

PAPER DETAILS

TITLE: Kirmizi ve Yesil Mercimekten Elde Edilen Diyet Liflerinin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Özellikleri

AUTHORS: Dilara NILÜFER ERDİL,Sinem GEDİK

PAGES: 135-147

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/516888>

Kırmızı ve Yeşil Mercimekten Elde Edilen Diyet Liflerinin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Özellikleri

Dilara Nilüfer-Erdil , Sinem Gedik 

İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 06.04.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 08.06.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): niluferd@itu.edu.tr (D.Nilüfer Erdil)

☎ 0 212 285 73 42 📠 0 212 285 73 33

Öz

Bu çalışmada, kırmızı ve yeşil mercimeklerin içerdikleri diyet liflerinin taneden izole edilmesi ve mercimek diyet liflerinin gıda ürünlerinde fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mercimekteki diyet liflerini (kabuk diyet lifleri, çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri ve çözünür kotiledon diyet liflerini) elde etmek üzere üç farklı yöntem uygulanmıştır. Elde edilen liflerin kompozisyonu ve verimi yanı sıra su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, emülsiyon oluşturma kapasitesi ve şişme kapasitesi gibi fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca, elde edilen liflerin termal özellikleri de Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) cihazı ile belirlenmiştir. Yeşil mercimek ununun %6.83'ü kabuk diyet lifi, %1.78'i çözünür olmayan kotiledon diyet lifi, %8.00'i ise çözünür kotiledon diyet lifi olarak izole edilmiştir. Kırmızı mercimek ununun ise %5.16'sı kabuk diyet lifi, %0.62'si çözünür olmayan kotiledon diyet lifi, %7.08'i çözünür kotiledon diyet lifi olarak izole edilmiştir. Kotiledon unundan çözünür olmayan diyet lifi eldesinin kırmızı mercimekte yeşil mercimeğe göre daha düşük verimli olduğu görülmüştür. Yeşil mercimekten elde edilen liflerde toplam diyet lifi içerikleri; kabuk lifleri, çözünür kotiledon diyet lifleri ve çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri için sırasıyla; %23.76, 11.51 ve 72.81 olarak bulunmuştur. Kırmızı mercimek için ise sırasıyla; %20.30, 11.06 ve 43.68 olarak elde edilmiştir. Diyet liflerinin fonksiyonel özellikleri incelendiğinde, çözünür olmayan kotiledon diyet liflerinin diğer izole diyet liflerine kıyasla daha yüksek su tutma, yağ tutma ve şişme kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir. 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 görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mercimek, Diyet lifi, İzolasyon, Fonksiyonel özellik, Karakterizasyon

Characterization and Functional Properties of Dietary Fibers Isolated from Red and Green Lentils

ABSTRACT

In this study, dietary fiber fractions of red and green lentils were isolated, and their potential uses in food products as functional ingredients were determined. During the isolation of dietary fiber fractions, three different methods were used, and three different dietary fiber fractions (hull fiber, insoluble cotyledon fiber and soluble cotyledon fiber) were obtained. Besides the composition and yield of the isolated fibers, their functional properties such as water holding capacity, oil holding capacity, emulsion formation ability and swelling power were also determined. On the other hand, thermal properties of the isolated fibers were determined by the DSC method. From green lentil flour, 6.83% hull fiber, 1.78% insoluble cotyledon fiber and 8.00% soluble cotyledon fiber were obtained while 5.16%, hull fiber, 0.62% insoluble cotyledon fiber and 7.08% soluble cotyledon fiber were isolated from red lentil flour. Yield for cotyledon insoluble fiber from red lentils were lower than the yield of cotyledon insoluble fiber from green lentils. Total dietary fiber contents for the hull fiber, soluble cotyledon fiber and insoluble cotyledon fiber ingredients isolated from green

lentils were 23.76, 2.51 and 72.81% whereas for red lentils these values were 20.30, 11.06 and 43.68%, respectively. For the functional properties of dietary fibers, insoluble cotyledon dietary fibers showed higher water holding, fat retention and swelling capacities than other dietary fiber fractions. Emulsion forming capacity was generally weak for lentil fibers. But, the emulsion forming capacity of soluble cotyledon fibers were greater than insoluble cotyledon fiber and hull fiber ingredients.

Keywords: Lentil, Dietary fiber, Isolation, Functional properties, Characterization

GİRİŞ

Baklagiller yüksek miktarlarda içerdikleri protein, karbonhidrat, diyet lifi, vitamin, mineral ve fitokimyasal maddeler nedeniyle, pek çok ülkede insanlar için önemli bir besin kaynağı olarak görülmektedirler [1]. Bakliyatlar ülkemizde yaygın olarak tüketilmesine karşın endüstriyel ürünlere işlenmesinde ve ekonomik değerinin artırılmasında istenilen noktaya gelememişlerdir.

Son yıllarda, gıda endüstrisi söz konusu besleyici özellikleri nedeniyle, bakliyatların tek başına veya diğer gıda kaynakları ile birleştirilerek kullanımını arttırmayı hedeflemektedir. Bakliyatların yüksek oranda içerdikleri protein ve diyet lifi gibi faydalı bileşenlerinin izolat formunda elde edilmesi ve endüstride kullanım alanlarının araştırılması bu nedenle önem kazanmaktadır [2].

Baklagillerin diyet lifi içerikleri incelendiğinde; çözünür diyet lifince de zengin oldukları, çözünür olmayan diyet lifini ise tüm diyet lifi miktarı içerisinde daha az oranda içerdikleri görülmektedir [3]. Baklagillerde 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 göstermekte ve insan sağlığına faydalı oldukları belirtilmektedir [4].

Diyet liflerinin çeşitli gıda formülasyonlarına eklenmesi, eklendiği gıdanın emülsiyon oluşturma, jel oluşturma, su tutma ve yağ tutma kapasiteleri gibi fonksiyonel özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenle diyet lifleri özellikle fırıncılık ve pastacılık ürünleri, reçel, çorba ve et ürünlerinde tekstürel yapıyı geliştirmek, sinerezisi (su salımını) önlemek ve stabil emülsiyonlar oluşturabilmek açısından önemli gıda bileşenleridir [5].

Birçok gıdanın toplam diyet lifi içeriği araştırmalara uzun yıllardır konu olsa da, son yıllarda baklagillerin diyet lifi içeriği sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle dikkat çekici hale gelmiştir [6]. İçerdiği diyet lifi, sindirim sistemini destekleyici, kolesterol ve kandaki şeker oranını düşürücü fonksiyonel etkilere sahiptir [7-9]. Diyet liflerinin fonksiyonel özelliklerinin anlaşılması ve ileri düzeyde tanımlanabilmesi ile gıda endüstrisinde kullanımını ve diyet lifi içeren yeni ürün formülasyonlarının geliştirilmesini arttırmak mümkündür [10].

Baklagil lifleri de; fırıncılık ürünleri, makarna, şekerleme, çorba, sos ve içecek üretiminde fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilir niteliktedir [11]. Baklagillerin unları ve diyet lifi fraksiyonları, işlenmiş gıdaların çözünür ve

çözünür olmayan diyet lifi içeriklerini artırarak sağlık üzerine olumlu etkiler kazandırabilir niteliktedirler. Ayrıca içerdikleri galaktooligosakkaritler, son dönemdeki çalışmalarla prebiyotik özellikleri kanıtlanmış düşük molekül ağırlıklı diyet lifleri olarak kabul görmektedirler [12].

