

ŞEKER PANCARI BESİNSEL LİFİNİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE FARKLI EKSTRAKSİYON UYGULAMALARI VE MİKRONİZASYONUN ETKİLERİ

Ayla Hañçer¹, İhsan Karabulut^{*2}

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Gürün Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gürün, Sivas, Türkiye

² İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

Geliş / *Received*: 01.02.2019; Kabul / *Accepted*: 09.05.2019; Online baskı / *Published online*: 19.06.2019

Hañçer, H., Karabulut, İ. (2019). Şeker pancarı besinsel lifinin fonksiyonel özellikleri üzerine farklı ekstraksiyon uygulamaları ve mikronizasyonun etkileri. *GIDA* (2019) 44 (3): 498-512 doi: 10.15237/gida.GD19031

Hañçer, H., Karabulut, İ. (2019). Effects of different extraction treatments and micronization on the functional properties of sugar beet dietary fibre. GIDA (2019) 44 (3): 498-512 doi: 10.15237/gida.GD19031

ÖZ

Bu çalışmanın amacı besinsel lif elde etme ekstraksiyon uygulamaları ve mikronizasyon işlemlerinin şeker pancarı besinsel lifinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini belirlemektir. Çözünmez besinsel lif ekstraksiyonu su, etil alkol ve alkali çözelti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen toz yapının mikronize edilmesinde 100 MPa basınçta çalışan yüksek basınç homojenizatörü (YBH) kullanılmıştır. Mikronize ve liyofilize edilen besinsel lif örneklerinin fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Ekstraksiyon uygulamaları ve mikronizasyon işleminin besinsel lifin fonksiyonel özelliklerinde önemli farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır ($P < 0.05$). Partikül iriliği bakımından en büyük YBH etkisi su ile ekstrakte edilen örneklerin 5 kez yüksek basınç uygulamasından geçirilmesi ile sağlanmıştır [d(0.9) değeri 1049'dan 156 μm 'ye düşmüş ve spesifik yüzey alanı 0.0318'den 0.149 m^2/g 'a yükselmiştir]. Suyla ekstrakte edilen ve YBH ile mikronize edilen örneğin şişme, su ve yağ tutma kapasiteleri diğer uygulamalarla elde edilenlere kıyasla daha üstün bulunmuştur. Bu besinsel lif örneklerinin düşük kalorili gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılabilirliği önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Şeker pancarı, besinsel lif, mikronizasyon, partikül boyutu, su tutma kapasitesi

EFFECTS OF DIFFERENT EXTRACTION TREATMENTS AND MICRONIZATION ON THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF SUGAR BEET DIETARY FIBRE

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effect of dietary fibre (DF) extraction treatments and micronization on functional properties of sugar beet DF. Extraction of the insoluble DF fraction was performed with distilled water, ethyl alcohol (95%) and alkali solution. High pressure homogenizer (HPH) working at 100 MPa pressure was used to micronize the powder structure. Functional properties of micronized and lyophilized dietary fiber samples were investigated. The extraction treatments and micronization process were found to have significant differences on the functional properties of dietary fiber ($P < 0.05$). The greatest HPH effect was observed in water extracted sample after 5 cycles in terms of particle size [d(0.9) value decreased from 1049 (pulp) to 156 μm and specific surface area increased from 0.0318 to 0.149 m^2/g]. The swelling, water and oil retention capacities of the water extracted and HPH micronized sample were superior to those obtained with other applications. It can be suggested that this dietary fiber sample can be used as an additive in low-calorie foods.

Keywords: sugar beet, dietary fibre, micronization, particle size, water holding capacity

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ ihsan.karabulut@inonu.edu.tr

☎ (+90) 422 377 47 91

☎ (+90) 422 341 0046

GİRİŞ

Besinsel lifler; insan ince bağırsağında sindirime ve absorpsiyona dirençli, kalın bağırsakta kısmen veya tamamen fermente olabilen bitki veya benzeri karbonhidratların yenilebilen kısımlarıdır (Gómez vd., 2003). Besinsel lifler hem çözünmez hem de çözünür lifleri içermektedir. Temel bileşenler selüloz ve lignindir; fakat aynı zamanda insan sindirim sistemi tarafından sindirilemeyen hemiselülozlar, gamlar, pektinler ve diğer karbonhidratları da kapsamaktadır (Stear, 1990). Son yıllarda, muhtemel yararlı sağlık etkilerine bağlı olarak araştırmacılar ve endüstri tarafından besinsel liflere yönelik artan bir ilgi söz konusudur. Besinsel lifler koroner kalp hastalıkları, mide-bağırsak hastalıkları, diyabet ve obeziteyi önlemeye yardımcı olabilmekte, serum lipit konsantrasyonunu, kan basıncını, diyabet ve bağışıklık fonksiyonunda kan glukoz kontrolünü pozitif bir şekilde etkilemektedir (Redgwell ve Fischer, 2005). Günlük besinsel lif tüketiminin 30-45 g aralığında olması önerilmiştir (Schweizer ve Wursch, 1991). Besinsel lifin sağlık açısından yararları, yüksek lifli gıdaların üretilmesine yönelik çabalara yol açmıştır (Sakhare ve Prabhasankar, 2017). Fizyolojik etkilerinin yanı sıra fonksiyonel ve teknolojik özellikleri (örneğin, jelleştirici ve kıvam arttırıcı özellikleri) nedeni ile besinsel lifler gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Gıda formülasyonlarında kullanımları tekstürün modifiye edilmesini, üretim ve depolama boyunca gıdanın stabilitesinde artışı sağlamaktadır (Thebaudin vd., 1997).

Meyve ve sebze işleme fabrikalarından elde edilen yan ürünlerin besinsel lif ve biyoaktif madde kaynağı olarak kullanımları hem atık yönetimi hem de katma değerli ürünlerin üretimi açısından ilgi çekmektedir (Jongarootaprangsee vd., 2007). Şeker pancarı posası, şeker üretim endüstrisinden elde edilen bir yan üründür. Sakkarozun ekstrakte edilmesi sonrasında suyunun uzaklaştırılması ile elde edilen ham bir materyaldir ve genellikle hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Michel vd., 1988). Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş'nin istatistiklerine göre ülkemizde 2017-2018 döneminde yaklaşık olarak 3.4 milyon ton şeker pancarı posası üretilmiştir (Türkşeker, 2018). Ham şeker pancarı posası %20 selüloz, %25

hemiselüloz ve %25 oranında pektin içermekte ayrıca bileşiminde düşük miktarlarda protein, kül ve lignin bulunmaktadır. Başta pektin olmak üzere bazı polisakkaritler, bir dizi ekstraksiyonla uzaklaştırılarak farklı bileşimlerde kalıntı lif elde edilebilmektedir (Bertin vd., 1988). Uygun mikrobiyolojik özelliklerine ilaveten olumlu duyuşsal, fiziksel ve kimyasal özellikleri bu materyalin değerli bir lif kaynağı olmasını sağlamaktadır. Hububat kepeğine kıyasla şeker pancarı lifi; (i) düşük fitat içeriği ve (ii) daha iyi su bağlama ve tutma kapasitesine sahiptir. Yüksek fitat içeriği mineral absorpsiyonunu olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle beslenme uzmanlarının özel ilgi alanına girmektedir (Filipovic vd., 2007).

