

## Mikronize edilmiş şeker pancarı besinsel lifinin buğday hamuru ve ekmek özellikleri üzerine etkileri

Ayla HANÇER, İhsan KARABULUT, İncilay GÖKBULUT

### Cite this article as:

Hançer, A., Karabulut, İ., Gökbulut, İ. (2022). Mikronize edilmiş şeker pancarı besinsel lifinin buğday hamuru ve ekmek özellikleri üzerine etkileri. *Food and Health*, 8(3), 193-207. <https://doi.org/10.3153/FH22019>

<sup>1</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Gürün Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, 58800, Gürün, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup> İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 44280, Malatya, Türkiye

### ORCID IDs of the authors:

A.H. 0000-0002-4370-8039

İ.K. 0000-0002-9014-8863

İ.G. 0000-0003-4994-5788

Submitted: 16.11.2021

Revision requested: 25.02.2022

Last revision received: 04.03.2022

Accepted: 05.03.2022

Published online: 11.05.2022

### Correspondence:

Ayla HANÇER

E-mail:

[aylahancer@cumhuriyet.edu.tr](mailto:aylahancer@cumhuriyet.edu.tr)



© 2022 The Author(s)

Available online at  
<http://jfh.sciencwebjournals.com>

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı yüksek basınç homojenizasyonu aracılığıyla mikronize edilmiş şeker pancarı lifi ilavesinin hamurun reolojik ve tekstürel özellikleri ile ekmeğin kalite parametreleri üzerine etkilerini belirlemektir. Mikronize edilmemiş (S) ve mikronize edilmiş (Sm) şeker pancarı lifi örnekleri ekmek formülasyonunda %2, 4, 6, 8 ve 10 oranlarında kullanılmıştır. Lif ilavesi hamur örneklerinin elastisite modülü (G') ve viskoz modülü (G'') değerlerinde artışa yol açmış, daha elastik ve katı benzeri bir materyalin elde edilmesine neden olmuştur. Ayrıca, hamurların sertlik değeri artarken sakızimsılık ve yapışkanlık değerlerinde önemli bir değişim meydana gelmemiştir. Ekmek örneklerine şeker pancarı lifi ilavesi, hacim değerlerinin önemli düzeyde azalmasına yol açmıştır (P <0.05). Ekmek örneklerinin tekstürel özellikleri üzerine lif ilavesinin etkileri saptanmış, örneklerin sertlik ve çiğnenabilirlik değerlerinde artış meydana gelirken koheziflik ve esneklik gibi parametrelerde önemli bir değişim belirlenmemiştir. Şeker pancarı lifi ilavesi, ekmek içi parlaklığını (L) önemli düzeyde azaltırken kırmızı renk (a) oranında artış meydana getirmiştir. Lif ilave edilmiş bütün ekmekler duyuşal değerlendirmede panelistler tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Mikronize edilmemiş şeker pancarı lifi örnekleri %4, mikronize edilmiş şeker pancarı lifi örnekleri ise %2 ilave oranlarında kontrol ekmeğine benzer puanlar almıştır. Mikronizasyon aracılığıyla fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş şeker pancarı lifinin çeşitli gıdalarda kullanımı değerlendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Şeker pancarı lifi, Mikronizasyon, Reoloji, Tekstür, Ekmek kalitesi

### ABSTRACT

#### Effects of micronized sugar beet dietary fiber addition on the properties of wheat dough and bread

The aim of this study is to determine the effect of sugar beet fiber, micronized by high pressure homogenization, addition on the rheological and textural properties of wheat dough and the quality parameters of bread. The micronized and unmikronized sugar beet fibers were used in the bread formulation and they were incorporated into flour at levels of 2, 4, 6, 8, and 10%. The addition of sugar beet fiber increased the storage modulus (G') and loss modulus (G'') values and led to more solid-like and elastic bread dough. Also, the hardness values of bread dough increased while the gumminess and adhesiveness values didn't change significantly. The addition of sugar beet fiber significantly decreased the volume of bread samples (P <0.05). The effect of fiber addition on the textural properties of bread was determined and it was observed that the hardness and chewiness of bread samples increased while the cohesiveness and springiness parameters didn't change. Sugar beet fiber addition significantly decreased the lightness (L) values and increased the redness (a) values of the crumbs. According to the results of sensory analysis, all bread samples that contain sugar beet fiber were evaluated as acceptable by the panelists. The bread samples that contain unmikronized sugar beet fiber at a 4% level and micronized sugar beet fiber at a 2% level got similar scores to the control bread. Mikronization by high pressure homogenization has developed functional properties of sugar beet fiber and it is understood that it could be used in various foods.

**Keywords:** Sugar beet fiber, Mikronization, Rheology, Texture, Bread quality

## Giriş

Günümüzde tüketicilerde sağlıklı gıdalara doğru bir yönelim söz konusudur ve sağlık açısından yararları olan yüksek lifli gıdalar talep edilmektedir (Felli vd., 2018). Besinsel lifler, insan sindirim sistemi enzimleri tarafından hidrolize edilemeyen, yenilebilir bitkisel materyallerdir. Besinsel lif tüketimi; koroner kalp hastalıkları, diyabet ve belirli gastrointestinal hastalıklara dair riskin azaltılması da dahil olmak üzere sağlık açısından çeşitli yararlar sağlamakta (Wu ve Shiau, 2015), dolayısıyla besinsel lifler fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Sağlık açısından meydana getirdikleri bu olumlu etkilerin yanı sıra lifler, ilave edildikleri gıda ürünlerinin konsistensini, tekstürünü, reolojik özelliklerini ve duyuşal özelliklerini de etkileyebilmektedir (Rosell vd., 2009). Besinsel liflerin gıdalarda kullanımı; kimyasal kompozisyonlarına, su tutma kapasitesi, yağ adsorpsiyonu, viskozite, jel oluşturma gibi teknofonksiyonel özelliklerine ve kısmen de renk ve aroma gibi organoleptik karakteristiklerine bağlıdır (Rabetafika vd., 2014).

Ekmek, günlük beslenmenin önemli bir parçasıdır. Ekmekte besinsel lif mevcudiyeti, ekmeğin besleyici değerini arttırmakta ve enerji değerini azaltmaktadır. Lif ilavesi hamurun reolojik özellikleri ve ekmeğin kalite parametrelerinde de değişime neden olmaktadır (Soronja-Simovic vd., 2016). Genel olarak, lif ilavesi ekmek hacmini azaltmakta, daha az havalandırılmış daha yoğun bir yapı meydana getirmekte, daha sert ve daha koyu renkli bir ekmek içi oluşturmaktadır. Lifin ekmek kalitesi üzerine etkisi çoğunlukla lifin türü ve bileşenleri, partikül boyutu ve miktarına bağlıdır. Besinsel lifler, su tutma ve tekstürel özelliklerinden yararlanılarak ekmekte özellikle muhafaza üzerine olan etkileri (bayatlamayı önleyici etki) nedeniyle kullanılmaktadırlar (Ktenioudaki ve Gallagher, 2012). Ancak, pek çok gıda ürünü içerisinde çözünmez besinsel lifin dahil edilmesi, özellikle renk ve tekstür açısından istenmeyen duyuşal değişikliklere neden olmaktadır. Dolayısıyla, çözünmez besinsel lifin kalitesini geliştirmeye yönelik alternatif uygulamalar belirlemek amacıyla araştırmalar üstlenilmiştir ve bu sayede tüketici albenisinden ödün vermeksizin çözünmez lif gıda materyalleri içine dahil edilebilmektedir. (Hu vd., 2015). Çeşitli çözünmez besinsel liflerin fizikokimyasal özelliklerini modifiye etmek için kullanılan farklı teknikler arasında mikronizasyon teknikleri muhtemelen en dikkate değer olanlardır (Wang vd., 2012).