Diyet lifi baklagil unlarından yaş veya kuru ayırma yöntemleri ile izole edilebilmektedir. Kuru işlemler ezme, öğütme, eleme ile fiziksel olarak yapılan 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 [12].

Literatürde baklagillerden diyet lifi eldesi çalışmaları oldukça sınırlıdır. Meuser ve ark. [13] yaptıkları çalışmada, bezelyeden yüksek saflıkta nişasta ve bu esnada yan ürün olarak diyet lifi izole etmişlerdir. Otto ve ark. [14] ise nohut, fasulye ve bezelyeden un eldesi üzerine yaptıkları çalışmada kotiledon dışındaki bölümlerin protein ve lif içeriğinin yüksek, nişasta içeriğinin ise düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Nişastanın eldesi için bugün günümüzde de diyet lifi eldesinde kullanılan benzer yaş ayırma teknikleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde, 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 [15].

Mercimek tanesindeki lifler mercimeğin kabuk kısmında ve embriyonun çenek yaprağı olan kotiledon kısmındadır. Kotiledon lifi ve kabuk lifi arasındaki temel farklılık; selülozik ve selülozik olmayan polisakkaritlerin varlığıdır. Kabuk lifleri çoğunlukla hücre duvarı yapısını oluşturan selülozu, daha az miktarlarda da hemiselüloz ve lignini içerirler. Kotiledon lifleri ise; hemiselüloz, pektin ve gamlar gibi yapısal olmayan polisakkaritleri içerirler [15].

Bu çalışmada; kırmızı mercimek ve yeşil mercimekten kabuk diyet lifleri, çözünür kotiledon diyet lifleri ve çözünür olmayan kotiledon diyet liflerinin ayrı ayrı izole edilerek karakterize edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen diyet liflerinin fonksiyonel özellikleri belirlenerek gıdalarda kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Ülkemizde yaygın olarak tüketilen yeşil ve kırmızı mercimeğin sağlığa faydalı bir bileşeni olan diyet lifinin izole edilmesi ile katma değeri yüksek bir gıda bileşeni elde edilmesi ve gıda sanayinde kullanım olanaklarının araştırılması hedeflenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Kırmızı ve yeşil mercimek taneleri 2016 yılına ait ülkemizde yetişen ve marketlerde satışa sunulan ürünlerden temin edilmiş olup analizlere dek oda sıcaklığında kuru ortamda muhafaza edilmiştir. Analizlerde tek çeşit kırmızı ve yeşil mercimek kaynak olarak kullanılmıştır.

Metot

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.

Nem Analizi

Nem miktarı tayini Shimadzu marka (Japonya) infrared nem tayin cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaza özel alüminyum kaplara yaklaşık 1 g örnek tartılarak 130°C'de kurutulmuştur.

Kül Analizi

Kül miktarı tayini AOAC 923.03 no'lu yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öğütülerek un haline getirilen yeşil mercimek ve kırmızı mercimek örneklerinden yaklaşık 3 g alınarak ağırlığı bilinen porselen krozeler içine tartılmıştır. 550°C'de kapak tam kapalı şekilde 16 saat boyunca kül fırınında bekletilmiştir.

Protein Analizi

Protein 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, soğutulduktan sonra distilasyon aşamasına geçilmiştir. Yakma tüpüne 50 mL distile su eklenerek distilasyon ünitesine (Büchi, K-350, Almanya) yerleştirilmiş, ünitenin distilat toplama bölümüne ise 25 mL %4'lük borik asit ve metil red/metilen mavisi içeren erlen yerleştirilmiştir. Elde edilen distilat 0.2 N HCl çözeltisi ile titre edilmiştir.

Yağ Analizi

Yağ miktarı tayini Gerhardt Soxtherm Otomatik Yağ Tayin Cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya) kullanılarak AACC 30-25 metodu ile gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık olarak 3 g örnek tartılmış, petrol eteri eklenmiş ve cihaz 200°C'de çalıştırılmıştır. İşlem sonucunda döner buharlaştırıcıya alınan balon içeriğindeki çözgen uçurulmuştur.

Toplam Diyet Lifi Analizi

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. Analizlerin uygulanmasında diyet lifi analiz kiti olarak Sigma TDF-100A (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, ABD) kullanılmıştır. Yeşil ve kırmızı mercimek örneklerinden 1±0.01 g tartılan örnekler, alfa-amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile uygun sıcaklık, süre ve pH koşulları 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 çöktürülmüş, süzme sonrası elde edilen kalıntı ÇDL içeriği olarak kabul edilmiştir. Bir gece 105°C'de kurutma sonrası tartılmış ve net diyet lifi miktarları kalıntı protein ve kül analizlenip çıkartılarak saptanmıştır. Kalıntıda kül miktarının belirlenmesi için kül fırınında 525°C'de 5 saat bekletilmiştir. TDL ise ÇODL ve ÇDL toplamı alınarak belirlenmiştir.

Elek Analizi

Mercimek taneleri öğütüldükten sonra elek analizi yapılarak beş farklı partikül boyutunda (<38 µm, 38-53 µm, 53 µm-106 µm, 106-212µm, 212-425µm, 425-850 µm, >850 µm) sınıflandırılmıştır. Öğütme sonrası mercimek tanelerinin kütle ortalama çapları kısmi analizi; elek üstünde kalan ağırlığın elek altında kalan ağırlığa bölünmesi ile elde edilmiştir. Kısmi analizi yüksek elek çapı unun tanecik boyutunun yoğun olduğu aralık olarak kabul edilmiştir.

Mercimekten Diyet Lifi Eldesi

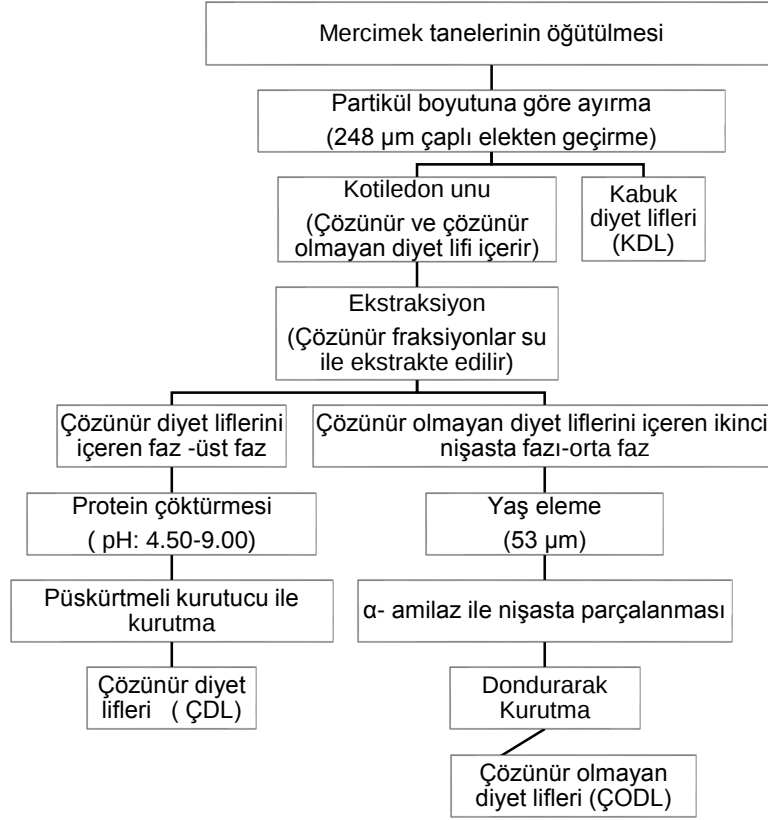
Yeşil ve kırmızı mercimek taneleri (500 g) endüstriyel tip öğütücü ile 15 dakika öğütülerek un haline getirilmiştir. Öğütülen mercimeklerin unlarından 3 farklı yöntem ile diyet lifleri izole edilmiştir. Bu yöntemler; mekanik yöntemler ile kabuk lifi eldesi (KDL), protein çöktürülmesi ile çözünür kotiledon diyet lifi eldesi (ÇDL) ve enzimatik işlemler ile çözünür olmayan kotiledon diyet lifi (ÇODL) eldesi olarak gruplandırılmıştır. Şekil 1'de mercimeklerden diyet lifi eldesi şematik olarak gösterilmiştir.