Son yıllarda, gıda araştırma ve geliştirme çalışmalarında mikronizasyon uygulaması oldukça ilgi çekmektedir. Gıda araştırmalarında mikronizasyon uygulaması, gıda materyallerinin partikül büyüklüğünü azaltmanın yalnızca bu materyallerin yapısını ve yüzey alanını değiştirmeyeceğini aynı zamanda fonksiyonel özelliklerini de geliştirebileceğini göstermiştir (Chen vd., 2013; Raghavendra vd., 2004; Sangnark ve Noomhorm, 2003). Var olan mikronizasyon teknikleri arasında yüksek basınç homojenizasyonunun en etkili yöntem olduğu saptanmıştır (Chau vd., 2006; Wang vd., 2012). Yüksek basınç homojenizasyonu, kimya, eczacılık, biyoteknoloji ve gıda endüstrisi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Genellikle endüstride kullanılan homojenizasyon basınçları 20 ile 50 MPa arasında değişmektedir (Chen vd., 2018). Yüksek basınç homojenizasyonunun prensibi yüksek basınçlı, hızını büyük ölçüde arttıran dar bir aralık valfi boyunca sıvı materyali akmaya zorlayarak valf aralığında yüksek bir kayma gerilimine ve basınca yol açmasıdır. Aralık çıkışının ardından, akışın kinetik enerjisi türbülans ve kavitasyona dönüştürerek jet püskürtünün akışı bozulmakta ve homojenizatörün iç katı yüzeyine çarpmaktadır (Floury vd., 2004; Dumay vd., 2013). Dolayısıyla, makromoleküller ve akışkan içinde süspanse olmuş partiküller büyük bir mekanik gerilime maruz bırakılmakta, kavisli bir hal almakta, deforme olmakta ve parçalanmaktadır. (Floury vd., 2004; Chen vd.,

2018). Çözünmez besinsel liflerin partikül boyutunun azalması ve mikroyapısındaki değişim, besinsel işlevsellikleri ile yakından ilişkili olan fizikokimyasal özelliklerini de değiştirebilmektedir (Wang vd., 2013). Mikronizasyon aracılığıyla partikül boyutunu azaltmanın, mısır kepeği (Wang vd., 2013), buğday kepeği (Wang vd., 2012), şeftali ve yulaf (Chen vd., 2013) gibi farklı materyallerden elde edilen çözünmez liflerin hidrasyon özelliklerini ve yağ tutma kapasitesini önemli ölçüde geliştirdiği belirtilmiştir. Şeker pancarı lifinin farklı gıda sistemlerinde kullanıldığı çeşitli çalışmalarda partikül boyutunu indirmek amacıyla geleneksel öğütme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir (Vural vd., 2004; Javidipour vd., 2005; Soronja Simovic vd., 2017).

Şeker pancarı çözünmez lifinin karakteristikleri ve fonksiyonel özellikleri üzerine yüksek basınç homojenizasyonu ile mikronizasyonun etkilerini belirleyen bir araştırma mevcut değildir. Bu nedenle üç farklı yöntem kullanmak suretiyle şeker pancarı posasından çözünmez lif elde edilerek yüksek basınç homojenizatörü ile mikronizasyonu ve bu uygulamaların lifli materyalin fonksiyonel özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Şeker ekstraksiyonundan sonra atık olarak elde edilen şeker pancarı posası Malatya Şeker Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Şeker pancarı posası içerisinde bulunan yabancı parçacıkların elle ayrılmasının ardından, oda sıcaklığında kurutulmuş ve kullanılıncaya kadar plastik poşetler içinde derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Kullanılan bütün kimyasallar analitik saflıktadır.

Şeker Pancarı Lifinin Elde Edilmesi

Şeker pancarı posasından besinsel lif içeren örneklerin hazırlanması amacıyla aşağıda tanımlanan yöntemler kullanılmıştır.

Suyla Yıkama

Uygun miktarda posa yaklaşık iki katı kadar distile su içerisinde mutfak tipi parçalayıcı ile 1 dakika süreyle parçalanmış ve karışım filtre edilmiştir.

Parçalama ve filtrasyon işlemi üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen lifli yapı dondurarak kurutucuda kurutulup kullanılıncaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

Etıl Alkol ile Yıkama

Michel vd. (1988) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Uygun miktarda posa iki katı (ağırlık/hacim) %95'lik etil alkol içerisinde mutfak tipi parçalayıcı ile 1 dakika süreyle parçalanmış ve karışım filtre edilmiştir. Parçalama ve filtre etme işlemi üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen lifli yapı oda sıcaklığında kurutulup kullanılıncaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

Islak Fraksiyonlama

Kuan ve Liong (2008) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla 15 g posa örneği (partikül iriliği < 1 mm) üzerine belirli oranda (1:15, ağırlık/hacim) distile su ilave edilip manyetik karıştırıcıda karıştırmaya başlanmıştır. Karışım üzerine yavaş yavaş 1 N NaOH ilave etmek suretiyle karışımın pH değeri 11'e ayarlanarak 1 saat süreyle 500 rpm'de karıştırılmıştır. Süre sonunda karışım filtre edilmiş ve 5 kez 500 mL distile su ile yıkanmıştır. Yıkama ve filtrasyon sonrası elde edilen lifli yapı dondurarak kurutucuda kurutulup kullanılıncaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

Mikronize Edilmemiş Şeker Pancarı Lifinin Hazırlanması

Üç farklı uygulama sonucu elde edilen lifli materyallerin (SK, EK ve AK) mutfak tipi kahve öğütücüsünde öğütülüp 250 µm'lik elekten geçirilmesi sonucu yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmeyen lif örnekleri elde edilmiştir ve kullanılıncaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

Şeker Pancarı Lifinin Mikronize Edilmesi

Şeker pancarı posasından üç farklı yöntemle elde edilen lifli materyaller, yüksek basınç homojenizatöründen (SUFLUX, ISA-NLM 100 Nano Disperser) geçirilerek boyut küçültme

(mikronize etme) işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla, belirli miktarda örnek üzerine distile su ilave edilip (1:75, ağırlık/ağırlık) örnek süspansiyonu edilmiş ve ardından yüksek devirli parçalayıcıdan (Ultra Turrax T25, IKA-WERKE, Germany) 5 dakika süreyle geçirmek suretiyle bir ön boyut küçültme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örnek yüksek basınç homojenizatöründen ortalama 100 MPa basınçta 5 kez geçirilerek boyut küçültme işlemi uygulanmış ve elde edilen yapı dondurarak kurutucuda kurutulmuştur. Kahve öğütücüsünde 2 dakika süreyle öğütülerek toz haline getirilmiş ve böylece mikronize edilmiş şeker pancarı lifi örnekleri (S, E, A) elde edilmiştir. Bu örnekler kullanılmaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

Kimyasal Analizler

Nem, Protein, Yağ ve Kül

AOAC (1997) metotları kullanılarak Kjeldahl yöntemi ile protein miktarı (method 954.01), Soxhlet ekstraksiyonu (hegzan) ile yağ miktarı

(method 920.39), nem miktarı (method 925.09) ve kül miktarı (method 923.03) belirlenmiştir.

Toplam, Çözünmez ve Çözünür Lif Tayini

Elde edilen lifli materyallerin toplam besinsel lif miktarı AACC (1990)'e göre belirlenmiştir. Örnekler, nişasta ve proteinin uzaklaştırılması amacıyla ısıya dirençli α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimlerinin art arda kullanıldığı bir enzimatik parçalama işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu işlemin ardından enzimlerle parçalanmış olan materyaller, filtrasyon öncesi çözünür besinsel lifi çöktürmek için alkol ile muamele edilmiş ve filtrasyon sonrasında toplam besinsel lif kalıntısı sırasıyla % 95'lik etanol, % 78'lik etanol ve aseton ile yıkanmıştır. Ardından örnekler 103 °C'deki etüvde kurutulmuş ve son ağırlık belirlenmiştir.

Toplam besinsel lif miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmış, ayrıca kül ve protein düzeltilmesi yapılmıştır.

$$TBL (\%) = \frac{[(\text{Kurutma sonrası kroze} + \text{örnek ağırlığı}) - (\text{Kroze ağırlığı})]}{\text{Örnek miktarı}} * 100$$

Çözünmez lif tayininde alkol ile presipitasyon aşaması hariç yukarıdaki prosedür uygulanmıştır. Çözünür lif miktarı, toplam lif miktarından çözünmez lif miktarının çıkarılması suretiyle hesaplanmıştır.

Partikül İriliği

Şeker pancarı posasından elde edilen taneciklerin partikül iriliği ve dağılımını belirlemede lazer ışığı saçılma prensibine göre çalışan ve 0.02-2000 μm arası boyutu ölçebilen Malvern Mastersizer 2000 (Malvern Instruments LTD.UK) kullanılmıştır. Üç farklı yöntemle elde edilen örnekler distile su ile süspansiyonu edilip 5 dakika boyunca yüksek devirli parçalayıcı ile homojenize edilmiş (0 geçiş), ardından bu örnekler yüksek basınç homojenizatöründen 7 kez geçirilmek suretiyle 1, 3, 5 ve 7. geçişler sonunda elde edilen örnekler partikül iriliği analizinde kullanılmıştır.