Geleneksel parçalama metotları ile kıyaslandığında, mikron-ve nanoteknolojiler pek çok avantaja sahiptir. İlk olarak, daha küçük bir boyut daha büyük bir yüzey alanı anlamına gelmektedir ki bu durum da su absorpsiyonunun gelişmesi, yüksek çözünürlük, aroma salınımı ve hafif bir ağız hissine neden ol-

maktadır. Bununla birlikte, çok ince öğütme aracılığıyla boyut azalmasına bağlı olarak besleyici bileşenlerin çözünürlüğü artmakta ve bu bileşenler aynı zamanda insan vücudu tarafından kolaylıkla absorbe edilmektedir. İnce partiküllerin büyük spesifik yüzey alanına bağlı olarak, biyolojik ve kimyasal reaksiyonlarda ürünün reaksiyon hızı etkili bir şekilde artmaktadır. Yüksek miktarda lif içeren materyallerde, geleneksel parçalama yöntemleri ürünü tam olarak öğütememekte ve çok miktarda atık oluşumuna yol açmaktadır. Mikron- ve nanoteknoloji, materyallerin aktif bileşenlerini zarar görmeden muhafaza etmek suretiyle gıdaların düşük sıcaklıkta ve kısa sürede öğütülmesi amacıyla kullanılabilen ve yüksek kaliteli ürünlerin üretimine olanak sağlamaktadır (Chen vd., 2018). Mikronizasyon teknikleri arasında en etkili yöntemlerden biri yüksek basınç homojenizasyonudur.

Yüksek basınç homojenizasyonu (YBH), gıda ürünlerinin işlenmesi amacıyla son zamanlarda araştırılan bir teknolojidir, ancak yalnızca sıvı gıda ürünleri ile birlikte kullanılabilir (Espejo vd., 2014). Geleneksel homojenizasyon metotlarında görülen aynı prensibe dayanmakta, fakat daha yüksek basınç seviyeleri kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde kullanılan geleneksel homojenizasyon prosesleri 20 ile 50 MPa arasında basınç uygularken, yüksek basınç homojenizasyonu 100-400 MPa aralığında basınç uygulamaktadır (Lopes vd., 2018). Yüksek basınç homojenizasyon teknolojisi kimya, eczacılık, özel gıdalar ve biyoteknoloji gibi çeşitli endüstriyel sektörlerdeki farklı ürünleri disperslemek, karıştırmak, emülsifiye etmek ve işlemek amacıyla kullanılmaktadır (Floury vd., 2002). Homojenizasyon teknolojisi, homojenize edici bir valfin bağlı olduğu karşıt hareketli bir pompadan oluşmaktadır. Pompa, basınç altında akışkanları homojenize edici valf boyunca hareket etmeye zorlamakta ve ardından sıvı, valf boyunca yüksek hızda akmaktadır. Akışkanın hızı arttıkça, basınç ani bir düşüş meydana getirerek azalmakta ve önem sırasına göre sıralanması ve ölçülmesi oldukça zor olan fakat materyal yapısını parçalamak için yeterli enerjiye sahip olan kavitasyon, kesme, türbülans ve sıcaklık artışı gibi olayların eş zamanlı olarak gerçekleşmesine neden olmaktadır (Jacquet vd., 2013).

Bitkisel gıdaların işlenmesi sırasında elde edilen yan ürünlerin değerli fonksiyonel bileşenlere dönüştürülmesi gıdalardaki atık problemini azaltmaktadır. Şeker pancarı posası, şeker pancarından serbest şekerin ekstrakte edilmesinden sonra kalan bir yan üründür. Şeker endüstrisi aracılığıyla 1 ton şeker pancarının işlenmesinin ardından, %70-80 oranında su içeren yaklaşık 250 kg preslenmiş şeker pancarı posası artakalmaktadır (Mišan vd., 2016; Bogdanović vd., 2013). Kuru madde bazında şeker pancarı posası kabaca %40'ı selüloz, %30'u hemiselüloz ve %30'u pektinden oluşmak üzere %65-

80 oranında polisakarit içermektedir. (Mišan vd., 2016). Uygun mikrobiyolojik özelliklerine ilaveten olumlu duyuşsal, fiziksel ve kimyasal özellikleri bu materyalin değerli bir lif kaynağı olmasını sağlamaktadır. Hububat kepeğine kıyasla şeker pancarı lifi, düşük fitat içeriğine ve daha iyi su bağlama ve su tutma kapasitesine sahiptir. Yüksek fitat içeriğı mineral absorpsiyonunu olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle beslenme uzmanlarının özel ilgi alanına girmektedir (Filipovic vd., 2007).

Farklı partikül büyüklüğüne sahip şeker pancarı lifi örneklerinin ekmek ve diğer unlu mamullerde kullanıldığı çeşitli çalışmalar incelendiğinde, genellikle bu lif örneklerinin geleneksel öğütme metotları sonucu elde edildiğı görülmektedir (Özboy ve Köksel, 1999; Filipovic vd., 2007; Öztürk vd., 2008; Sakaç vd., 2011; Šoronja Simović vd., 2017). Geleneksel öğütme metotları ile elde edilen besinsel lif örneklerine kıyasla fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş besinsel lif örnekleri elde etmek amacıyla yapılan çalışmada, şeker pancarı posası farklı ekstraksiyon uygulamalarına (su, etanol, alkali ile) tabi tutulmuş, ardından yüksek basınç homojenizasyonu aracılığıyla mikronize edilmiş ve bu örneklerin fonksiyonel özellikleri tespit edilmiştir (Hançer ve Karabulut, 2019). Örnekler arasında, su ile muamele edilerek mikronize edilmiş şeker pancarı besinsel lifinin, su tutma ve yağ tutma kapasitesi açısından en iyi fonksiyonel özelliklere ve en yüksek çözünmez besinsel lif içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, su ile muamele edilmiş şeker pancarı besinsel lifi ekmek üretiminde kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, yüksek basınç homojenizasyonu ile mikronize edilmiş şeker pancarı besinsel lifinin ekmek formülasyonuna farklı oranlarda ilave edilmesinin hamurun reolojik ve tekstürel özellikleri ile ekmeğın kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemektir.

## Materyal ve Metot

Şeker ekstraksiyonundan sonra atık olarak elde edilen şeker pancarı posası Malatya Şeker Fabrikası'ndan temin edilmiştir. İçerisinde bulunan koyu renkli parçacıkların ayrılmasının ardından şeker pancarı posası serilerek oda sıcaklığında kurutulmuş ve kullanılıncaya kadar plastik poşetler içinde derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Ticari buğday unu (Söke Geleneksel Un; kuru maddede maksimum %10 protein, maksimum %0.59 kül), pres maya (Pak Maya) ve tuz yerel bir marketten temin edilmiştir. Ekmek üretiminde ayrıca gıda saflığında L-askorbik asit ve un işlem maddesi (Puratos; buğday unu, alfa amilaz, hemiselülaz, lipaz) kullanılmıştır.

## Şeker Pancarı Lifinin Elde Edilmesi

Şeker pancarı posasından besinsel lif içeren örneklerin hazırlanması amacıyla suyla yıkama yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla, 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 art arda üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen lifli yapı dondurarak kurutucuda kurutulup kullanılıncaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

## Mikronize Edilmemiş Şeker Pancarı Lifinin Hazırlanması

Suyla yıkama yöntemi ile elde edilen lifli materyalin mutfak tipi kahve öğütücüsünde öğütülüp 250 µm'lik elekten geçirilmesi sonucu mikronize edilmemiş lif örneğı (S) elde edilmiştir ve kullanılıncaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

## Mikronize Edilmiş Şeker Pancarı Lifinin Hazırlanması

Şeker pancarı posasından elde edilen lifli materyal, 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 örnek süspanse 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 örneğı (S<sub>m</sub>) elde edilmiştir. Bu örnek kullanılıncaya kadar -18°C'de polietilen poşetler içinde muhafaza edilmiştir.

## Ekmek Üretiminde Kullanılacak Formülasyon

Ekmek üretiminde Wang vd. (2002) tarafından uygulanan prosedür modifiye edilerek kullanılmıştır. Kullanılan su miktarı 100 gram un için 60 mililitre olarak sabit kabul edilmiştir. Temel hamur formülasyonu 100 gram un esasına göre; 2 gram tuz, 3 gram pres maya, 3 gram un işlem maddesi, 50 mg/kg L-askorbik asit ve 60 mililitre su şeklindedir. Formülasyona lif ilavesi %2, 4, 6, 8 ve 10 olacak şekilde ilave edilen lif miktarına karşılık gelen un miktarını eksiltmek suretiyle yapılmıştır.