Kabuk Diyet Lifi Eldesi

Öğütülen kırmızı ve yeşil mercimekler 248 µm'lik elekten geçirilerek kabuk kısımları kepek fraksiyonu olarak ayrılmış, 4 kez daha aynı öğütücü ile öğütülerek partikül boyutu düşürülmüş ve tekrar 248 µm'lik elekten geçirilmiştir. Kabuk fraksiyonu yüksek düzeyde çözünür olmayan diyet lifi içeriği nedeniyle kabuk diyet lifi (KDL) olarak incelenmiştir.

Çözünür ve Çözünür Olmayan Kotiledon Diyet Liflerinin Eldesi

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) [15].



Şekil 1. Mercimekten diyet lifi eldesi aşamaları [15].

Kabuğu alınan mercimeklerden (kotiledon unu) 200 g alınarak 500 mL distile su ile laboratuvar tipi blenderda (Waring Commercial 7011 HS, ABD) yüksek hızda 3 dakika karıştırıldıktan sonra 1500xg hızda oda sıcaklığında 15 dakika santrifüjlenmiştir. Üst faz çözünür 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 içerisindeki çözünür olmayan diyet lifi fraksiyonu 2 L distile su ile 53 µm'lik elekten geçirilerek yaş eleme metodu ile ayrılmıştır. Yaş eleme sonrasında elek üstünde kalan çözünmeyen diyet lifleri 400 mL distile su içerisinde çözündürülmüş ve sıcaklığa dayanıklı alfa-amilaz (Termamyl 120, Novazyme) ile 100°C'de su banyosunda (Memmert, WNB 14, Almanya) 30 dakika sürekli karıştırılarak nişastanın parçalanması sağlanmıştır. Enzim ile parçalamanın ardından bulamaç 1500xg'de 10 dakika santrifüjlenmiş ve çökelti ayrıştırılıp dondurularak kurutulmuştur.

Çözünür diyet liflerinin eldesi içinse kotiledon unundan ayrılan üst faz olan çözünür fraksiyona izoelektrik protein çöktürme işlemi yapılmıştır. Bu amaçla önce pH

4'e ayarlanmış ve ardından 1500xg'de 15 dakika santrifüjlenerek protein çöktürülmüştür. Sıvı faz tekrar pH 9'a ayarlanarak 1500xg'de 15 dakika daha santrifüjlenmiştir. Çöken protein fraksiyonu atılmış, sıvı faz çözünür diyet lifi olarak ayrılarak suda çözünürlüğü arttırmak için pH 7'ye 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, nozul: 2 olarak seçilmiştir [16].

Mercimek Liflerinde Kompozisyon Analizleri

Elde edilen mercimek liflerinde nem, kül, protein, yağ ve toplam diyet lifi içerikleri yukarıda anlatılan metotlara göre yapılmıştır.

Mercimek Unlarının ve İzole Edilen Diyet Liflerinin Şeker Profillerinin İncelenmesi

Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin şeker profili analizi Sanchez-Mata ve ark.'nın [17] metoduna göre yürütülmüştür. 1.5±0.01 g örnek alınarak 40 mL %80'lik etanol çözeltisi ile 55-60°C'de karıştırılmalı su banyosunda 45 dakika bekletilmiş ve ardından 3000 rpm de 30 dakika santrifüjlenmiştir. Sıvı faz ayrılmış, alt faza aynı işlemler tekrarlanarak ekstraksiyon işlemi tamamlanmıştır. Toplanan sıvı fazlar filtre edilmiş ve döner buharlaştırıcı yardımıyla etanol ekstraktan uzaklaştırılmıştır.

Konsantre ürün 7.5 mL'ye su ile tamamlanmış üzerine 2.5 mL asetonitril eklenmiştir. Örnekler 0.45 µm'lik filtreden geçirilerek viallere doldurulmuş ve refraktif indeks (RI) dedektör ile kombine HPLC sistemine (Waters Alliance) verilmiştir.

Mercimek Liflerinin Teknolojik ve Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi

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

Yoğunluk ve Birim Yoğunluğu

10 mL'lik mezür içerisine belirli bir hacim ölçü değerine kadar (5 ml) izole liflerden konulmuş, bu mezür tartılarak liflerin yoğunluğu g/mL olarak ifade edilmiştir [15].

Birim yoğunluğu içinse; 2 g diyet lifi şırınga içerisine yerleştirilmiştir. Şırınga içerisindeki lif piston yardımı ile basınç uygulanarak sıkıştırılmıştır. Şırıngada sıkışan lifin volumetrik ölçümü kaydedilmiştir. Birim yoğunluk g/mL cinsinden ifade edilmiştir [15].

Su Tutma Kapasitesi

Örnekler nem içeriklerinin düşürülmesi amacıyla 12 saat süreyle 95°C etüvde bekletilmiş, ardından desikatörde soğutulmuştur. Kurutulan örneklerden 50 mL'lik santrifüj tüpüne 1.00±0.01 g alınmış, 30 mL distile su eklenerek 6 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. 6 saat sonra santrifüj tüpündeki örnekler 14000xg de 1 saat santrifüj edilmiştir. Sıvı faz tartılarak su tutma kapasitesi; örnek miktarı (g) başına tutulan su miktarı (g) olarak ifade edilmiştir [18].

Yağ Tutma Kapasitesi

Örnek (4.00±0.01 g) 24 mL mısır özü yağı ile 30 dakika vorteks karıştırıcıda 1800 rpm'de karıştırılmıştır. Karışım 1600xg'de 25 dakika santrifüjlenerek sıvı kısmın hacmi ölçülmüştür. Yağ bağlama kapasitesi g örnek başına tutulan g yağ olarak ifade edilmiştir [10,19, 20].

Emülsiyon Oluşturma Kapasitesi

Yüzde 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 3000xg'de 5 dakika

santrifüjlenerek son emülsiyon hacimleri ölçülmüştür. Emülsiyon oluşturma kapasitesi emülsifiye haldeki hacmin santrifüj tüpü içerisindeki mevcut hacime oranı esas alınarak yüzdesel olarak ifade edilmiştir [21].