Fonksiyonel Özellikler

Şişme Kapasitesi

Şişme kapasitesi belirli miktardaki lifin uygulama koşullarında şişerek kapladığı hacim olarak ifade edilmektedir. Yaklaşık 1 g lif örneği, 25 mL'lik ölçü silindiri içerisindeki 20 mL suda spatül yardımıyla yavaşça karıştırılarak hapsedilmiş hava kabarcıklarının elimine edilmesi sağlanmış ve silindirin üstü parafilmle kaplanarak oda sıcaklığında hidrate olması için bir gece bekletilmiştir. Sonuçlar şişen hacim mL/g kuru lif olarak ifade edilmiştir (Wang vd., 2012).

Su Tutma Kapasitesi

Yaklaşık 1 g lif örneği üzerine 10 mL saf su ilave edilerek 1 dk süresince karıştırılmış ve ardından 2200 g'de 30 dk santrifüj edilerek üstte kalan kısmın hacmi belirlenmiştir. Sonuçlar g tutulan su/g lif olarak ifade edilmiştir (Kuan ve Liong, 2008).

Yağ Tutma Kapasitesi

Yaklaşık 1 g lif örneği üzerine 10 mL sıvı yağ (ayçiçek yağı, $d=0.917$ g/mL) ilave edilerek 1 dk süresince karıştırılmış ve ardından 2200 g'de 30 dk santrifüj edilerek üstte kalan kısmın hacmi belirlenmiştir. Sonuçlar g tutulan yağ/g lif olarak ifade edilmiştir (Kuan ve Liong, 2008).

Yoğunluk

10 mL hacimli ölçü silindirene doldurulan liflerin ağırlığının hacmine oranı saptanmıştır.

Viskozite

Frost vd. (1984) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Bu amaçla, %1, 2, 3, 4 ve 5 oranlarında lif örneği yavaş bir şekilde distile suya ilave edilmiş ve karışım mutfak tipi karıştırıcıda 1 dk süreyle karıştırılmıştır. Çözelti, dengeye ulaşması ve sıkışmış olan havanın sızması amacıyla oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra Brookfield DV-II vizkometre (Brookfield Engineering Laboratories Inc., USA) (spindle no.4) kullanılarak viskozite ölçümü gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Her deney en az iki paralelli olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Uygulamalar içinde ve arasındaki farklılıklar SPSS 22.0 kullanılarak One-Way ANOVA (tek yönlü varyans analizi) ile incelenmiş ve çoklu karşılaştırma amacıyla Tukey testi uygulanmıştır. Sonuçlar ($P < 0.05$) önem seviyesinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Nem, Protein, Yağ ve Kül Miktarı

Şeker pancarı posası ve lif örneklerinin nem, protein, yağ ve kül içeriklerine ait değerler Çizelge 1'de sunulmuştur. Bu çalışmada, üç farklı uygulama sonucu elde edilen lifli materyallerin posaya göre önemli düzeyde yüksek nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Kullanılan suyun miktarı ve uygulamadaki farklılıklara bağlı olarak son ürünlerdeki nem değerleri farklı bulunmuştur. Ancak saptanan nem değerleri, besinsel lif için tavsiye edilen 9 g/100 g'lık sınır değer (Larrauri, 1999) altındadır ve lif

örneklerinin depolanması için uygun koşulları sağlamaktadır (Resende vd., 2019). Lif örneklerinin protein, yağ ve kül miktarları kuru madde bazında sırasıyla %7.17-9.38, %0.32-0.68, %2.96-6.03 değerleri arasında değişmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar söz konusu bileşenlerin tahrip olmasına, yapıdan ayrılmasına veya tespit edilebilme niteliklerini etkilemesine neden olmuştur. Şeker pancarı lifinin bileşimini inceleyen çeşitli çalışmalarda da lif örneklerinin protein (%6.07-8.69) ve kül (%3.0-5.31) içeriklerine dair benzer sonuçlar bildirilmiştir (Christiensen, 1989; Özboy vd., 1998; Javidipour vd., 2005). Mikronize edilmemiş lif örneklerinin protein içeriği posaya göre önemli ölçüde değişmezken, yüksek basınç homojenizasyonu sonucunda su ve etanol ile muamele edilmiş lif örneklerinin protein miktarında önemli düzeyde azalma saptanmıştır ($P < 0.05$). Bu sonuç, şeker pancarı posasını etanol ile muamele eden Michel vd. (1988)'nin sonuçları ile uyumludur. Belirtilen çalışmada, posa ve farklı partikül büyüklüğüne sahip (>500 μ m; 500-315 μ m; 315-160 μ m; <160 μ m) lif örneklerinde protein içeriğinin önemli oranda değişmediği (%7-8), 160 μ m'den küçük boyuttaki lif örneğinde ise protein içeriğinin azaldığı (%5.5) ve kül miktarının arttığı (%35.5) görülmüştür. Farklı partikül boyutlarına sahip buğday kepeğindeki besin maddeleri ile ekmek kalitesi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada, daha küçük partikül boyutuna (155-180 μ m) sahip buğday kepeğinin daha düşük lif ve protein içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Pavlovich-Abril vd., 2015; Zhang vd., 2018). Farklı lifli materyallerin alkali ile muamele edildiği çeşitli çalışmalarda ise alkali uygulamasının, lif örneklerinde protein ve yağ içeriğini azalttığı belirtilmiştir. Bu durumun, NaOH ile muamele sonucu protein ve lipidlerin parçalanması ve karbonhidratların sızmasından kaynaklandığı (Kuan ve Liong, 2008), lif yapılarını parçalayan fiziksel öğütme, alkali vb. uygulamaların lifli materyallerden yüksek oranda protein ve yağ uzaklaşmasına yardımcı olduğu (Fung vd., 2010) ifade edilmiştir.

Şeker pancarı besinsel lifinin ekstraksiyonu ve mikronizasyonu

Çizelge 1. Şeker pancarı lifi örneklerinin kimyasal bileşimi (%)
Table 1. Chemical composition of sugar beet fibre samples

	Nem <i>Moisture</i>	Protein (Nx6.25) <i>Protein</i>	Yağ <i>Lipid</i>	Kül <i>Ash</i>
P	5.43±0.08 ^a	9.16±0.02 ^{bc}	0.73±0.01 ^e	6.02±0.07 ^f
SK	6.55±0.07 ^c	8.65±0.02 ^b	0.42±0.01 ^b	3.61±0.04 ^b
S	6.50±0.09 ^c	7.17±0.02 ^a	0.32±0.01 ^a	2.96±0.07 ^a
EK	6.57±0.05 ^c	9.26±0.02 ^c	0.63±0.00 ^{cd}	6.03±0.06 ^f
E	7.83±0.08 ^e	8.56±0.00 ^b	0.58±0.01 ^c	4.17±0.03 ^c
AK	6.04±0.01 ^b	9.38±0.07 ^c	0.68±0.05 ^{de}	5.24±0.03 ^d
A	7.31±0.11 ^d	8.84±0.63 ^{bc}	0.36±0.03 ^{ab}	5.88±0.06 ^c

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$)
Different small letters show the statistical difference between the values ($P < 0.05$)

SK: Suyla yıkanmış lif örneği

SK: *Water extracted fibre sample*

EK: Etil alkol ile yıkanmış lif örneği

EK: *Ethanol extracted fibre sample*

AK: Islak fraksiyonlama uygulanmış lif örneği

AK: *Wet fractionated fibre sample*

S: Suyla yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

S: *Water extracted and high pressure homogenized fibre sample*

E: Etil alkol ile yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

E: *Ethanol extracted and high pressure homogenized fibre sample*

A: Islak fraksiyonlama uygulanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

A: *Wet fractionated and high pressure homogenized fibre sample*

Toplam, Çözünmez ve Çözünür Lif Miktarı

Şeker pancarı posası ve lif örneklerinin toplam, çözünmez ve çözünür lif miktarları Çizelge 2'de sunulmuştur. Çalışmamızda, şeker pancarı posasının toplam besinsel lif içeriği %69.87, çözünmez lif içeriği %56.18, çözünür lif içeriği ise %13.69 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, Michel vd. (1988)'nin şeker pancarı posası için belirledikleri toplam besinsel lif miktarına göre (%74.0-87.4) daha düşüktür. Uygulanan üç yöntemde elde edilen örneklerin toplam besinsel lif miktarının %73.12-84.94 arasında değiştiği ve posaya göre istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Bu durumun her üç yöntem ile diğer bileşenlerin uygulamalar esnasında uzaklaşmasından kaynaklandığı ve lif açısından daha zengin bir yapı elde edilmesine olanak sağladığı saptanmıştır. Şeker pancarı lifinin toplam besinsel lif içeriğini inceleyen çeşitli çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Christensen (1989), şeker pancarı lifinin toplam besinsel lif içeriğinin %80, çözünür lif içeriğinin en az %10 olduğunu; Javidipour vd. (2005), 425