## Hamur Reolojisi

Hamurun reolojik özelliklerini belirlemek için Upadhyay vd. (2012) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Dinamik testler için paralel plaka geometrisi (25 mm çap, 1 mm açıklık) kullanılmış ve tüm ölçümler 25°C sıcaklıkta yapılmıştır. Hamur merkezinden alınan örnek plaka üzerine yerleştirilerek reometrede (Anton Paar, PHYSICA MCR 301) ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deneysel prosedür, zaman ve salınım frekansının bir fonksiyonu olarak elastisite

modülü ( $G'$ ) ve viskoz modülünden ( $G''$ ) oluşan kesme modülünün gelişim ve sonlanmasının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla, frekans salınım testi esnasında,  $G'$  ve  $G''$  değerleri 1 ve 100 rad/s arasında değişen frekansın bir fonksiyonu olarak ölçülürken gerilme oranı sabit tutulmuştur.

### **Hamurun Tekstürel Özellikleri**

Hamur örneklerinin tekstür profil analiz bir Texture Analyzer cihazı (Lloyd Instruments) kullanılarak Ayadi vd. (2009) tarafından belirtilen prosedüre uygun olarak yapılmıştır. Silindirik bir prob kullanmak suretiyle hamur örneği 10 mm/s hızda orijinal yüksekliğinin %50'si oranında sıkıştırılmış ve örnekler için sertlik, sakızimsılık, yapışkanlık ve koheziflik gibi parametreler belirlenmiştir.

### **Ekmek Üretimi**

Ekmek örnekleri direkt hamur metoduna göre hazırlanmıştır. Bütün kuru bileşenler karıştırıldıktan sonra pres maya katılmış, ardından su yavaş yavaş ilave edilmek suretiyle homojen bir karışım elde edilmiştir. Elde edilen hamur 10 dakika süreyle el ile yoğurma işlemine tabi tutulmuş, sonrasında  $30^{\circ}\text{C}$ 'de 60 dakika boyunca fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonrasında hamur örnekleri elektrikli bir fırında  $290^{\circ}\text{C}$ 'de pişirilmiştir. Pişirme süresi kontrol ekmeği ile %2 ve %4 oranlarında lif içeren ekmeklerde 11-12 dakika iken %6, %8 ve %10 oranlarında lif içeren ekmek örnekleri için 18-19 dakika olmuştur. Oda sıcaklığında 1 saat süreyle soğutmanın ardından ekmeğin kalite parametreleri değerlendirilmiştir. %10 oranında lif içeren ekmek örnekleri aşırı sertleştiği için değerlendirilmeye alınmamıştır.

### **Ekmekğin Fizikokimyasal Özellikleri**

Oda sıcaklığında soğutmanın ardından ekmek örneklerinin ağırlıkları kaydedilmiştir. Ekmek hacmi buğday taşıma metoduna göre belirlenmiş ve spesifik hacim, ekmek hacmini ekmek ağırlığına oranlamak suretiyle hesaplanmıştır. Ekmeklerin nem içeriği Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne (Anonim, 2012) uygun olarak belirlenmiştir. Ekmek örneklerinde renk analizi Minolta Color Reader CR-10 renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve ekmek kabuğu ile ekmek içine ait  $L^*$  (parlaklık),  $a^*$  (kırmızılık) ve  $b^*$  (sarılık) değerleri belirlenmiştir.

### **Ekmek İçi Tekstür Özellikleri**

Ekmek örneklerinin tekstür profil analizi, bir Texture Analyzer cihazı (Lloyd Instruments) kullanılarak Wang vd. (2002) tarafından belirtilen prosedüre uygun olarak yapılmıştır. Ekmeğin merkezinden alınan 2 cm'lik iki farklı dilim 25 mm çapa sahip bir prob kullanmak suretiyle %50 oranında preslenmiştir. İki farklı ekmekten alınan dört dilim örnek analiz edilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Ekmek içine ait

sertlik, koheziflik, esneklik ve çiğnenebilirlik gibi parametreler belirlenmiştir.

### **Ekmekğin Duyusal Değerlendirmesi**

Ekmek örneklerinin duyusal değerlendirilmesi Wang vd. (2002) tarafından belirtilen prosedüre uygun olarak yapılmıştır. Panelistlere kodlanmış (kontrol ekmeği ile farklı oranda lif içeren ekmekler) ekmek dilimleri verilerek koku, ekmek kabuğu rengi, ekmek içi rengi, ekmek içi gözenek yapısı, esneklik, pütürlülük (ağızda bıraktığı his), tat/aroma ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından 1 (en düşük) ile 10 (en yüksek) puanlar arasında değerlendirmeleri istenmiştir. Ortalama puanların 5'ten büyük olması ürünün kabul edilebilir olarak değerlendirilmesini sağlamıştır.

### **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 Tartışma**

### **Hamur Reolojisi**

Kontrol örneği (K) ile un esasına göre farklı oranlarda S lifi (yüksek basınç homojenizatöründen geçmemiş lif örneği) içeren hamur örneklerine ait  $G'$  ve  $G''$  değerleri Şekil 1'de,  $S_m$  lifi (yüksek basınç homojenizatöründen geçmiş lif örneği) içeren hamur örneklerine ait  $G'$  ve  $G''$  değerleri ise Şekil 2'de sunulmuştur.

Lif içeren hamurların kontrol hamuruna göre önemli derecede yüksek  $G'$  ve  $G''$  değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer bir sonuç, selüloz, buğday lifi ve yulaf lifi ilave edilmiş hamurlarda da gözlenmiş, daha yüksek  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin, daha yüksek konsistens ve daha düşük akma eğilimine sahip olan daha katı bir hamurun göstergesi olduğu ifade edilmiştir (Gomez vd., 2010). Viskoelastik hamur matriksi içinde fibröz kepeğin bir dolgu maddesi olarak faaliyet gösterdiği ve kepek ile gluten arasındaki su rekabetinden dolayı sudan kaynaklanan yağlama etkisini azalttığı, sonuç olarak da  $G'$  değerini arttırdığı belirtilmiştir (Ishwarya vd., 2017). Her iki lif grubunu içeren hamur örneklerinde  $G'$  değerlerinin  $G''$  değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. S lifi kullanılması durumunda, ilave oranındaki artışla birlikte hamur daha kuvvetli hale gelmiştir ( $S_m$  lifine göre daha büyük  $G'$  değerleri). Bu durum, S lifinin  $S_m$  lifine kıyasla oluşturduğu daha