Şişme Kapasitesi

Örnek (500 mg) 50 mL'lik mezüre tartılmış ve 12 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Şişme kapasitesi; tutulan su hacminin (mL) örnek ağırlığına (g) oranı olarak ifade edilmiştir [15].

Mercimek Unlarının ve İzole Edilen Diyet Liflerinin Termal Özelliklerinin DSC ile İncelenmesi

Mercimek unlarının ve diyet liflerinin jelleşme özellikleri DSC (Diferansiyel taramalı kalorimetre) (TA Instruments Q10, ABD) cihazı ile incelenmiştir. Termal özelliklerin 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 tavacıklar analiz öncesi 1 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 10°C/dakika ısıtma hızıyla 20°C'den 100°C'a ısıtılarak termogramları elde edilmiştir. Referans olarak boş ve hermetik olarak kapatılmış alüminyum tavacık kullanılmıştır. Elde edilen termogramlarda örneklere ait jelatinizasyon endotermik piklerinden yararlanılmış, başlangıç (T_0), pik (T_p) sıcaklıkları ile pikin altında kalan alandan entalpi değerleri (ΔH) hesaplanarak termogramlar değerlendirilmiştir [22].

İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel değerlendirmeler Minitab yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma verilerine tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış, 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 ± standart sapma olarak verilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mercimeklerin Kompozisyonları

Yeşil (YM) ve kırmızı mercimeğe (KM) ait toplam nem, kül, protein ve yağ analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yeşil ve kırmızı mercimek kompozisyonları (%)

Örnek	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat*(%)
Yeşil mercimek	8.21±0.27	2.50±0.41	22.43±0.17	1.67±0.17	65.19±0.00
Kırmızı mercimek	8.29±0.06	2.26±0.20	23.85±0.08	2.18±0.17	63.42±0.00

* Hesap yoluyla elde edilmiştir. % Karbonhidrat = 100-(%nem+%kül+%protein+%yağ)

Mercimeklerin nem değerleri %8.21-8.29 aralığında bulunmuştur. Yeşil mercimek protein değeri %22.43, kırmızı mercimek protein değeri ise %23.85 olarak hesaplanmıştır. Yağ miktarı, yeşil mercimek için (%1.67)

kırmızı mercimeğe (%2.18) göre daha düşük bulunmuştur. Kül miktarı ise %2.26-2.50 aralığında değişim göstermiştir. Hesap yoluyla bulunan

karbonhidrat içeriği ise %63.42-65.19 aralığında değişim göstermiştir.

Yeşil mercimek ve kırmızı mercimeklerin çözünür (ÇDL), çözünür olmayan (ÇODL) ve toplam diyet lifi (TDL)

içerikleri incelendiğinde kırmızı mercimeğin ÇDL, ÇODL ve TDL değerlerinin yeşil mercimeğe göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Yeşil ve kırmızı mercimeklerin diyet lifi içerikleri* (%)

Örnek	ÇODL (%)	ÇDL (%)	TDL (%)
Yeşil mercimek	13.07±0.08	1.63±0.02	14.72±0.02
Kırmızı mercimek	15.21±0.07	1.68±0.01	16.89±0.07

*: ÇODL: Çözünür olmayan diyet lifi, ÇDL: Çözünür diyet lifi, TDL: Toplam diyet lifi

De Almedia Costa ve ark. [3] bu değerlere benzer şekilde mercimek tanelerinin içeriğinde %19 ÇODL ve %1.44 ÇDL bulunduğunu belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise Carbonaro [23] mercimek için ÇODL değerini %13.2 ve ÇDL değerini %1.7 olarak belirtmiştir. Mercimek örneklerinin özellikle çözünür olmayan lif içeriği açısından daha zengin olduğu görülmektedir.

Unların Fiziksel Özellikleri

Mercimeklerin öğütülmesi ile elde edilen unların elek analiz sonuçları yüzdesel olarak ifade edilmiştir. Elek analizi iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 3'te öğütülmüş kırmızı mercimek (KM) ve yeşil mercimek (YM) için elek analiz sonuçları görülmektedir.

Yeşil mercimek unu için en yüksek miktarda un 38-53 µm elekleri arasında toplanmıştır. Kırmızı mercimek unu içinse biraz daha büyük olan 53-106 µm elekleri arasındadır. Buna göre üzerinde birikme olan eleklerin çapları mercimek unlarının boyutlarının dağılım aralığının bir ifadesidir.

Elek analizi ve partikül boyutunun tespiti, diyet liflerinin eldesi aşamalarında tercih edilecek elek çapı için yol gösterici bir analiz olarak değerlendirilebilmektedir. İki çeşit mercimek için ortak partikül boyutu yoğunluklu olarak 53 µm olarak görülmektedir ve diyet liflerinin izolasyon aşamalarında yaş eleme için kullanılan elek boyutu bu nedenle 53 µm olarak seçilmiştir.

Tablo 3. Öğütülerek elde edilen mercimek unlarının elek analizleri

Elek Aralığı (µm)	Elek üstü (g)		Elek Altı (g)		Xi (Kısmi Analiz) %	
	KM*	YM*	KM	YM	KM	YM
850	0.00	0.50	100.00	99.50	0.00	0.50
425	1.50	0.50	98.50	99.00	1.50	0.50
212	12.50	10.00	86.00	89.00	12.69	10.10
106	32.50	33.50	53.50	55.50	37.79	37.64
53	49.00	25.50	4.50	30.00	91.59	45.95
38	4.00	17.00	0.50	13.00	88.89	56.67
0	0.50	13.00	0.00	0.00	100.00	100.00

*YM: Yeşil mercimek, KM: Kırmızı mercimek

Mercimek Liflerinin Eldesi

Kabuk Liflerinin Eldesi

Öğütülen mercimek unlarından kabuk liflerinin eldesi 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 [15].

Yeşil mercimek unlarının (YMU) yaklaşık %6.83'ü 248 µm'den büyük partikül çapına sahiptir ve kabuk lifi olarak değerlendirilmiştir. Kırmızı mercimek unlarının (KMU) ise yaklaşık %5.16'sı 248 µm'den büyük partikül çapına sahiptir ve kabuk lifi olarak ayrılmıştır. Tablo 4'te mercimek unlarının kabuk lifi ve kotiledon unu yüzdeslerini göstermektedir.

Tablo 4. Yeşil mercimek unu ve kırmızı mercimek unu 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

*: YMU: Yeşil mercimek unu, KMU: Kırmızı mercimek unu

Kabuk liflerinin eldesi tamamen mekanik yöntemler ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle mercimek tanelerinin mercimek ununa öğütülmesi aşamaları kabuk diyet lifi verimini etkiler özelliğindedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, mercimek ununun partikül boyutu dağılımı standardize edilmesi gereken önemli bir parametredir.

Bu çalışmada, kabuk liflerinin eldesi olarak tanımlanan ayırma işlemi aslında kabuk diyet liflerini saf bir izolat haline getirmek değil, bütünden ayırarak lifçe zengin bir ürün olarak değerlendirmektir. Söz konusu kabuk diyet lifleri mercimek tanesinin kompozisyon özelliklerini yansıtabilecek şekilde diğer makro bileşenleri içerir özelliğindedir. Kabuk liflerinin ayrıştırılması aşamaları tanenin kotiledon bölümünün kabuk bölümünden ayrı değerlendirilebilmesi açısından önemli görülmektedir.