μm 'den küçük boyuttaki şeker pancarı lifinin %67.3 toplam besinsel lif içerdiğini bildirmişlerdir. Michel vd. (1988), 160 μm 'den büyük boyuttaki liflerin toplam besinsel lif içeriğinin %71-80 olduğunu, 160 μm 'den küçük boyuttaki liflerin ise daha düşük düzeyde lif içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Suyla yıkama ve alkali ile muamele, örneklerin çözünmez lif içeriğinin posaya göre önemli ölçüde artmasına yol açarken ($P < 0.05$), etanol ile muamele çözünmez lif içeriğini azaltmıştır. Suyla yıkanan örneğin en yüksek çözünmez lif ve en düşük çözünür lif içeriğine sahip olması, suyla yıkamanın çözünür bileşenleri, özellikle de kalıntı şekeri uzaklaştırma açısından diğer yöntemlere göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, elma ve armut posalarına uygulanan şeker giderme prosesinin çözünmez lif içeriğinde artışa yol açtığı ifade edilmiştir (Rabetafika vd., 2014). Kuan ve Liong (2008), lifli materyallerden (soya küspesi, mısır koçanı, buğday samanı, pirinç kavuzu) ıslak fraksiyonlama ile lifli kalıntılar elde ettikleri çalışmalarında, alkali muamelesi ile

örneklerin toplam, çözünmez ve çözünür lif miktarlarının arttığını belirtmişlerdir. Çözünmez lif miktarındaki artış NaOH kullanımına dayandırılmış, NaOH uygulaması ile proteinlerin, lipitlerin ve karbonhidratların çözünür fraksiyonlarının lifli materyallerden elimine edildiği ifade edilmiştir. Alkali çözeltiler aynı zamanda buğday kepeği ve pirinç kepeğinden çözünür lif bileşeni olan arabinoksilanları ekstrakte

etmek amacıyla kullanılmıştır (Doner vd., 1998), bu da alkali ile muamele edilmiş örnekte çözünmez lif miktarındaki artışı desteklemektedir. Benzer bir çalışmada, şeker pancarı lifinin H₂O₂ ile modifikasyonunun (pH 3.5, 7 ve 11'de) örneklerin toplam, çözünmez ve çözünür lif miktarında artışa yol açtığı bildirilmiştir (Filipovic vd., 2007).

Çizelge 2. Şeker pancarı lifi örneklerinin toplam, çözünmez ve çözünür lif miktarları (%)

Table 2 Total, insoluble and soluble dietary fibre contents of sugar beet fibre samples

	Toplam Besinsel Lif <i>Total Dietary Fibre</i>	Çözünmez Besinsel Lif <i>Insoluble Dietary Fibre</i>	Çözünür Besinsel Lif <i>Soluble Dietary Fibre</i>
P	69.87±0.51 ^a	56.18±1.22 ^b	13.69±0.71 ^a
SK	84.94±0.13 ^c	74.42±0.62 ^c	10.52±0.48 ^a
S	83.22±0.71 ^c	64.73±1.80 ^d	18.49±1.09 ^b
EK	74.06±1.47 ^b	50.92±1.23 ^a	23.14±2.70 ^b
E	73.12±1.79 ^b	50.79±1.52 ^a	22.33±0.27 ^b
AK	82.50±1.53 ^c	60.55±0.50 ^c	21.95±2.04 ^b
A	83.35±1.72 ^c	60.95±2.04 ^c	22.40±3.75 ^b

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$)

Different small letters show the statistical difference between the values ($P < 0.05$)

SK: Suyla yıkanmış lif örneği

SK: *Water extracted fibre sample*

EK: Etil alkol ile yıkanmış lif örneği

EK: *Ethanol extracted fibre sample*

AK: Islak fraksiyonlama uygulanmış lif örneği

AK: *Wet fractionated fibre sample*

S: Suyla yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

S: *Water extracted and high pressure homogenized fibre sample*

E: Etil alkol ile yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

E: *Ethanol extracted and high pressure homogenized fibre sample*

A: Islak fraksiyonlama uygulanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

A: *Wet fractionated and high pressure homogenized fibre sample*

Lif örneklerinin mikronize edilmesi, toplam besinsel lif içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmamıştır ($P > 0.05$). Benzer şekilde etanol ve alkali ile muamele edilmiş lif örneklerinin çözünmez ve çözünür lif içerikleri mikronizasyonla önemli ölçüde değişmezken, yüksek basınç homojenizasyonu suyla yıkanmış örneklerin çözünmez lif içeriğini önemli ölçüde azaltmış, çözünür lif miktarını ise önemli düzeyde artırmıştır ($P < 0.05$). Mikronizasyon sonrasında çözünmez besinsel lif içeriğindeki azalma hemiselüloz, selüloz ve ligninin mekanokimyasal olarak parçalanmasından kaynaklanmakta ve bu maddeler çözünür bileşenlere dönüşmektedir (Ye vd., 2016). Partikül büyüklüğü sonuçlarından da

görülebileceği gibi suyla yıkanmış örnek alkali ve etanol ile muamele edilmiş örneklere göre mikronizasyonla çok daha etkin bir şekilde parçalanmış ve çözünür lif içeriği artmıştır. Farklı boyut küçültme yöntemlerinin kullanıldığı çeşitli çalışmalarda, öğütme sonrası partikül büyüklüğündeki azalma ile birlikte örneklerin çözünmez lif miktarının azaldığı ve çözünür lif miktarının arttığı, dolayısıyla lif bileşenlerinde çözünmez fraksiyondan çözünür fraksiyona doğru yeniden bir dağılım meydana geldiği ifade edilmiştir (Zhu vd., 2014; Huang vd., 2010; Zhu vd., 2010). Konuyla ilgili başka bir çalışmada ise kış kavunu ve kırmızı turpandan elde edilen lif örneklerinde partikül büyüklüğü azaldıkça toplam,

çözünmez ve çözünür lif miktarlarının azaldığı belirtilmiştir (Gupta ve Premavalli, 2010).

Partikül Büyüklüğü

Lif örneklerine ait partikül büyüklüğü değerleri Çizelge 3'te sunulmuştur. Yüksek basınç homojenizasyonu tüm örneklerde partikül büyüklüğünü önemli ölçüde azaltmış, partiküllerin yüzey alanında ise artışa yol açmıştır. Homojenizatörden 7 geçiş sonunda partiküllere ait $d(0.9)$ değeri suyla yıkanmış örnekte 1049.02 μm 'den 156.23 μm 'ye, etanol ile yıkanmış örnekte 1423.16 μm 'den 263.00 μm 'ye, alkali ile muamele edilmiş örnekte ise 1055.44 μm 'den 209.03 μm 'ye düşmüştür. Partiküllerin spesifik yüzey alanı bakımından en büyük değer suyla yıkanmış örnekte gözlenmiştir (0.0318 m^2/g 'dan 0.149 m^2/g 'a artış olmuştur). Dolayısıyla, yüksek basınç homojenizatöründe en etkin parçalanmanın suyla yıkanmış örnekte meydana geldiği, bunu sırasıyla alkali ile ve etanol ile muamele edilmiş örneklerin takip ettiği belirlenmiştir. Bir yüksek basınç homojenizasyonu prosesinde, partiküllerin parçalanmasındaki en etkili nedenin akışkanın kayma gerilimi olduğu ifade edilmiş ve yüksek basınç homojenizasyonu ile mikrofluidizasyonun çalışma mekanizmasının benzer olduğunu belirtilmiştir (Clarke vd., 2010). Homojenizasyon aracılığıyla kompleks yapıların mikro parçacıklara kırılabilmesi, dolayısıyla oldukça küçük çapa sahip küresel parçacıklar oluştuğu saptanmıştır. Ayrıca, homojenizasyon işlemi ile polimerik yapıların geri dönüşümsüz olarak parçalanmasının yanı sıra polimerin agregasyon derecesinde de değişim olabileceği ifade edilmiştir. Yüksek basınç homojenizasyonu prosesinin polisakkaritlerin partikül boyutunu azalttığı ancak primer yapılarına zarar vermediği, aynı zamanda polisakkaritlerin reolojik özellikleri, jelleşme özelliği ve viskozite gibi özelliklerinin yüksek basınç homojenizasyonu tarafından etkilendiği bildirilmiştir (Hu vd., 2013). Homojenizasyon uygulamasının, örneklerin partikül büyüklüğü dağılımı üzerine etkilerine dair çeşitli çalışmalar farklı sonuçların elde edildiğini göstermiştir. Yapılan bir çalışmada, şeftali ve yulaf çözünmez lifleri mikrofluidizasyona (120 MPa, 1 geçiş) maruz bırakılmış, mikrofluidizasyon prosesinin partikül boyutunu mikron altı ölçeğe etkili bir şekilde indirgediği belirtilmiştir. Partikül