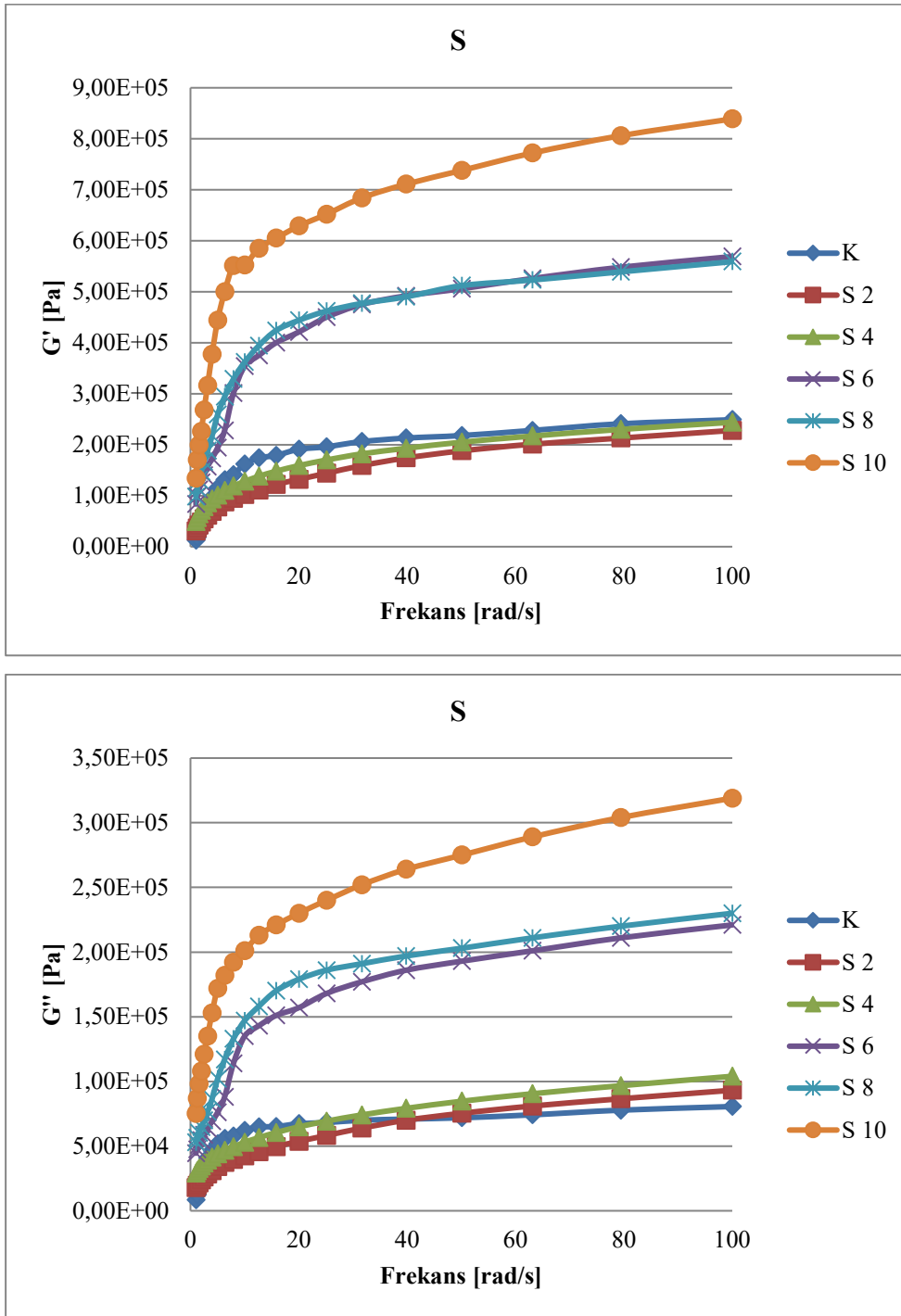
yüksek viskoziteden kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlar, su ve maya miktarının bir fonksiyonu olarak ve hidrokolloidlerin ilavesi ile buğday unu hamurunun reolojik ve mikroyapısal özelliklerindeki değişimi tanımlayan Upadhyay vd. (2012)'nin elde ettiği sonuçlara benzemektedir. Bu araştırmacılar hamur formülasyonunda %0.5, 1.5 ve 3.0 oranlarında sodyum aljinat ve ksantan gam kullanmış ve hidrokolloid kullanıldığı su miktarını sabit %60, maya miktarını sabit %2 olarak belirlemişlerdir. Hidrokolloid ilavesi ile birlikte  $G'$  ve  $G''$  değerleri artmış ve hamurda daha fazla sertlik meydana gelmiştir. Ksantan gam kullanılması durumunda, hidrokolloid ilavesi arttıkça sodyum aljinata kıyasla daha büyük  $G'$  değerleri elde edilmesi nedeniyle hamurun daha kuvvetli hale geldiği bildirilmiş, bu durum ksantan gamın sodyum aljinata kıyasla oluşturduğu daha yüksek viskoziteye dayandırılmıştır. Benzer şekilde, bira posası, elma posası (Ktenioudaki vd., 2013), inülin (Peressini ve Sensidoni, 2009) ve suda çözünmeyen hurma lifi (Ahmed vd., 2013) ilavesinin hamurun reolojik özellikleri üzerine etkilerini inceleyen çeşitli çalışmalarda lif ilavesi ile birlikte  $G'$  ve  $G''$  değerlerinde artış gözlenmiştir. Lifle zenginleştirilmiş hamurun kontrol örneğine göre daha yüksek mekanik kuvvet gösterdiği, bunun da daha sert bir hamurun göstergesi olduğu belirtilmiştir. Hamur örneklerine ait  $G'$  değerlerinin  $G''$  değerlerinden yüksek olması ise hamurların elastik benzeri bir davranış göstermesine bağlanmış ve bu durumun ( $G' > G''$ ) viskoelastik ağ yapının gerçek bir göstergesi olduğu ifade edilmiştir.

### **Hamurun Tekstürel Özellikleri**

Kontrol örneği (K) ile un esasına göre farklı oranlarda lif (S ve  $S_m$  lifi) içeren hamur örneklerine ait tekstürel parametreler Tablo 1'de sunulmuştur.

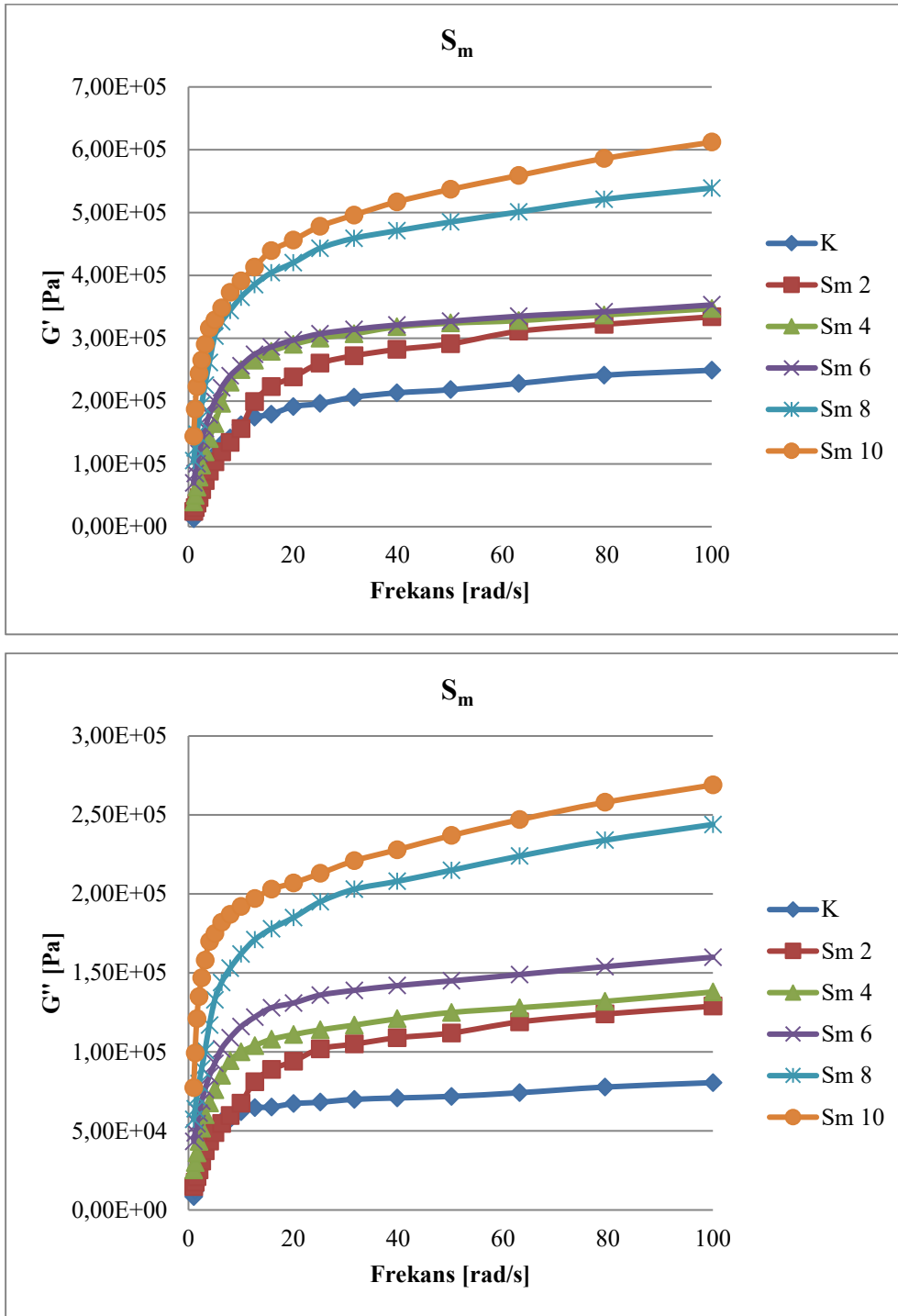
Kontrol hamuru ile %2 ve %4 oranlarında lif içeren hamurların benzer sertlik değerlerine sahip olduğu ve bu hamurların sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmektedir ( $P > 0.05$ ). Ancak, daha yüksek