Kotiledon Liflerinin Eldesi

Mercimeklerin kotiledon bölümünden, iki farklı özellikte, çözünür ve çözünür olmayan diyet lifi elde edilmiştir. Mercimek tanesinin kotiledon bölgesinden elde edilen çözünür ve çözünür olmayan diyet lifi miktarları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Yeşil mercimek kotiledon unu (YMKU) ve kırmızı mercimek kotiledon unu (KMKU)'dan elde edilen diyet lifi içerikleri* (%)

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 ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0.05). ÇODL: Çözünür olmayan diyet lifi, ÇDL: Çözünür diyet lifi

Yeşil mercimek kotiledon unlarından ayrılan ikincil nişasta miktarı %32.14, kırmızı mercimek unlarından ayrılan ikincil nişasta miktarı ise %15.62'dir. Kırmızı ve yeşil mercimek kotiledon unu örneklerinden ikincil nişasta eldesi arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve farklılığın önemli olduğu görülmüştür (p<0.05). Dalgetty ve Baik [15] çalışmalarında mercimek kotiledon unundan elde ettikleri ikincil nişasta oranını %28.0 olarak belirtmişlerdir.

Çözünür olmayan diyet lifi için elde edilen miktarlar YMKU'da daha fazla (%1.78) iken, KMKU'da daha düşüktür (%0.62). Kırmızı ve yeşil mercimek kotiledon unu örneklerindeki çözünür olmayan diyet lifi miktarları arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve önemli olduğu bulunmuştur (p<0.05).

Çözünür olmayan diyet lifi (ÇODL) eldesi 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 eldesinde, 53 µm'lik yaş eleme aşamasında çözünür bileşenlerin ve içerisindeki 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 ile izolasyon veriminin arttığı görülmüştür.

Çözünür diyet lifi (ÇDL) için elde edilen miktarlar YMKU'da %8.00 iken, KMKU'da %7.08'dir. KMKU ve YMKU'dan çözünür diyet lifi eldesinde örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve önemli bulunmuştur (p<0.05). Dalgetty ve Baik [15] kotiledon bölümünden çözünür diyet lifi elde ederek miktarı %7.4 olarak raporlamışlardır.

Kotiledon bölümünden çözünür diyet liflerinin eldesi aşamalarında ise en önemli nokta protein fraksiyonlarının diyet lifinden uzaklaştırılması, yani izoelektrik pH'ya göre protein çöktürme aşamaları olmuştur. Dalgetty ve Baik [15] yaptıkları çalışmada; en fazla protein çöktürmesini pH 4.0; 6.0 ve 9.0 değerlerinde yakalamışlardır. Buna uygun olarak lif eldesi aşamalarında aynı pH değerleri kullanılmıştır. pH değerlerinin uygulanmasında uygun sıcaklık, optimum bekleme süresi, protein çöktürme aşamalarında uygulanan santrifüj işleminde uygun süre/sıcaklık koşullarının sağlanması diyet lifi eldesinde verimi artırıcı parametrelerdir.

Protein çöktürme işleminde elde edilen proteinlerin özellikleri ve kullanılabilirliği de ayrıca ileride değerlendirilebilir bir konu olarak görülmektedir. Böylece diyet lifi eldesi aşamalarında yan ürün olarak mercimek

proteinlerinin elde edilebilirliği de ekonomik açıdan önemli görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda; mercimek tanesinin kotiledon bölümünün çözünür diyet lifi açısından zengin olduğu sonucuna varılabilir. Mercimek tanesinin kompozisyon analizlerinde tespit edilen yüksek çözünür olmayan diyet lifi içeriğinin ise kabuk diyet liflerinde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır.

Mercimekten Elde Edilen Liflerin Kompozisyonları

Mercimeklerden elde edilen üç farklı diyet lifinin kompozisyonları incelenmiştir. Elde edilen liflerin kompozisyonu aynı zamanda diyet lifi eldesi aşamalarındaki verimliliğin de bir göstergesidir. Tablo 6'da diyet liflerinin kompozisyonları verilmiştir.

Sonuçlar irdelendiğinde; ÇODL fraksiyonlarında her iki mercimek çeşidi için de daha yüksek miktarlarda diyet lifi eldesi mümkün olmuştur. ÇODL fraksiyonunda, yeşil mercimek örneğinde (%72.81), kırmızı mercimeğe (%43.68) kıyasla daha yüksek oranda toplam diyet lifi elde edilebilmiştir. abuk diyet lifi (KDL) fraksiyonlarında; çoğunluğu ÇODL olmak üzere %20.3-23.76 aralığında toplam diyet lifi elde edilebilmiştir. ÇDL fraksiyonlarında ise; en düşük toplam diyet lifi (~ %11) eldesi mümkün olmuştur. Çözünür diyet lifi içeriğinin daha düşük düzeylerde olması nedeniyle bu verimin düşük olması muhtemeldir. Kompozisyonlarda kalan kısmın, baklagillerde yoğun olarak bulunan oligosakkaritler ve bir miktar nişasta olabileceği düşünülmektedir.

Dalgetty ve Baik [15] 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.

Bu kompozisyona sahip, yüksek protein ve kül içeren bir gıda bileşenini izolat olarak tanımlamak yanlış olacağından elde edilen ÇDL ve KDL örneklerinin diyet lifi konsantresi olarak tanımlanmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir. Çözünür olmayan diyet liflerinin diğer bileşen yüzdeleri ise çok daha düşüktür, dolayısıyla kotiledon bölümünden ÇODL eldesi için yapılan işlemlerin başarılı olduğu düşünülebilir. 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 bileşeni olduğu, KDL ve ÇDL liflerinin ise lif konsantresi olarak adlandırılabilirliğini ve buna göre değerlendirilebileceğini söylemek mümkündür.

Tablo 6. Elde edilen diyet liflerinin kompozisyonları*

Örnek		Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ %	ÇODL (%)	ÇDL (%)	TDL (%)
YM	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±0.20 ^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	10.91±0.12 ^a	11.51±0.10 ^c
KM	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 ^b	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	10.58±0.02 ^a	11.06±0.02 ^c

*Değerler ortalama ± standart sapma 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 farklıdır (p<0.05). YM: Yeşil mercimek, KM: Kırmızı mercimek, KDL: Kabuk diyet lifi, ÇODL: Çözünür olmayan diyet lifi, ÇDL: Çözünür diyet lifi

Elde edilen diyet lifi izolatu ve diyet lifi konsantrelerinin kompozisyon özellikleri incelenirken iki farklı mercimek çeşidi arasında da farklılıklar görülmektedir. İzolasyon verimliliği, ÇODL için zaten düşük olan kırmızı mercimekten elde edilen ÇODL'nin de yeşil mercimekten elde edilen ÇODL'ye göre daha az diyet lifi içerdiği görülmektedir.