boyutunun şeftali çözünmez lifinde 204.628 μm 'den 35.307 μm 'ye, yulaf çözünmez lifinde ise 111.131 μm 'den 74.358 μm 'ye düştüğü bildirilmiştir (Chen vd., 2013). Benzer bir çalışmada, buğday kepeğinden elde edilen çözünmez lif üç farklı yöntemle (yüksek basınç homojenizasyonu, yüksek yoğunluklu ultrasonikasyon ve bu yöntemlerin kombinasyonu) mikronize edilmiştir (100 MPa, 30 geçiş). Yüksek basınç homojenizasyonunun tek başına veya ultrasonikasyonla kombine olarak kullanılması durumunda örneklerin partikül boyutunu önemli ölçüde azalttığı ve yüzey alanını arttırdığı, ancak ultrasonikasyon uygulamasının partikül boyutunu azaltmada tek başına etkisiz kaldığı ifade edilmiştir (Hu vd., 2015).

Ulbrich ve Flöter (2014), ticari bir besinsel lifi (yulaf lifi), yüksek basınç homojenizasyonu ile modifiye etmişlerdir (15 MPa; 2, 6, 10, 16 geçiş). Mekanik uygulamanın etkilerini spesifik bir kurutma metodunun etkilerinden ayırmak için dört farklı kurutma metodunun uygulandığı çalışmada, diğer kurutma metodlarının muhtemelen işlenmiş lifin daha fazla kümeleşmesine neden olması nedeniyle dondurarak kurutulmuş örnekler partikül büyüklüğü dağılımı analizinde kullanılmıştır. Homojenizatörden geçiş sayısı arttıkça daha büyük partikül büyüklüğüne doğru sistematik bir değişim olduğu bildirilmiştir. Eş zamanlı olarak meydana gelen kaviteasyonun, fibrilasyonla birlikte matriksin genleşme ve genişlemesi gibi materyaldeki yapı değişikliklerini açıkladığı ifade edilmiştir. Daha fazla mekanik uygulamanın lif partiküllerinin parçalanmasına yol açacağı ve dolayısıyla boyut küçülmesi ile beraber partikül miktarında bir artış beklendiği belirtilmiştir. Ancak, analiz sonucunda elde edilen verilere göre, parçalanmaya bağlı olarak partikül boyutundaki artışın partikül boyutundaki azalmaya nazaran daha ağır bastığı ileri sürülmüştür. Lifli materyallerin homojenizatörde tekrar edilen muameleye tabi tutulmasına dair çalışmaların partikül boyutunun arttığını ya da azaldığını bildiren değişken sonuçlar ortaya koyduğu, çelişen bu iki sonucun ise spesifik uygulama ve materyale bağlı olduğu ifade edilmiştir.

Çizelge 3. Şeker pancarı lifi örneklerinin partikül iriliği dağılımı üzerine yüksek basınç homojenizasyonunun etkisi

Table 3. Effect of high pressure homogenization on particle size distribution of sugar beet fibre samples

Örnek	Geçiş Sayısı	d(0.1)	d(0.5)	d(0.9)	Spesifik Yüzey Alanı	D[4,3]	D[3,2]
Sample	Pass number	(μm)	(μm)	(μm)	Specific Surface Area	(μm)	(μm)
					(m^2/g)		
S	0	202.47	540.57	1049.02	0.0318	587.11	188.76
	1	40.50	148.27	362.50	0.0845	178.33	71.87
	3	28.95	98.87	237.73	0.1140	119.09	52.69
	5	24.42	82.45	194.67	0.1310	98.67	45.83
	7	21.03	69.87	156.23	0.1490	80.98	40.19
E	0	113.90	723.01	1423.16	0.0292	749.26	205.63
	1	55.99	263.49	582.43	0.0566	295.11	105.98
	3	39.70	157.55	353.15	0.0807	179.99	74.34
	5	34.84	131.10	294.38	0.0927	150.48	64.76
	7	32.31	118.38	263.00	0.0995	135.30	60.32
A	0	97.56	382.09	1055.44	0.0318	489.07	188.58
	1	57.94	150.93	361.99	0.0638	183.97	94.01
	3	44.40	112.63	244.34	0.0848	131.16	70.78
	5	41.72	107.52	226.60	0.0891	122.89	67.35
	7	37.73	100.13	209.03	0.0964	113.68	62.27

S: Suyla yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

S: Water extracted and high pressure homogenized fibre sample

E: Etil alkol ile yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

E: Ethanol extracted and high pressure homogenized fibre sample

A: Islak fraksiyonlama uygulanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

A: Wet fractionated and high pressure homogenized fibre sample

d(0.1): Partiküllerin %10'u (hacim esasına göre) belirtilen boyuttan küçüktür.

d(0.1): 10% of the volume that is smaller than the size indicated

d(0.5): Partiküllerin %50'si (hacim esasına göre) belirtilen boyuttan küçüktür.

d(0.5) 50% of the volume that is smaller than the size indicated

d(0.9): Partiküllerin %90'ı (hacim esasına göre) belirtilen boyuttan küçüktür.

d(0.9): 90% of the volume that is smaller than the size indicated

D[4,3]: Hacim ağırlıklı ortalama çap

D[4,3]: Volume weighted mean

D[3,2]: Alan ağırlıklı ortalama çap

D[3,2]: Surface weighted mean

Fonksiyonel Özellikler

Şeker pancarı posası ve lif örneklerinin yoğunluk, şişme kapasitesi, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi gibi fonksiyonel özellikleri Çizelge 4'te sunulmuştur. Posanın yoğunluğu 0.52 g/cm^3 olarak belirlenmiş olup, lif örneklerinin yoğunlukları $0.12\text{-}0.62 \text{ g/cm}^3$ değerleri arasında değişmiştir. Michel vd. (1988), şeker pancarı posasının yoğunluğunu 577 mg/cm^3 , farklı partikül boyutlarına sahip şeker pancarı lifi

örneklerinin yoğunluklarını ise $153\text{-}200 \text{ mg/cm}^3$ olarak belirlemiştir. Javidipour vd. (2005), şeker pancarı lifinin ($<425 \mu\text{m}$) yoğunluğunu 376 mg/cm^3 olarak bildirmiştir. Yüksek basınç homojenizasyonu tüm örneklerde yoğunluğun istatistiksel olarak önemli ölçüde düşmesine neden olmuştur ($P < 0.05$). En düşük yoğunluk değerinin (0.12 g/cm^3) suyla yıkanmış örneğe ait olduğu belirlenmiştir, bu da bu lif örneğinin diğer örneklere göre daha gözenekli bir yapıya sahip

Şeker pancarı besinsel lifinin ekstraksiyonu ve mikronizasyonu

olmasından kaynaklanmaktadır. Farklı lifli materyaller ve farklı boyut küçültme yöntemlerinin uygulandığı çeşitli çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiş, partikül büyüklüğü

azaldıkça örneklerin yoğunluğunda azalma olduğu bildirilmiş ve bu durum örneklerin porozitesindeki artışa dayandırılmıştır (Huang vd., 2010; Wang vd., 2012; Ulbrich ve Flöter, 2014).