oranda lif ilavesi, hamurların sertlik değerlerinde önemli düzeyde artışa neden olmuştur. Yüksek basınç homojenizasyonuna tabi tutulmuş lif örneklerinin hamur sertliği açısından aynı ilave düzeyinde diğer lif grubuna kıyasla önemli bir değişime yol açmadığı belirlenmiştir. S lifi, hamurların koheziflik değerlerinde kontrol hamuruna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde artışa neden olurken ( $P < 0.05$ ),  $S_m$  lifi içeren hamurların genellikle kontrol hamuruna benzer koheziflik değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Her iki lif grubunun da hamur örneklerinin sakızimsılık ve yapışkanlık değerlerini önemli düzeyde etkilemediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kek formülasyonunda kladod tozu (Ayadi vd., 2009) ve elma posası (Sudha vd., 2007) kullanılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bu araştırmacılar, karışımında bulunan lif fraksiyonundaki artışla birlikte hamurun daha sert bir hal almasının ya gluten proteinlerinin seyrelmesine ya da buğday unundaki proteinler ile polisakaritler arasındaki etkileşime bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, hamur kohezyonu üzerine kladod tozu ilavesinin hemen hemen önemsiz bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Ekmek kalitesi üzerine lif ilavesinin etkilerini inceleyen başka bir çalışmada ise bezelye ve bakla kabuğu lifi ilavesinin hamurun tekstürel özelliklerini önemli ölçüde geliştirdiği belirtilmiştir. İlave edilen lif konsantrasyonu arttıkça kohezyon, yapışkanlık ve esneklik parametreleri artış göstermiştir. Düşük konsantrasyondaki (0.25 ve 0.5 g/100g) lif ilavesinde hamur sertliği azalırken yüksek konsantrasyondaki (0.75 ve 1 g/100g) lif ilavesinde sertlik kısmen artmıştır (Fendri vd., 2016). Armero ve Collar (1997), buğday unu hamuruna ait bazı tekstür parametrelerinin primer öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yapışkanlığın, hamurun işlenebilirliğini son derece etkileyen bir parametre olduğu, diğer tekstür parametrelerinin ise hamurun işlenebilirliği üzerinde bir avantaj ya da dezavantaja sahip olmadığı ancak ekmek kalitesini tahmin etme açısından önemli olduğu ifade edilmiştir. İç yapıları yüksek gerilim ve deformasyona dirençli daha kohezif hamurların, spesifik hacmi daha yüksek ve daha yumuşak ekmeklere yol açtığı bildirilmiştir.



**Şekil 1.** Farklı oranlarda (%2, 4, 6, 8, 10) S lifi içeren hamur örneklerine ait elastisite modülü ( $G'$ ) ve viskoz modülü ( $G''$ ) değerleri

**Figure 1.** The storage modulus ( $G'$ ) and loss modulus ( $G''$ ) values of wheat dough containing unmicronized sugar beet dietary fiber at different levels (2, 4, 6, 8, 10%)



**Şekil 2.** Farklı oranlarda (%2, 4, 6, 8, 10)  $S_m$  lifi içeren hamur örneklerine ait elastisite modülü ( $G'$ ) ve viskoz modülü ( $G''$ ) değerleri

**Figure 2.** The storage modulus ( $G'$ ) and loss modulus ( $G''$ ) values of wheat dough containing micronized sugar beet dietary fiber at different levels (2, 4, 6, 8, 10%)

**Tablo 1.** Şeker pancarı lifi ilavesinin hamurun tekstürel özellikleri üzerine etkisi**Table 1.** The effect of sugar beet dietary fiber addition on textural properties of wheat dough

	Sertlik (N)	Koheziflik	Sakızimsılık (N)	Yapışkanlık (N.s)
K	1.46 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.02 <sup>ab</sup>
S				
%2	1.42 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.64 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.02 <sup>ab</sup>
%4	2.10 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.70 ± 0.11 <sup>bc</sup>	0.84 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.04 <sup>ab</sup>
%6	4.42 ± 0.13 <sup>cd</sup>	0.97 ± 0.04 <sup>c</sup>	1.00 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.04 <sup>ab</sup>
%8	5.28 ± 0.33 <sup>cd</sup>	0.67 ± 0.05 <sup>bc</sup>	1.78 ± 2.13 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.05 <sup>ab</sup>
%10	5.28 ± 1.54 <sup>cd</sup>	0.55 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.86 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.07 <sup>ab</sup>
S <sub>m</sub>				
%2	1.61 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.22 <sup>ab</sup>	0.55 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.10 <sup>b</sup>
%4	3.26 ± 0.06 <sup>abc</sup>	0.35 ± 0.14 <sup>ab</sup>	0.77 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.44 ± 0.20 <sup>ab</sup>
%6	3.96 ± 0.30 <sup>bcd</sup>	0.38 ± 0.05 <sup>ab</sup>	1.25 ± 0.25 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.25 <sup>a</sup>
%8	4.41 ± 1.03 <sup>cd</sup>	0.67 ± 0.04 <sup>bc</sup>	1.15 ± 1.01 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.07 <sup>ab</sup>
%10	5.75 ± 0.10 <sup>d</sup>	0.42 ± 0.08 <sup>ab</sup>	0.59 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.11 <sup>ab</sup>

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ( $P < 0.05$ )

*Different small letters in the same column show the statistical difference between the values ( $P < 0.05$ )*

K: Kontrol

*K: Control*

S: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmemiş lif örneği

*S: Unmicronized sugar beet dietary fiber*

S<sub>m</sub>: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

*S<sub>m</sub>: Micronized sugar beet dietary fiber*

**Tablo 2.** Şeker pancarı lifi ilavesinin ekmeğin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi**Table 2.** The effect of sugar beet dietary fiber addition on physicochemical properties of wheat bread

	Nem (%)	Ağırlık (g)	Hacim (mL)	Spesifik Hacim (mL/g)
K	37.02 ± 0.64 <sup>bcde</sup>	141.69 ± 0.84 <sup>bc</sup>	440.00 ± 16.43 <sup>f</sup>	3.11 ± 0.12 <sup>f</sup>
S				
%2	38.47 ± 1.98 <sup>e</sup>	146.86 ± 0.48 <sup>d</sup>	420.00 ± 7.75 <sup>ef</sup>	2.86 ± 0.05 <sup>e</sup>
%4	38.29 ± 0.58 <sup>de</sup>	147.83 ± 0.96 <sup>d</sup>	309.17 ± 11.58 <sup>c</sup>	2.09 ± 0.09 <sup>c</sup>
%6	33.86 ± 2.15 <sup>abc</sup>	140.18 ± 0.10 <sup>ab</sup>	236.67 ± 6.06 <sup>ab</sup>	1.69 ± 0.04 <sup>ab</sup>
%8	31.67 ± 2.76 <sup>a</sup>	136.31 ± 5.86 <sup>a</sup>	237.50 ± 9.87 <sup>ab</sup>	1.74 ± 0.08 <sup>ab</sup>
S <sub>m</sub>				
%2	37.28 ± 0.16 <sup>cde</sup>	141.98 ± 0.08 <sup>bc</sup>	401.67 ± 20.17 <sup>e</sup>	2.83 ± 0.14 <sup>e</sup>
%4	37.63 ± 0.74 <sup>de</sup>	144.90 ± 0.42 <sup>cd</sup>	331.67 ± 9.83 <sup>d</sup>	2.29 ± 0.06 <sup>d</sup>
%6	34.81 ± 0.84 <sup>abcd</sup>	138.08 ± 1.30 <sup>ab</sup>	246.67 ± 4.08 <sup>b</sup>	1.79 ± 0.04 <sup>b</sup>
%8	33.60 ± 1.12 <sup>ab</sup>	140.19 ± 0.99 <sup>ab</sup>	225.00 ± 4.47 <sup>a</sup>	1.61 ± 0.03 <sup>a</sup>

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ( $P < 0.05$ )

*Different small letters in the same column show the statistical difference between the values ( $P < 0.05$ )*

K: Kontrol

*K: Control*

S: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmemiş lif örneği

*S: Unmicronized sugar beet dietary fiber*

S<sub>m</sub>: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

*S<sub>m</sub>: Micronized sugar beet dietary fiber*



### *Ekmekğin Fizikokimyasal Özellikleri*

Ekmek örneklerine ait nem, ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Kontrol ekmeğine ait nem değeri %37.02 iken S lifi içeren ekmeklerin nemi %31.67-38.47 değerleri arasında,  $S_m$  lifi içeren ekmeklerin nemi ise %33.60- 37.63 değerleri arasında değişmiştir. %2, 4 ve 6 oranlarında S lifi içeren ekmeklerin nem değerleri ile kontrol ekmeğinin nem değeri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı, %8 ilave oranında ise ekmeğe ait nem değerinin kontrole göre önemli ölçüde düşük olduğu görülmektedir.  $S_m$  lifi ilavesi ise ekmek örneklerinin nem miktarı üzerinde kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir farka yol açmamıştır ( $P > 0.05$ ). Ekmeklerin ağırlıklarının da nem değerleri ile paralel bir eğilim içinde olduğu görülmektedir.