Mercimek liflerinin kompozisyonu incelendikten sonra lif eldesinin verimliliğini değerlendirmek mümkündür. Yeşil mercimek unu başlangıç diyet lifi içeriği 100 g unda 13.7 g ÇODL ve 1.63 g ÇDL'dir. Kırmızı mercimek için başlangıç diyet lifi içeriği 100 g unda 15 g ÇODL ve 1.68 g ÇDL'dir. Sonuçta izole edilebilen diyet lifi miktarı 100 gr yeşil mercimek unu için 2.55 g ÇODL ve 0.41 g ÇDL iken, 100 g kırmızı mercimek unu için 2.25 g ÇODL ve 0.11 g ÇDL'dir. Verimlilik yeşil mercimekten ÇODL eldesinde %19.5, ÇDL eldesinde ise %25.4'dür. Kırmızı mercimekte ise ÇODL eldesinde verim %14.8 iken, ÇDL

eldesinde ise %6.4'dür. Yeşil mercimekten lif eldesindeki verim, kırmızı mercimekten lif eldesine göre daha yüksek bulunmuştur.

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, stakiyoz).

Örneklerin etanolde çözünür şeker içeriği g/100 g cinsinden Tablo 7'de gösterilmektedir. Örnekler HPLC sistemine iki paralel olarak verilmiş, sonuçların ortalaması alınmıştır.

Tablo 7. Mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin etanolde çözünür şeker içeriği (g/100 g örnek)

Örnek	Fruktoz	Glukoz	Maltoz	Sakkaroz	Rafinoz	
YM	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
KM	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

YM: Yeşil mercimek, KM: Kırmızı mercimek, YMU: yeşil mercimek unu, KMU: kırmızı mercimek unu, KDL: Kabuk diyet lifi, ÇODL: çözünür olmayan diyet lifi, ÇDL: çözünür diyet lifi.

Bu çalışmada, örneklerin kromatogramları ve şeker içerikleri arasında farklılıklar görülmektedir. Yeşil mercimek grubu örnekler için YMU ve KDL örneklerinde glukoz, fruktoz, sakkaroz ve maltoz tespit edilirken, ÇODL ve ÇDL örneklerinde ise yalnız rafinoz ve sakkaroz tespit edilmiştir. Bu durumda diyet liflerinin disakkaritleri ve oligosakkaritleri içerdikleri, monosakkarit bileşenleri ise iz miktarda içerdikleri kabul edilebilir. Kırmızı mercimek grubu örneklerde 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. Glukoz içeriği her iki mercimek örnek grubu için de ihmal edilebilecek düzeyde düşüktür. Berrios ve ark. [7] benzer şekilde

mercimek unlarında glukoza iz miktarda tespit etmişlerdir.

Rafinoz ve stakiyoz baklagillerde yüksek oranlarda görülen oligosakkarit çeşitleridir [7,24]. Mercimeklerin oligosakkarit içeriği pek çok araştırmacı tarafından probiyotik özellikleri ile ilişkilendirildiğinden bu çalışmada tespit edilebilen yüksek rafinoz içeriği mercimek unlarının ve izole edilen çözünür diyet liflerinin sağlık üzerine olumlu etkileri hakkında öngörülebilir 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 rafinoz 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 ark. [17] 100 g mercimek içerisindeki fruktoz, maltoz, sakkaroz ve rafinoz miktarlarını sırasıyla 0.034 g, 0.196 g, 1.425 g ve 0.732 g olarak belirtmişlerdir.

Genel olarak mercimek unlarının ve izole edilen diyet liflerinin iz miktarda monosakkarit, az miktarda disakkarit ve yüksek miktarlarda oligosakkarit içerdiği tespit edilmiştir. Mercimeklerin şeker içeriğinde 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.

Mercimek Liflerinin Fonksiyonel ve Teknolojik Özellikleri

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 [15] 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 literatürdeki değerlere 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.

Sonuçlar açıkça göstermektedir ki, kabuk lifleri ve ÇDL'ler daha yüksek yoğunluktadır. Bu farklılığa kabuk lifleri ve çözünür diyet liflerinin kompozisyonunda daha yüksek oranda bulunan protein içeriğinin neden olduğu düşünülebilir.

Su Tutma Kapasiteleri

Su tutma kapasitesi liflerin gıda bileşeni olarak kullanılabilirliğinin bir göstergesidir. Yüksek su tutma kapasitesine sahip liflerin fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanımı, gıdanın viskozitesi artırır ve tekstürel yapısını modifiye edici niteliktedir [5].

Mercimek liflerinin su tutma ve yağ tutma kapasiteleri Tablo 8'de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek su tutma kapasitesi her iki mercimek çeşidi için de çözünür olmayan diyet liflerinde görülmüştür. Su tutma kapasitelerine göre lifler sıralandığında; ÇODL > KDL > ÇDL'dir.

Tablo 8. Elde edilen diyet liflerinin su tutma ve yağ tutma kapasiteleri* (mL/g)

Örnek	Su tutma kapasitesi (mL/g)	Yağ tutma kapasitesi (mL/g)
YM	KDL	1.46 ± 0.03 ^b
	ÇODL	13.17 ± 0.29 ^a
	ÇDL	0.53 ± 0.06 ^c
KM	KDL	3.30 ± 0.10 ^b
	ÇODL	17.56 ± 0.50 ^a
	ÇDL	0.12 ± 0.04 ^c

*Değerler 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). YM: Yeşil mercimek, KM: Kırmızı mercimek, KDL: Kabuk diyet lifi, ÇODL: çözünür olmayan diyet lifi, ÇDL: çözünür diyet lifi.

Su tutma kapasitesi, yeşil mercimek kabuk lifi için 4.26 mL/g, çözünür olmayan diyet lifi için 13.17 mL/g ve çözünür diyet lifi için ise 0.53 mL/g olarak ölçülmüştür. Kırmızı mercimekte ise kabuk lifi için 3.30 mL/g, çözünür olmayan diyet lifi için 17.56 mL/g ve çözünür diyet lifi için ise 0.10 mL/g olarak ölçülmüştür.

Dalgetty ve Baik [15] 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. Sonuçlar literatürde elde edilen sonuçlara göre biraz daha yüksektir. Mercimek çeşitleri ve yetiştirilme koşulları bu farklılığa neden olabileceği düşünülmektedir. Yeşil mercimek ÇODL'lerin su tutma kapasitesi kırmızı mercimek ÇODL'lerin su tutma kapasitesine göre düşük kalmaktadır.

Çözünür diyet liflerinin su içerisinde kayıba uğradığı ve düşük su tutma kapasitesine sahip oldukları görülmüştür. Viskozite ve tekstür özelliklerinin

geliştirilmesi için mercimek liflerinin gıda bileşeni olarak kullanımı söz konusu olduğunda çözünür olmayan diyet liflerinin daha iyi sonuçlar vereceği ön görülmüştür.

Yağ Tutma Kapasiteleri

Yağ tutma kapasitesi özellikle porozite ile ilgilidir ancak bunun yanı sıra diyet liflerinin hidrofilik yapısı, bileşenlerinin orijini ve elektriksel yük yoğunluğu ile de ilişkilendirmek mümkündür [5].