Çizelge 4. Şeker pancarı lifi örneklerinin fonksiyonel özellikleri

Table 4. Functional properties of sugar beet fibre samples

	Yoğunluk <i>Bulk Density</i> (g/cm ³)	Şişme Kapasitesi <i>Swelling Capacity</i> (mL/g lif)	Su Tutma Kapasitesi <i>Water Holding Capacity</i> (g su/g lif)	Yağ Tutma Kapasitesi <i>Oil Holding Capacity</i> (g yağ/g lif)
P	0.52±0.01 ^f	9.00±0.71 ^a	6.10±0.14 ^b	2.50±0.00 ^b
SK	0.30±0.01 ^d	16.88±0.18 ^c	9.30±0.14 ^e	3.93±0.15 ^d
S	0.12±0.00 ^a	16.13±0.53 ^c	7.30±0.00 ^c	6.32±0.00 ^f
EK	0.62±0.00 ^g	12.00±0.00 ^b	5.40±0.28 ^a	1.80±0.08 ^a
E	0.15±0.00 ^b	17.50±0.00 ^{cd}	5.55±0.21 ^a	3.92±0.00 ^d
AK	0.32±0.01 ^e	17.50±1.41 ^{cd}	8.45±0.07 ^d	3.49±0.15 ^c
A	0.24±0.00 ^c	18.75±0.35 ^d	8.55±0.07 ^d	4.42±0.08 ^c

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$)
Different small letters show the statistical difference between the values ($P < 0.05$)

SK: Suyla yıkanmış lif örneği

SK: *Water extracted fibre sample*

EK: Etil alkol ile yıkanmış lif örneği

EK: *Ethanol extracted fibre sample*

AK: Islak fraksiyonlama uygulanmış lif örneği

AK: *Wet fractionated fibre sample*

S: Suyla yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

S: *Water extracted and high pressure homogenized fibre sample*

E: Etil alkol ile yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

E: *Ethanol extracted and high pressure homogenized fibre sample*

A: Islak fraksiyonlama uygulanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

A: *Wet fractionated and high pressure homogenized fibre sample*

Üç farklı yöntemle elde edilen lif örneklerinin şişme kapasiteleri posanınine göre önemli düzeyde daha yüksektir ($P < 0.05$). Posanın şişme kapasitesi 9.00 mL/g lif iken su, etanol ve alkali ile muamele edilmiş örneklerin şişme kapasiteleri sırasıyla 16.88, 12.00 ve 17.50 mL/g lif olarak belirlenmiştir. Şişme kapasitesindeki en büyük artış alkali ile muamele edilmiş örnekte gözlenmiştir. Şeker pancarı lifinin asidik veya bazik çözeltilerle kimyasal olarak muamele edilmesinin çözünmez besinsel lifin şişme kapasitesini arttırabileceği, bu durumun da hücre duvarları bütünlüğünün zarar görmesi ile açıklanabileceği belirtilmiştir (Bertin vd., 1988; Chen vd., 2013). Yüksek basınç homojenizasyonu, suyla ve alkali ile muamele edilmiş örneklerin şişme kapasiteleri üzerinde

önemli bir etki göstermezken etanol ile muamele edilmiş örneğin şişme kapasitesini önemli düzeyde arttırmıştır. Suyu ve alkali ile muamele posaya göre önemli düzeyde yüksek su tutma kapasitesi ve yağ tutma kapasitesine sahip örneklerin elde edilmesine neden olmuştur. Bu durum, su ve alkali muamelelerinin şekeri uzaklaştırma bakımından daha etkili olduklarını göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, şeker giderme işleminin su tutma ve şişme kapasitesini arttırdığı, toplam çözünür şeker içeriği daha yüksek olan portakal kabuğu lifi örneklerinin önemli ölçüde düşük su tutma kapasitesi değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir (Larrauri, 1999). Şekerden arındırılmış posalar daha fazla besinsel lif, özellikle de suyla etkileşime giren hidrosil gruplarınca zengin daha fazla selüloz ve hemiselüloz içermektedir (Rabetafika

vd., 2014). Posanın su tutma kapasitesi 6.10 g su/g lif düzeyinde iken suyla ve alkali ile muamele edilmiş örneklerde bu değer sırasıyla 9.30 ve 8.45 g su/g lif olarak belirlenmiştir. Özellikle liflerin su tutma özelliği ile ilişkili olan çözünmez fraksiyonun suyla yıkanmış örnekte daha yüksek oranda bulunması nedeniyle (Thebaudin vd., 1997), bu örneğe ait su tutma kapasitesi değerlerinin etanol ve alkali ile muamele edilmiş örneklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir (SK, EK ve AK örneklerinin çözünmez besinsel lif/çözünür besinsel lif oranı sırasıyla 7.07, 2.20 ve 2.75 olarak belirlenmiştir; veriler gösterilmemiştir). Çözünmez besinsel lifte daha kalın bir katmanlı yapının bulunması nedeniyle, su tutma ve yağ tutma kapasitelerinin çözünür besinsel life göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Zhu vd., 2010). Hidrasyon özellikleri ve yağ tutma kapasitesi açısından en düşük değerlerin etanol ile muamele edilmiş örneğe (EK) ait olduğu görülmektedir. Bu durum EK örneğinin SK ve AK örneklerine göre çözünmez besinsel lif içeriğinin daha düşük olması, aynı zamanda daha yüksek yoğunluk değerine sahip olması nedeniyle porozitesinin ve kılcal çekiminin daha düşük olması ile açıklanabilir. Bir tür yeşil elmadan lif izole etmek amacıyla sulu metot ve etanolik metot olmak üzere iki farklı metodun uygulandığı bir çalışmada, örneklere ait ESEM (çevresel taramalı elektron mikroskopisi) sonuçları değerlendirildiğinde etanolik metotla elde edilen örneklerin daha yoğun, daha sıkı, opak, kümelenmiş ve iç içe geçmiş oldukları belirtilmiştir (Sun-Waterhouse vd., 2008). Yüksek basınç homojenizasyonu, suyla yıkanmış örneğin su tutma kapasitesi değerini mikronize edilmemiş örneğe göre önemli ölçüde düşürürken, bütün örneklerin yağ tutma kapasitesi değerlerinde önemli bir artış meydana getirmiştir ($P < 0.05$). Thebaudin vd. (1997), besinsel liflerin kaynağı ve partikül boyutunun liflerin şişme özellikleri, su tutma kapasitesi ve yağ absorpsiyon kapasitesi üzerinde etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Şeker pancarı lifinin yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu, ayrıca liflerin partikül boyutunu arttırmanın su tutma kapasitesini ve yağ absorpsiyon kapasitesini arttırdığı ifade edilmiştir. Çeşitli çalışmalarda çözünmez besinsel lifin partikül büyüklüğü ile hidrasyon özellikleri ve yağ

tutma kapasitesi arasındaki ilişki incelenmiş, ancak çelişkili sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmalarında havuç çözünmez lifi kullanan Chau vd. (2007) ve zencefil tozu kullanan Zhao vd. (2009), daha küçük partikül boyutunu yüksek hidrasyon özellikleri ile ilişkilendirerek, mikronizasyonun ortamdaki suya daha fazla yüzey alanı, polar gruplar ve su bağlama bölgelerini maruz bıraktığını, bu durumun da su tutma kapasitesi ve şişme kapasitesi gibi özelliklerde önemli bir artışa yol açtığını ifade etmiştir. Şeftali ve yulaf çözünmez liflerini mikrofluidizasyon prosesine maruz bırakan bir çalışmada, partikül boyutunun azalması ile birlikte hidrasyon özellikleri ve yağ tutma kapasitesinin arttığı bildirilmiştir. Hidrasyon özelliklerindeki artış, yüzey alanının artmasına ve mikrofluidizasyon prosesi esnasında açığa çıkan su bağlama bölgeleri tarafından tutulabilecek su miktarındaki artışa dayandırılmıştır. Ayrıca, partikül büyüklüğündeki belirgin azalmanın lifin porozitesini ve kılcal çekimini arttırabileceği, sonuçta yağın fiziksel olarak tutulmasını dolayısıyla yağ tutma kapasitesini de arttıracığı ifade edilmiştir (Chen vd., 2013). Benzer bir çalışmada, buğday kepeği çözünmez lifi ultra ince öğütme prosesine maruz bırakılmış, öğütme sonrasında (ortalama partikül büyüklüğü 343.5 nm) örneklerin su tutma kapasitesi ve şişme kapasitesi gibi hidrasyon özelliklerinin azaldığı saptanmıştır. Bu özelliklerin, polisakkarit zincirler tarafından oluşturulan ve hidrojen bağları aracılığıyla yüksek miktarda su tutabilen poröz matriks yapısıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Kuru fibröz materyalin ince toz haline öğütülmesinin, bu materyalin su tutma ve şişme kapasitesini olumsuz etkileyebileceği, bu etkinin sadece partikül boyutunun azalmasına değil aynı zamanda lifin matriks yapısının değişmesine de bağlı olduğu ifade edilmiştir (Zhu vd., 2010). Cadden (1987), besinsel lifin hidrasyon özelliklerinin çözünmez/çözünür lif oranına, partikül büyüklüğüne, ekstraksiyon koşulu ve kaynağına bağlı olduğunu belirtmiştir. Partikül büyüklüğünü hidrasyon özellikleri ile ilişkilendiren bir başka çalışmada, hindistan cevizi lifinde partikül büyüklüğünün 1127 μm 'den 550 μm 'ye düşmesi ile birlikte hidrasyon özelliklerinin arttığı ancak 550 μm 'den sonra boyuttaki azalma ile birlikte