Ekmeklere şeker pancarı lifi ilavesi, ekmek örneklerinin hacimlerinin kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur ( $P < 0.05$ ). İlave edilen lif oranı arttıkça hacim değerleri de aşamalı olarak azalmıştır. Aynı durum, her iki lif örneği ile zenginleştirilmiş ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde de gözlenmiştir. Kontrol ekmeğinin hacmi 440 mL iken %2, 4, 6 ve 8 oranlarında S lifi içeren ekmeklerin hacmi sırasıyla 420, 309.17, 236.67 ve 237.50 mL olarak belirlenmiştir. Aynı ilave oranlarında  $S_m$  lifi içeren ekmeklerin hacim değerleri ise sırasıyla 401.67, 331.67, 246.67 ve 225 mL’dir. Ekmek hacmine dair elde edilen bu sonuçlar, ekmek üretiminde şeker pancarı katkısı kullanan Filipović vd. (2004)’nin sonuçları ile uyumludur. Bu araştırmacılar, katkı ilavesindeki artışla birlikte ekmek hacminin azaldığını ve %0, 2, 5 ve 10 oranlarındaki katkı ilavesi için ekmek hacminin sırasıyla 337, 309, 268 ve 194 mL olarak belirlendiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, ekmek içi yapısının oldukça kaba ve ekmek içi renginin kabul edilemez şekilde koyu bir hal aldığı ifade edilmiştir. Fendri vd. (2016), lif ilavesinin ekmek hacmi üzerinde meydana getirdiği bu olumsuz etkinin glutenin dilüsyonuna veya gluten ve lif arasındaki etkileşime bağlı olabileceğini, aynı zamanda lifin hamur yapısını zayıflatması ya da bozması ve dolayısıyla  $CO_2$  gazı tutulmasını azaltmasının bir sonucu olabileceğini bildirmişlerdir. Ekmek yapımında buğday kepeğinin etkilerini inceleyen bir çalışmada, kepeğin su için gluten ve nişasta ile rekabete girmesinin glutenin yeterli bir şekilde hidrasyonunu engelleyebileceği, bu durumun da ekmek hacminin azalmasına yol açabileceği belirtilmiştir (Lai vd., 1989). Başka bir çalışmada ise, ortalama partikül boyutları 75  $\mu m$  ve 150  $\mu m$  olan yulaf lifi

tozları ekmek üretiminde farklı oranlarda (%4, 8, 12, 16, 20) kullanılmıştır. Buğday ekmeğinde bulunan daha küçük partikül boyutuna sahip besinsel lif, son ürünün spesifik hacmini arttırmış fakat bu hacmin kontrole göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Kurek vd., 2016).

Ekmek örneklerinin kabuk ve iç kısımlarına ait renk parametreleri Tablo 3’te sunulmuştur.

Her iki lif grubu için, %2 ve %4 oranlarında lif ilavesi ekmek kabuğunda parlaklığın önemli düzeyde azalmasına neden olurken, yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği %6 ve %8 ilave oranlarında ekmek kabuğu parlaklığının kontrole kıyasla istatistiksel olarak önemli ölçüde artmasına neden olmuştur ( $P < 0.05$ ). Lif ilavesi ekmek içinin daha koyu bir renk almasına yol açmış ve ilave edilen lif miktarı arttıkça ekmek içi parlaklığı giderek azalmıştır. Unlu mamullerin parlaklığındaki azalmanın, şekerler ve aminoasitler arasındaki reaksiyonlar için ortam yaratan suyun life bağlanması olayının bir sonucu olabileceğine dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Kurek vd., 2016). Ekmeğin teknolojik kalitesi üzerine farklı besinsel lif kaynaklarının (buğday kepeği, dirençli nişasta ve keçi boynuzu gamı) etkilerini inceleyen bir çalışmada ise keçi boynuzu gamının ekmek içi parlaklığında meydana getirdiği azalma, bu lif kaynağının ekmek içi nem miktarı üzerindeki etkisi ile ilişkilendirilmiştir (daha fazla nem, daha düşük parlaklık) (Almeida vd., 2013). S lifi ekmek kabuğu ve ekmek içine ait kırmızı renk oranında kontrole göre önemli bir değişim meydana getirirken,  $S_m$  lifi yalnızca ekmek içine ait kırmızılık değerlerinde artışa neden olmuştur. Genel olarak, lif içeren ekmek örneklerinin sarı renk oranının benzer olduğu ve bu örneklerde ait b değerlerinde kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir ( $P > 0.05$ ). Farklı besinsel lifler ile zenginleştirilmiş ekmeklerin kalite özelliklerini araştıran çeşitli çalışmalarda da ekmek rengine dair benzer sonuçlar elde edilmiş, genel olarak lif ilavesi ile birlikte ekmek kabuğu ve ekmek içine ait parlaklık (L) ve sarılık (b) değerlerinin azaldığı, kırmızı renk oranının (a) arttığı bildirilmiştir (Filipović vd., 2004; Romanekiewicz vd., 2017; Fendri vd. 2016). Yüksek sıcaklıklara doğrudan maruz bırakılmış unlu mamullerin yüzey renginin, karamelizasyon ve maillard reaksiyonları sonucu değiştiği belirtilmiştir. Pişirme prosesi sırasında ekmek içinin sıcaklığı  $100^\circ C$ ’ye ulaşmazken, ekmek kabuğunda sıcaklık  $100^\circ C$ ’nin üzerindedir. Ürünün rengini etkileyen maillard reaksiyonunun yalnızca ekmek kabuğunda meydana geldiği, ekmek içi renginin ise yalnızca hamur üretiminde kullanılan bileşenlerle doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Romankiewicz

vd., 2017). Ekmek üretiminde iki farklı boyutta (ortalama 75  $\mu\text{m}$  ve 150  $\mu\text{m}$ ) yulaf lifi tozu kullanılan bir çalışmada ise unlu mamullere ilave edilen daha küçük boyuttaki besinsel lifin kontrol örneği ile karşılaştırıldığında renk bakımından daha az farklılığa neden olduğu belirtilmiştir (Kurek vd., 2016). Bu durum, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

### **Ekmek İçi Tekstür Özellikleri**

Ekmek içine ait sertlik, koheziflik, esneklik ve çiğnenebilirlik gibi tekstürel parametreler Tablo 4'te sunulmuştur.

Kontrol ekmeğinin sertlik değeri 6.42 N iken, S lifi içeren ekmeklerin 9.00-46.56 N arasında,  $S_m$  lifi içeren ekmeklerin ise 9.47-44.02 N arasında sertlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Her iki lif grubunu içeren ekmek örneklerinin sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri, %2 ilave oranı hariç kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir artış göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Lif oranındaki artış, bu parametrelere ait değerlerin gittikçe artmasına neden olmuştur. Bu durum, formülasyondaki su miktarının sabit olması ile ilişkilendirilebilir. Cappa vd. (2013), hidrokolloidler ve yüksek lifli bileşenlerin kullanımının, genellikle ekmek ve ilişkili ürünlerin tekstürü üzerinde olumlu etkilere neden olduğunu, bu maddelerin ilavesinin, özellikle de glutensiz ekmeklerde, liflerin su bağlama ve pişirme prosesi boyunca bu suyu tutma kabiliyetleri nedeniyle ekmek içi yumuşaklığını geliştirebildiğini bildirmişlerdir. Özellikle çözünür lif oranı yüksek liflerin (psyllium ve şeker pancarı lifi gibi), nemin tutulmasına yardım etmek ve ekmek içi nemliliğinin algılanmasını arttırmak suretiyle ekmek içi yumuşaklığını pozitif bir şekilde etkileyebileceği belirtilmiştir. Ancak, eğer orijinal kütledeki su miktarı sınırlı ve birçok madde bu su için rekabet etmek zorunda ise hem hidrokolloidler hem de yüksek lifli bileşenlerin fonksiyonlarını en iyi şekilde yerine getiremeyeceği ifade edilmiştir. Bu çalışmada, ekmek örneklerinin sertlik ve çiğnenebilirlik parametrelerine dair elde edilen sonuçlar, Gül ve Şen (2017)'in sonuçları ile uyumludur. Ekmek üretiminde nar çekirdeği unu kullanan bu araştırmacılar, formülasyondaki lif oranı arttıkça ekmek içi sertliği ve çiğnenebilirliğinin arttığını belirtmişlerdir. Tüketicilerin ekmek tazeliği ile ilgili algılarının kuvvetli bir şekilde ilişkili olması nedeniyle, unlu mamul-