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 [15]. Tablo 8'den görüldüğü üzere yağ tutma kapasitesi her iki mercimek çeşidi için de ÇODL'de daha yüksek bulunmuştur. Yeşil mercimek için yağ tutma kapasitesi KDL, ÇODL ve ÇDL için sırasıyla; 1.46 g/g, 3.41 g/g ve 1.12 g/g olarak bulunmuştur. Kırmızı mercimek için ise

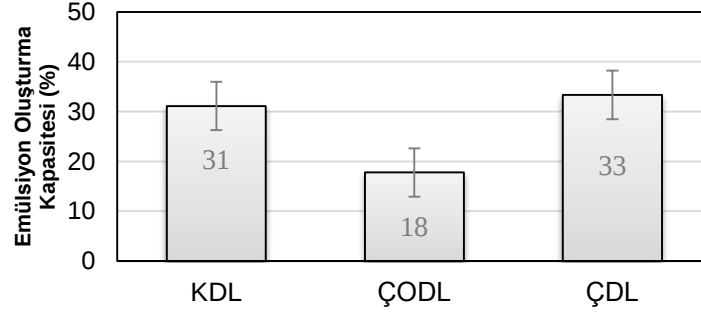
için yağ tutma kapasitesi KDL, ÇODL ve ÇDL için sırasıyla; 1.59 g/g, 4.25 g/g ve 0.98 g/g olarak bulunmuştur.

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 [5]. Mercimek liflerinin söz konusu emulsifiye edici özellikleri geliştirmek amacıyla gıda bileşeni olarak

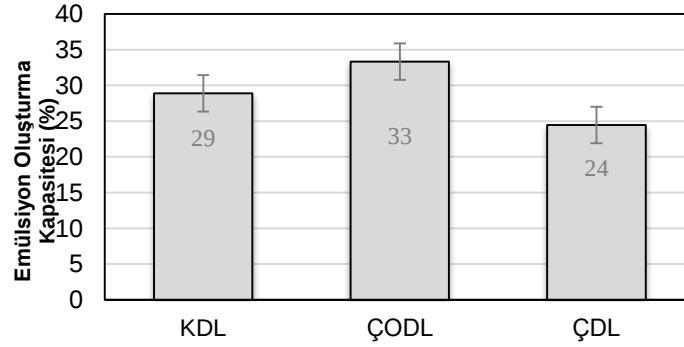
kullanımı için çözünür olmayan diyet liflerinin kullanımının daha uygun olduğu görülmüştür.

Emülsiyon Oluşturma Kapasiteleri

Emülsiyon oluşturma kapasiteleri mercimek liflerinde düşük bulunmuştur. Şekil 2'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 2. Elde edilen yeşil mercimek liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitesi (%).



Şekil 3. Elde edilen kırmızı mercimek liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitesi (%)

Şekil 2 ve 3'te görüldüğü üzere yeşil mercimek örnek grubunda KDL, ÇODL ve ÇDL örneklerinin emülsiyon kapasitesi sırasıyla; %31, 18 ve 33 olarak tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek örnek grubunda ise KDL, ÇODL ve ÇDL örneklerinin emülsiyon kapasitesi sırasıyla; %29, 33 ve 24 olarak tespit edilmiştir. Kırmızı mercimekten elde edilen ÇODL'nin emülsiyon oluşturma kapasitesi diğer liflere göre daha yüksek bulunmuştur. Emülsiyon oluşturma kapasiteleri; ÇODL > KDL > ÇDL'dir.

Şişme Kapasiteleri

Şişme özellikleri diyet liflerinin insan sindirim sistemindeki özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Şişme özellikleri incelendiğinde; ÇODL fraksiyonlarının daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Çözünür özellikte olmaları 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 [15] 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 önce yapılmış çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur.

Mercimek Unlarının ve İzole Edilen Diyet Liflerinin Termal Özellikleri

Mercimek unlarının ve izole edilen liflerinin termal özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) kullanılarak incelenmiştir. DSC termogramlarında iki ayrı endotermik geçiş gözlenmektedir. 59-60°C civarında gözlenen termal geçiş nişasta jelatinizasyonuna ait geçiştir. 70-75°C civarında gözlenen ikinci pik ise lif jelleşmesine ait geçiş piki olarak tespit edilmiştir.

Yeşil mercimek unları ve liflerinin jelleşme sıcaklıkları (T_0 ve T_p) ile jelleşme entalpi değerleri (ΔH) Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Yeşil mercimek unu ve liflerin DSC ile elde edilen jelleşme özellikleri*

Örnek		T ₀	T _p	ΔH (J/g)
YM	YMU	62.60 ± 0.04 ^a	69.29 ± 1.38 ^a	424.10 ± 40.90 ^b
	KDL	70.83 ± 0.08 ^{ab}	71.95 ± 0.41 ^a	38.03 ± 0.52 ^c
	ÇODL	69.50 ± 0.30 ^{ab}	72.37 ± 0.88 ^a	708.80 ± 47.70 ^a
	ÇDL	75.47 ± 0.04 ^b	76.72 ± 6.99 ^a	26.90 ± 2.90 ^c

*Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0.05). T₀: Başlangıç sıcaklığı, °C, T_p: Tepe (pik) sıcaklığı, °C, ΔH: Geçiş entalpisi, J/g, YM: Yeşil mercimek, YMU: Yeşil mercimek unu, KDL: Kabuk diyet lifi, ÇODL: Çözünür olmayan diyet lifi, ÇDL: Çözünür diyet lifi

Yeşil mercimek unu ve liflerinin pik sıcaklıkları 62.50-76.72°C arasında değişkenlik göstermiştir. İstatistiksel olarak jelleşme sıcaklıklarının çeşitler arasında değişimi önemli bulunmazken, geçiş entalpileri arasındaki fark önemli görülmüştür (p<0.05). En yüksek entalpi değeri ÇODL jelleşmesi için elde edilirken, en düşük entalpi

değeri ÇDL jelleşmesinde görülmüştür. ÇDL en geç jelleşme başlangıç sıcaklığını gösteren lif çeşididir.

Kırmızı mercimek unu ve liflerinin jelleşme sıcaklıkları (T₀ ve T_p) ile entalpi değerleri (ΔH) Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. Kırmızı mercimek unu ve liflerinin DSC ile elde edilen jelleşme özellikleri*

Örnek		T ₀	T _p	ΔH (J/g)
KM	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	384.7 ± 29.6 ^a
	ÇDL	69.50 ± 0.04 ^b	73.90 ± 2.86 ^a	239.10 ± 29.80 ^a

*Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0.05). T₀: Başlangıç sıcaklığı, °C, T_p: Tepe (pik) sıcaklığı, °C, ΔH: Geçiş entalpisi, J/g, KM: Yeşil mercimek, KMU: Kırmızı mercimek unu, KDL: Kabuk diyet lifi, ÇODL: Çözünür olmayan diyet lifi, ÇDL: Çözünür diyet lifi.

Kırmızı mercimek unu ve liflerinin pik sıcaklıkları 69.50-78.00°C arasında değişkenlik göstermiştir. İstatistiksel olarak jelleşme başlangıç sıcaklıkları (T₀) arasındaki fark önemlidir (p<0.05). Kırmızı mercimekten elde edilen ÇDL için jelleşme sıcaklığı önemli düzeyde düşüktür. Jelleşme pik sıcaklıkları (T_p) için sonuçlar arası istatistiksel fark önemsizdir. Entalpi değerlerinde (ΔH) ise fark önemlidir (p<0.05). En yüksek entalpi değeri kırmızı mercimek numunelerinde yeşil mercimek numunelerinde de olduğu gibi ÇODL'lerde görülmektedir, en düşük entalpi değişimi ise KMU'ya aittir.