(390 µm'ye) hidrasyon özelliklerinin azaldığı belirtilmiştir. Bu azalmanın, öğütme esnasında lif matriksinin zarar görmesine ve gözeneklerin çökmesine bağlı olabileceği bildirilmiştir (Raghavendra vd., 2006).

Viskozite

Şeker pancarı lifi örneklerinin viskoziteleri Çizelge 5'de sunulmuştur. Lif konsantrasyonundaki artışla birlikte çözeltideki suyu tutabilecek madde miktarı artmış, gittikçe daha yoğun bir süspansiyon oluşmuş ve dolayısıyla beklenildiği gibi örneklerin viskozitesi de artmıştır. En yüksek viskozite değerinin suyla yıkanmış örneğe (SK) ait olduğu belirlenmiş olup, bunu alkali ile muamele edilip mikronize edilmiş lif örneği (A) takip etmiştir. Bu sonuçlar, lif örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri ile de uyumludur (su tutma kapasitesi değerleri SK örneği için 9.3 g su/g lif iken A örneği için 8.5 g su/g lif'tir). Daha büyük partikül boyutu ile birlikte daha fazla çözünmeyen katı madde miktarının daha yüksek viskoziteye yol

açtığı belirtilmiştir (Lopez-sanchez vd., 2011). Lifli materyallerin viskozitesini belirleyen çeşitli çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yağdan arındırılmış pirinç kepeğinden elde edilen besinsel lifin %1, 3, 5 ve 7'lik süspansiyonlarının viskozitelerinin belirlendiği bir çalışmada, çözeltinin konsantrasyonu arttıkça viskozitede artış meydana geldiği ancak örnekler için viskozite değerlerinin şeker pancarından elde edilen ticari bir lif olan FIBREX'in aynı konsantrasyonlardaki çözeltilerine göre daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Abdul-Hamid ve Luan, 2000). Başka bir çalışmada, ticari bir besinsel lif (yulaf lifi) yüksek basınç homojenizasyonu ile modifiye edilmiş ve örneklerin %6.5'lik süspansiyonlarının reolojik davranışı incelenmiştir. Disperse olmuş liflere mekanik uygulamanın artırılmasıyla birlikte genel olarak belirlenen viskozitelerin arttığı, bu durumun artan su bağlama kapasitesi ile de uyum içinde olduğu belirtilmiştir (Ulbrich ve Flöter, 2014).

Çizelge 5. Şeker pancarı lifi örneklerinin viskozite değerleri

Table 5. Viscosity values of sugar beet fibre samples

Konsantrasyon Concentration (%)	Viskozite Viscosity (cP)				
	1	2	3	4	5
P	4.00±0.00 ^a	6.00±2.83 ^a	8.00±0.00 ^a	10.00±2.83 ^a	10.00±2.83 ^a
SK	8.00±0.00 ^{ab}	12.00±0.00 ^{ab}	46.00±2.83 ^c	326.00±19.80 ^e	1640.50±51.62 ^e
S	4.00±0.00 ^a	18.00±0.00 ^{ab}	18.00±2.83 ^b	38.00±8.49 ^b	106.00±14.14 ^b
EK	10.00±2.83 ^{bc}	16.00±0.00 ^b	26.00±2.83 ^c	54.00±2.83 ^{bc}	64.00±0.00 ^{ab}
E	10.00±2.83 ^{bc}	16.00±0.00 ^b	36.00±0.00 ^d	68.00±5.66 ^c	276.00±5.66 ^c
AK	8.00±0.00 ^{ab}	16.00±0.00 ^b	24.00±0.00 ^{bc}	62.00±2.83 ^c	304.00±39.60 ^c
A	14.00±2.83 ^c	50.00±8.49 ^c	68.00±5.66 ^f	242.00±2.83 ^d	744.00±11.31 ^d

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$)

Different small letters show the statistical difference between the values ($P < 0.05$)

SK: Suyla yıkanmış lif örneği

SK: *Water extracted fibre sample*

EK: Etil alkol ile yıkanmış lif örneği

EK: *Ethanol extracted fibre sample*

AK: Islak fraksiyonlama uygulanmış lif örneği

AK: *Wet fractionated fibre sample*

S: Suyla yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

S: *Water extracted and high pressure homogenized fibre sample*

E: Etil alkol ile yıkanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

E: *Ethanol extracted and high pressure homogenized fibre sample*

A: Islak fraksiyonlama uygulanmış ve yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

A: *Wet fractionated and high pressure homogenized fibre sample*

SONUÇ

Şeker pancarı posasından üç farklı uygulama ile şeker pancarı çözünmez lifi elde edilmiş ve bu lifler yüksek basınç homojenizasyonu ile mikronize edilmiştir. Lif elde etmek amacıyla kullanılan yöntemler, örneklerin toplam besinsel lif ve çözünmez besinsel lif içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır. Yüksek basınç homojenizasyonu, lifli materyallerin partikül boyutunda önemli bir azalma, spesifik yüzey alanında ise önemli düzeyde artış meydana getirmiştir. Mikronizasyon yalnızca partikül boyutunu azaltmakla kalmamış aynı zamanda örneklerin yoğunluk, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi gibi fonksiyonel özelliklerini de geliştirmiştir. Üç farklı yöntemle elde edilen lif örnekleri kıyaslandığında, suyla yıkanmış örneğin fonksiyonel özellikler açısından diğer örneklerle göre daha üstün olduğu belirlenmiştir. Yüksek basınç homojenizasyonu aracılığıyla fonksiyonel özellikleri geliştirilen şeker pancarı lifi örnekleri çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılarak tekstür ve stabilite açısından katma değerli gıda ürünleri geliştirilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi (Proje No: 2015/35) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

AACC (1990). American Association of Cereal Chemists: Approved Methods of the AACC, 8th ed., The Association: St. Paul, MN.

Abdul-Hamid A., Luan Y.S. (2000). Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chem*, 68(1), 15-19.

AOAC (1997). Association of Official Analytical Chemists. Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th ed.; AOAC: Washington, DC.

Bertin C., Rouau X., Thibault J.F. (1988). Structure and properties of sugar beet fibres. *J Sci Food Agric*, 44, 15-29.

Cadden A. (1987). Comparative effects of particle size reduction on physical structure and water

binding properties of several plant fibers. *J Food Sci*, 52(6), 1595-1599.

Chau C.F., Wang Y.T., Wen Y.L. (2007). Different micronization methods significantly improve the functionality of carrot insoluble fibre. *Food Chem*, 100, 1402-1408.

Chau C.F., Wen Y.L., Wang Y.T. (2006). Effects of micronization on the characteristics and physicochemical properties of insoluble fibres. *J Sci Food Agric*, 86, 2380-2386.

Chen J., Gao D., Yang L., Gao Y. (2013). Effect of microfluidization process on the functional properties of insoluble dietary fiber. *Food Res Int*, 54, 1821-1827.

Chen T., Zhang M., Bhandari B., Yang Z. (2018). Micronization and nanosizing of particles for an enhanced quality of food: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 58(6), 993-1001.

Christiansen E.S. (1989). Characteristics of sugar beet fibre allow many food uses. *Cereal Foods World*, 34(7), 541-544.