ler için özellikle ekmek içi sertliğinin yaygın bir kalite özelliği olduğu bildirilmiştir. Genel olarak ekmek hacmi ne kadar büyüksertlik değerinin o kadar düşük olacağı yani ekmeğin daha yumuşak olacağı ifade edilmiştir. Başka bir çalışmada ise, fitik asitten arındırılmış ve konsantre edilmiş buğday kepeği ile pirinç kepeği ekmek üretiminde kullanılmış, kepek ilavesinin ekmek içi sertliğini önemli düzeyde arttırdığı bildirilmiştir. Sertliğin istenen bir özellik olmadığı çünkü aynı zamanda ekmeğin bayatlaması ile ilişkili olduğu belirtilmiş ve yüksek hacim ile üstün ekmek içi tekstürü arasında pozitif bir ilişki olduğu ifade edilmiştir. Ekmek sertliğinin; ekmek içi tekstürü, nişasta retrogradasyonu, ekmek içi gözeneği ve suyun ekmek içinden yüzeye göç etmesi gibi pek çok faktöre dayandığı bildirilmiştir (Özkaya vd., 2018). Farklı kaynaklardan (portakal, bezelye, kakao, kahve, buğday ve mikrokristalin selüloz) elde edilen saflaştırılmış bazı besinsel liflerin ekmek formülasyonunda %2 ve %5 oranlarında kullanıldığı bir çalışmada, ekmek sertliğinin gluten ve lifli materyaller arasındaki etkileşimin bir sonucu olduğu belirtilmiştir. Genel olarak, %2 lif ilave edilmiş taze ekmeğin kontrol ekmeğine göre önemli ölçüde daha sert bir ekmek içi tekstürüne sahip olduğu ifade edilmiştir. Ortalama lif boyutu 35  $\mu\text{m}$  olan buğday-S lifi ile ortalama lif boyutu 250  $\mu\text{m}$  olan buğday-L lifi olmak üzere iki buğday lifi kullanılmıştır. %2 oranında buğday-S lifi içeren ekmek örneklerinin sertlikteki en büyük artışı meydana getirdiği, bu etkinin muhtemelen ekmek içindeki hava kabarcıklarını çevreleyen duvarların lif etkisiyle kalınlaşmasına bağlı olduğu bildirilmiştir. Yalnızca, %2 oranında buğday-L lifi içeren ekmekler sertlikte çok az bir azalma göstermiştir (Gomez vd., 2003).

Genel olarak, lif ilavesi ile birlikte (%4 S lifi ve %4  $S_m$  lifi ilavesi haricinde) ekmek örneklerinin koheziflik ve esneklik değerlerinde kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ). Ekmek üretiminde farklı besinsel liflerin kullanıldığı çeşitli çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Rodriguez-Sandoval vd., 2017; Gül ve Şen, 2017; Romankiewicz vd., 2017). Kırılmanın azalmasının göstergesi olan yüksek bir koheziflik değerinin, ekmek için istenen bir özellik olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, ekmeğe ait düşük esneklik değerlerinin elastisite kaybı ile, yüksek esneklik değerlerinin ise tazeliğe ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Özkaya vd., 2018).

**Tablo 3.** Şeker pancarı lifi ilavesinin ekmeğin renk özellikleri üzerine etkisi**Table 3.** The effect of sugar beet dietary fiber addition on colour properties of wheat bread

	Ekmek kabuğu rengi			Ekmek içi rengi		
	L	a	b	L	a	b
K	61.8 ± 2.51 <sup>c</sup>	9.3 ± 0.78 <sup>ab</sup>	27.8 ± 1.26 <sup>b</sup>	71.9 ± 1.67 <sup>g</sup>	-1.9 ± 0.36 <sup>a</sup>	19.0 ± 0.80 <sup>cd</sup>
S						
%2	52.9 ± 2.23 <sup>a</sup>	11.5 ± 2.23 <sup>bc</sup>	25.9 ± 1.61 <sup>b</sup>	69.3 ± 0.85 <sup>f</sup>	0.2 ± 0.91 <sup>cd</sup>	18.7 ± 1.01 <sup>c</sup>
%4	51.8 ± 1.24 <sup>a</sup>	15.7 ± 1.69 <sup>c</sup>	27.0 ± 2.55 <sup>b</sup>	66.4 ± 0.37 <sup>de</sup>	5.0 ± 1.43 <sup>e</sup>	17.3 ± 0.65 <sup>b</sup>
%6	61.7 ± 4.27 <sup>c</sup>	16.8 ± 12.41 <sup>c</sup>	20.6 ± 9.79 <sup>a</sup>	62.4 ± 1.15 <sup>ab</sup>	8.2 ± 0.48 <sup>f</sup>	16.1 ± 0.16 <sup>a</sup>
%8	62.6 ± 1.76 <sup>c</sup>	6.7 ± 1.71 <sup>ab</sup>	27.6 ± 2.88 <sup>b</sup>	63.9 ± 0.41 <sup>c</sup>	0.8 ± 0.10 <sup>d</sup>	18.9 ± 0.40 <sup>c</sup>
S <sub>m</sub>						
%2	53.0 ± 2.32 <sup>a</sup>	9.5 ± 0.72 <sup>ab</sup>	25.8 ± 1.00 <sup>b</sup>	67.2 ± 0.63 <sup>e</sup>	-1.3 ± 0.17 <sup>ab</sup>	18.6 ± 0.20 <sup>c</sup>
%4	56.5 ± 2.94 <sup>b</sup>	9.0 ± 0.80 <sup>ab</sup>	26.7 ± 1.30 <sup>b</sup>	65.4 ± 0.42 <sup>d</sup>	-0.5 ± 0.12 <sup>bc</sup>	19.0 ± 0.21 <sup>c</sup>
%6	66.6 ± 0.84 <sup>d</sup>	4.1 ± 0.52 <sup>a</sup>	26.0 ± 0.97 <sup>b</sup>	63.3 ± 0.43 <sup>bc</sup>	0.5 ± 0.11 <sup>d</sup>	19.7 ± 0.23 <sup>d</sup>
%8	66.6 ± 0.32 <sup>d</sup>	3.9 ± 1.13 <sup>a</sup>	27.0 ± 1.63 <sup>b</sup>	61.7 ± 0.34 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.29 <sup>d</sup>	18.7 ± 0.38 <sup>c</sup>

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ( $P < 0.05$ )

*Different small letters in the same column show the statistical difference between the values ( $P < 0.05$ )*

K: Kontrol

*K: Control*

S: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmemiş lif örneği

*S: Unmicronized sugar beet dietary fiber*

S<sub>m</sub>: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

*S<sub>m</sub>: Micronized sugar beet dietary fiber*

**Tablo 4.** Şeker pancarı lifi ilavesinin ekmeğin tekstürel özellikleri üzerine etkisi**Table 4.** The effect of sugar beet dietary fiber addition on textural properties of wheat bread