DSC polisakkaritlerin jelleşme özellikleri hakkında yararlı bir termodinamik analiz yöntemidir. Koloidal bir çözelti (sol veya solution) halinden, kimyasal çapraz bağlarla veya zayıf hidrojen bağları ve elektrostatik etkileşimlerle jel yapısının kurulması haline geçişe, jel/çözelti geçişi denir. DSC 'de jel/çözelti geçişleri sırasında oluşan endotermik piklerin ölçülmesi yapısal alanların erimesinin göstergesidir. Görülen erime entalpi değerleri (ΔH) keşme noktalarında hidrojen bağlarının bozulması için gerekli enerji miktarıdır ve kesişim veya kavşak bölgelerinin yoğunluğuna bağlıdır. Bu durumda elde edilen endotermik piklerin ve erime sıcaklığının bir materyalin jelleşme özellikleri hakkında bilgi verdiğini söylemek mümkündür [25].

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 [26].

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 [27].

Li ve ark. [28] buğday içeriğindeki 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 düşen molekül ağırlığı ile de açıklamak mümkündür.

Zhang ve ark. [29] yulaf liflerinin termal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada çözünür diyet liflerinin jelleşme sıcaklıklarını T₀: 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.

SONUÇ

Yeşil mercimeğin %6.83'ü kabuk diyet lifi, %1.61'i çözünür olmayan kotiledon diyet lifi, %7.23'ü çözünür kotiledon diyet lifi olarak elde edilmiştir. Kırmızı

mercimeğin ise; %5.16'sı kabuk diyet lifi, %0.56'sı çözünür olmayan kotiledon diyet lifi, %6.45'i çözünür kotiledon diyet lifi olarak elde 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.

Çözünür baklagil diyet liflerinin püskürtmeli kurutucu ile eldesi literatürde benzeri olmayan bir çalışmadır. Çözünür fraksiyonun püskürtmeli kurutucu öncesi ve sonrasında kompozisyonunun, 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.

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 bileşeni olduğu, KDL ve ÇDL liflerinin ise konsantre olarak adlandırılabilirliğini ve buna göre değerlendirilebileceğini söylemek mümkündür.

Fonksiyonel özelliklerin incelenmesi kapsamında diyet liflerinin; su bağlama kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, şişme kapasitesi ve emülsiyon oluşturma kapasitesi 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 bulunmuş ancak çözünür kotiledon diyet liflerinin emülsiyon oluşturma kapasitelerinin çözünür olmayan kotiledon diyet lifleri ve kabuk diyet liflerine göre daha yüksek belirlenmiştir.

Mercimek liflerinin fonksiyonel özellikleri arasında listelenebilecek olan ve gıda bileşeni olarak kullanımı açısından çok önemli görülen sulu çözeltide 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.

Ülkemizde mercimeğin ekonomik bir hammadde olması, mercimek tanelerinin lif eldesini zorlaştıracak düzeyde yağ içermemeleri, mercimek diyet liflerinin az düzeyde enzim ve pek çok mekanik yöntem ile bütünden kolayca ayrılabilir olması, çalışmada kullanılan yöntemlerin ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak mercimek diyet liflerinin tercih edilebilirliğinin göstergesidir. Mercimek hammaddesinin önemli bileşenlerinin (lif, protein, nişasta gibi) ayrıştırılarak katma değeri yüksek, fonksiyonel özellikler açısından çeşitli gıda formülasyonlarında tercih edilebilecek gıda bileşenlerinin ülkemizde üretilmesi, besleyici özelliği yüksek olan mercimeğin endüstriyel ölçekte kullanım alanını da arttıracaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, "Bakliyat İle Sağlıklı Beslenme Sağlıklı Hayat (Platformu ve Atölyesi)" İSTKA projesi (TR10/15/YNK/004) kapsamında gerçekleştirilmiştir. İstanbul Kalkınma Ajansı'na, Tarım Ürünleri, Hububat, Bakliyat İşleme ve Paketleme Sanayicileri Derneği (PAKDER)'ne, Prof. Dr. Dilek Boyacıoğlu'na ve Gıda Yüksek Mühendisi Nalan Demir'e desteklerinden ötürü teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- [1] 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.
- [2] Derbyshire, E. (2011). The Nutritional Value of Whole Pulses and Pulse Fractions. In: Pulse Foods Processing, Quality and Nutraceutical Applications, Edited by B. Tiwari, A. Gowen, & B. McKenna. Academic Press; San Diego, CA: pp. 363-383.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Anderson, J.W., Story, L., Sieling, B., Chen, W.J.L. (1984). Hypocholesterolemic effects of high-fibre diets rich in water-soluble plant fibres. *Journal of the Canadian Dietetic Association*, 47, 140-148.
- [9] Lattimer, J.M., Haub, M.D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2(12), 1266-1289.
- [10] Abdul-Hamid, A., Luan, Y.S. (2000). Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68(1), 15-19.
- [11] Khan, A.R., Alam, S., Ali, S., Bibi, S., Khalil dan, I.A. (2007). Dietary Fiber Profile of Food Legumes. *Sarhad Journal of Agriculture*, 23(3), 763-766.
- [12] 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.
- [13] Meuser, F., Pahne, N., Möller M. (1997). Yield of starch and by-products in the processing of

- different varieties of wrinkled peas on a pilot scale. *Cereal Chemistry*, 74, 364-370.
- [14] Otto, T., Baik, B.K., Czuchajowska, Z., 1997. Microstructure of seed, flours, and starches of legumes. *Cereal Chemistry*, 74, 445-451.
- [15] Dalgetty, D.D., Baik, B.K. (2003). Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils, and chickpeas. *Cereal Chemistry*, 80(3), 310-315.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] McConnell, A.A., Eastwood, M.A., Mitchell, W.D. (1974). Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25, 1457-1461.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] Kaur, A., Singh, N., Ezekiel, R., Sodhi, N.S. (2009). Properties of starches separated from potatoes stored under different conditions. *Food Chemistry*, 114(4), 1396-1404.
- [23] Carbonaro, M. (2011). Role of Pulses in Nutraceuticals. In: Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications. Edited by: B. Tiwari, A. Gowen, & B. McKenna. Academic Press; New York: pp.385-418.
- [24] Han, I.H., Baik, B.K. (2006). Oligosaccharide content and composition of legumes and their reduction by soaking, cooking, ultrasound and high hydrostatic pressure. *Cereal Chemistry*, 83, 428-433.
- [25] 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.
- [26] Miao, M., Zhang, T. Jiang, B. (2009). Characterisations of kabuli and desi chickpea starches cultivated in China. *Food Chemistry*, 113, 1025-1032.
- [27] Lazaridou, A., Biliaderis, C.G., Izydorczyk, M.S. (2003). Molecular size effects on rheological properties of oat beta-glucans in solution and gels. *Food Hydrocolloids*, 17(5), 693-712.
- [28] Li, W., Cui, S.W., Kakuda Y. (2006). Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β-glucans. *Carbohydrate Polymers*, 63, 408-416.
- [29] 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.