Clarke A., Prescott T., Khan A., Olabi A.G. (2010). Causes of breakage and disruption in a homogeniser. *Appl Energy*, 87, 3680-3690.

Doner L.W., Chau H.K., Fishman M.L., Hicks K.B. (1998). An improved process for the isolation of corn fiber gum. *Cereal Chem*, 75(4), 408-411.

Dumay E., Chavelier-Lucia D., Picart-Palmade L., Benzaria A., Gracia-Julia A., Blayo C. (2013). Technological aspects and potential applications of (ultra) high-pressure homogenization. *Trends Food Sci Technol*, 31(1), 13-26.

Filipovic N., Djuric M., Gyura J. (2007). The effect of the type and quantity of sugar-beet fibers on bread characteristics. *J Food Eng*, 78, 1047-1053.

Floury J., Bellettre J., Legrand J., Desrumaux A. (2004). Analysis of a new type of high pressure homogeniser. A study of the flow pattern. *Chem Eng Sci*, 59(4), 843-853.

Frost J., Hegedus E.F., Glicksman M. (1984). Objective characterization of hydrocolloid organoleptic properties. *Food Technol*, 38, 118-122.

- Fung W.Y., Yuen K.H., Liong M.T. (2010). Characterization of fibrous residues from agrowastes and the production of nanofibers. *J Agric. Food Chem*, 58, 8077-8084.
- Gómez M., Ronda F., Blanco C.A., Caballero P.A., Apesteguía A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *Eur Food Res Technol*, 216, 51-55.
- Gupta P., Premavalli K.S. (2010). Effect of particle size reduction on physicochemical properties of ashgourd (*Benincasa hispida*) and radish (*Raphanus sativus*) fibres. *Int J Food Sci Nutr*, 61(1), 18-28.
- Hu J.L., Nie S.P., Xie M.Y. (2013). High pressure homogenization increases antioxidant capacity and short-chain fatty acid yield of polysaccharide from seeds of *Plantago asiatica* L. *Food Chem*, 138, 2338-2345.
- Hu R., Zhang M., Adhikari B., Liu Y. (2015). Effect of homogenization and ultrasonication on the physical properties of insoluble wheat bran fibres. *Int Agrophys.*, 29, 423-432.
- Huang C.C., Chen Y.F., Wang C.C.R. (2010). Effects of micronization on the physicochemical properties of peels of three roots and tuber crops. *J Sci Food Agric*, 90,759-763.
- Javidipour I., Vural H., Özboy-Özbaş Ö., Tekin A. (2005). Effects of interesterified vegetable oils and sugar beet fiber on the quality of Turkish-type salami. *Int J Food Sci Technol*, 40,177-185.
- Jongaroontaprangsee S., Tritrong W., Chokanaporn W. (2007). Effects of drying temperature and particle size on hydration properties of dietary fiber powder from lime and cabbage by-products. *Int J Food Prop*, 10(4), 887-897.
- Kuan Y.H., Liong M.T. (2008). Chemical and physicochemical characterization of agrowaste fibrous materials and residues. *J Agric Food Chem*, 56, 9252-9257.
- Larrauri J.A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends Food Sci Technol*, 10, 3-8.
- Lopez-sanchez P., Nijse J., Blonk H.C.G., Bialek L., Schumm S., Langton M. (2011). Effect of mechanical and thermal treatments on the microstructure and rheological properties of carrot, broccoli and tomato dispersions. *J Sci Food Agric*, 91, 207-217.
- Michel F., Thibault J.F., Barry J.L. (1988). Preparation and characterization of dietary fibre from sugar beet pulp. *J Sci Food Agric*, 4, 77-85.
- Özboy Ö., Şahbaz F., Köksel H. (1998). Chemical and physical characterization of sugar beet fibre. *Acta Aliment*, 27, 137-138.
- Pavlovich-Abril A., Rouzaud-Sandez O., Romero-Baranzini A.L., Vidal-Quintanar R.L. (2015). Relationships between chemical composition and quality-related characteristics in bread making with wheat flour-fine bran blends. *J Food Qual*, 38(1), 30-39.
- Rabetafika H.N., Bchir B., Aguedo M., Paquot M., Blecker C. (2014). Effects of processing on the compositions and physicochemical properties of fibre concentrate from cooked fruit pomaces. *Food Bioproc Tech*, 7, 749-760.
- Raghavendra S.N., Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Tharanathan R.N. (2004). Dietary fiber from coconut residue: Effects of different treatments and particle size on the hydration properties. *Eur Food Res Technol*, 218(6), 536-567.
- Raghavendra S.N., Swamy R., Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Kumar S., Tharanathan R.N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *J Food Eng*, 72, 281-286.
- Redgwell R.J., Fischer M. (2005). Dietary fiber as a versatile food component: An industrial perspective. *Mol Nutr Food Res*, 49(6), 521-535.
- Resende L.M., Franca A.S., Oliveira L.S. (2019). Burity (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flour: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chem*, 270, 53-60.
- Sakhare S.D., Prabhasankar P. (2017). Effect of roller mill processed fenugreek fiber addition on rheological and bread making properties of wheat flour doughs. *J Food Process Pres*, 41, e13012, 1-9.

- Sangnark A., Noomhorm A. (2003). Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. *Food Chem*, 80(2), 221-229.
- Schweizer T.F., Wursch P. (1991). The physiological and nutritional importance of dietary fibre. *Experientia*, 47, 181-186.
- Soronja Simovic D., Maravic N., Seres Z., Misan A., Pajin B., Jevric L.D., Podunavac-Kuzmanovic S.O., Kovacevic S.Z. (2017). Antioxidant capacity of cookies with non-modified and modified sugar beet fibers: chemometric and statistical analysis. *Eur Food Res Technol*, 243, 239-246.
- Stear C.A. (1990). Formulation and processing techniques for specialty-bread. In *Handbook of Bread Making Technology* (C.A. Stear, ed.) Elsevier Science, London.
- Sun-Waterhouse D., Farr J., Wibisono R., Saleh Z. (2008). Fruit-based functional foods I: production of food-grade apple fibre ingredients. *Int J Food Sci Technol*, 43, 2113-2122.
- Thebaudin J.Y., Lefebvre A.C., Harrington M. Bourgeois C.M. (1997). Dietary fibres: nutritional and technological interest. *Trends Food Sci Technol*, 8, 41-48.
- Türkşeker (2018). İstatistikler: Personel, Şeker Satış, Ekim ve Üretim. www.turkseker.gov.tr (Erişim tarihi: 10 Ocak 2019).
- Ulbrich M., Flöter E. (2014). Impact of high pressure homogenization modification of a cellulose based fiber product on water binding properties. *Food Hydrocoll*, 41, 281-289.
- Vural H., Javidipour I., Ozboy-Ozbas O. (2004). Effects of interesterified vegetable oils and sugar beet fiber on the quality of frankfurters. *Meat Sci*, 67, 65-72.
- Wang T., Sun X., Raddatz J., Chen G. (2013). Effects of microfluidization on microstructure and physicochemical properties of corn bran. *J Cereal Sci*, 58, 355-361.
- Wang T., Sun X., Zhou Z., Chen G. (2012). Effects of microfluidization process on physicochemical properties of wheat bran. *Food Res Int*, 48, 742-747.
- Ye F., Tao B., Liu J., Zou Y., Zhao G. (2016). Effect of micronization on the physicochemical properties of insoluble dietary fiber from citrus (*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka) pomace. *Food Sci Technol Int*, 22(3), 246-255.
- Zhang H., Wang H., Cao X., Wang J. (2018). Preparation and modification of high dietary fibre flour: A review. *Food Res Int*, 113, 24-35.
- Zhao X., Yang Z., Gai G., Yang Y. (2009). Effect of superfine grinding on properties of ginger powder. *J Food Eng*, 91, 217-222.
- Zhu F., Du B., Li R., Li J. (2014). Effect of micronization technology on physicochemical and antioxidant properties of dietary fiber from buckwheat hulls. *Biocatal Agric Biotechnol*, 3(3), 30-34.
- Zhu K., Huang S., Peng W., Qian H., Zhou H. (2010). Effect of ultrafine grinding on hydration and antioxidant properties of wheat bran dietary fiber. *Food Res Int*, 43(4), 943-948.