastacılık ve İçecek Ürünleri'nde Ar-Ge & Kalite Mühendisi olarak çalıştı.
- 2016 yılından beri The Coca Cola Company/Doğadan Gıda Ürünleri'nde Uzun Dönem Ar-Ge Stajeri olarak çalışmaktadır.