	Sertlik (N)	Koheziflik	Esneklik	Çiğnenebilirlik (N)
K	6.42 ± 0.89 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.01 <sup>bcde</sup>	6.52 ± 0.11 <sup>abc</sup>	17.28 ± 1.92 <sup>a</sup>
S				
%2	9.00 ± 0.52 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.03 <sup>cde</sup>	6.18 ± 0.53 <sup>a</sup>	20.51 ± 4.75 <sup>a</sup>
%4	26.03 ± 0.96 <sup>b</sup>	0.29 ± 0.00 <sup>a</sup>	6.43 ± 0.24 <sup>abc</sup>	48.75 ± 1.03 <sup>b</sup>
%6	32.49 ± 1.49 <sup>c</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>ab</sup>	7.02 ± 0.25 <sup>cd</sup>	79.29 ± 9.04 <sup>c</sup>
%8	46.56 ± 2.55 <sup>d</sup>	0.35 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	6.26 ± 0.28 <sup>ab</sup>	92.17 ± 12.99 <sup>cd</sup>
S <sub>m</sub>				
%2	9.47 ± 2.29 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.01 <sup>de</sup>	6.97 ± 0.15 <sup>bcd</sup>	26.08 ± 3.55 <sup>a</sup>
%4	21.41 ± 0.78 <sup>b</sup>	0.41 ± 0.05 <sup>e</sup>	7.44 ± 0.25 <sup>d</sup>	59.37 ± 6.73 <sup>b</sup>
%6	44.02 ± 3.37 <sup>d</sup>	0.37 ± 0.03 <sup>cde</sup>	6.95 ± 0.66 <sup>bcd</sup>	90.61 ± 11.00 <sup>cd</sup>
%8	42.64 ± 5.44 <sup>d</sup>	0.33 ± 0.05 <sup>abc</sup>	6.83 ± 0.61 <sup>abcd</sup>	96.56 ± 16.86 <sup>d</sup>

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ( $P < 0.05$ )

*Different small letters in the same column show the statistical difference between the values ( $P < 0.05$ )*

K: Kontrol

*K: Control*

S: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmemiş lif örneği

*S: Unmicronized sugar beet dietary fiber*

S<sub>m</sub>: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

*S<sub>m</sub>: Micronized sugar beet dietary fiber*

**Tablo 5.** Şeker pancarı lifi ilavesinin ekmeğin duyuusal özellikleri üzerine etkisi**Table 5.** The effect of sugar beet dietary fiber addition on sensorial properties of wheat bread

	Koku	Kabuk Rengi	Ekmeğin İçi Rengi	Ekmeğin İçi Gözenek Yapısı	Esneklik	Pütürlülük	Tat/Aroma	Genel Kabul Edilebilirlik
K	8.00 ± 0.56 <sup>a</sup>	8.00 ± 0.53 <sup>c</sup>	8.79 ± 0.73 <sup>b</sup>	8.75 ± 0.50 <sup>b</sup>	8.33 ± 0.76 <sup>c</sup>	8.08 ± 1.12 <sup>a</sup>	8.13 ± 0.71 <sup>b</sup>	8.54 ± 0.43 <sup>d</sup>
S								
%2	7.50 ± 1.41 <sup>a</sup>	7.88 ± 0.83 <sup>c</sup>	7.75 ± 0.89 <sup>ab</sup>	8.13 ± 0.83 <sup>ab</sup>	7.38 ± 1.51 <sup>bc</sup>	7.88 ± 1.13 <sup>a</sup>	7.75 ± 1.16 <sup>ab</sup>	8.13 ± 0.83 <sup>cd</sup>
%4	6.63 ± 1.41 <sup>a</sup>	7.38 ± 0.92 <sup>bc</sup>	6.88 ± 1.64 <sup>ab</sup>	7.50 ± 1.51 <sup>ab</sup>	6.25 ± 1.58 <sup>abc</sup>	7.00 ± 1.41 <sup>a</sup>	6.63 ± 1.51 <sup>ab</sup>	6.75 ± 1.04 <sup>abcd</sup>
%6	6.25 ± 1.75 <sup>a</sup>	7.00 ± 1.07 <sup>bc</sup>	6.00 ± 1.31 <sup>a</sup>	6.38 ± 1.19 <sup>a</sup>	4.88 ± 1.55 <sup>a</sup>	6.38 ± 1.51 <sup>a</sup>	5.75 ± 1.58 <sup>a</sup>	5.75 ± 1.58 <sup>ab</sup>
%8	5.75 ± 1.39 <sup>a</sup>	4.88 ± 1.25 <sup>a</sup>	5.75 ± 2.12 <sup>a</sup>	6.38 ± 1.60 <sup>a</sup>	4.75 ± 1.16 <sup>a</sup>	6.13 ± 2.10 <sup>a</sup>	5.63 ± 1.92 <sup>a</sup>	5.50 ± 1.60 <sup>a</sup>
S <sub>m</sub>								
%2	7.50 ± 1.69 <sup>a</sup>	7.75 ± 0.71 <sup>bc</sup>	7.38 ± 1.19 <sup>ab</sup>	7.63 ± 0.92 <sup>ab</sup>	8.00 ± 1.07 <sup>bc</sup>	7.38 ± 1.92 <sup>a</sup>	7.38 ± 1.41 <sup>ab</sup>	7.63 ± 1.41 <sup>bcd</sup>
%4	6.38 ± 1.19 <sup>a</sup>	6.38 ± 1.41 <sup>abc</sup>	6.25 ± 1.67 <sup>a</sup>	6.13 ± 0.99 <sup>a</sup>	6.00 ± 1.85 <sup>abc</sup>	6.63 ± 0.92 <sup>a</sup>	6.00 ± 1.20 <sup>ab</sup>	5.88 ± 1.25 <sup>ab</sup>
%6	6.13 ± 1.64 <sup>a</sup>	6.13 ± 0.83 <sup>ab</sup>	6.00 ± 1.31 <sup>a</sup>	6.50 ± 1.60 <sup>a</sup>	6.13 ± 1.55 <sup>abc</sup>	6.13 ± 1.96 <sup>a</sup>	6.00 ± 1.85 <sup>ab</sup>	6.13 ± 1.55 <sup>abc</sup>
%8	6.25 ± 1.58 <sup>a</sup>	6.50 ± 1.41 <sup>abc</sup>	6.25 ± 1.98 <sup>a</sup>	6.50 ± 2.07 <sup>a</sup>	5.88 ± 1.81 <sup>ab</sup>	5.88 ± 1.25 <sup>a</sup>	6.13 ± 1.25 <sup>ab</sup>	6.00 ± 1.41 <sup>ab</sup>

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ( $P < 0.05$ )

*Different small letters in the same column show the statistical difference between the values ( $P < 0.05$ )*

K: Kontrol

K: Control

S: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmemiş lif örneği

S: Unmicronized sugar beet dietary fiber

S<sub>m</sub>: Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneği

S<sub>m</sub>: Micronized sugar beet dietary fiber

### Ekmeğin Duyusal Değerlendirmesi

Şeker pancarı lifi ilavesinin ekmeğin duyuusal özellikleri üzerine etkisi Tablo 5'te sunulmuştur.

Kontrol ekmeğine kıyasla, lifle zenginleştirilmiş ekmeklere panelistler tarafından her bir parametre için daha düşük puanlar verilmiştir. Formülasyondaki lif oranının artması genellikle puanların düşmesine neden olmuştur ancak birçok ilave oranında kontrol ekmeği ile lifli ekmekler arasında puanlar açısından istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ). Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif içeren ekmeğin örnekleri, esneklik bakımından S lifi içeren ekmeklere göre daha yüksek puanlar almıştır ve daha fazla tercih edilmiştir. S<sub>m</sub> lifi içeren ekmekler koku, ağızda bıraktığı his, tat/aroma gibi parametreler bakımından bütün ilave oranlarında kontrol ekmeğine benzer sonuçlar vermişlerdir. Genel kabul edilebilirlik açısından bakıldığında, panelistlerin bütün ekmekleri kabul edilebilir olarak değerlendirdiği görülmektedir (ortalama puanlar 5'ten büyüktür). %4 oranında S lifi ve

%2 oranında S<sub>m</sub> lifi içeren ekmeğin örneklerinin, kontrol ekmeğine benzer puanlar aldığı ve tüketici beğenilerini karşılayabileceği söylenebilir.

### Sonuç

Şeker pancarı posasından elde edilen şeker pancarı çözünmez lifi yüksek basınç homojenizasyonu ile mikronize edilmiş ve bu lif ekmeğin formülasyonunda farklı oranlarda kullanılarak hamur özellikleri ve ekmeğin kalitesi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Aynı zamanda, mikronize edilmemiş şeker pancarı lifi de ekmeğin üretiminde aynı oranlarda kullanılarak bu ekmeğin örnekleri değerlendirilen kalite özellikleri bakımından mikronize edilmiş lif içeren ekmeğin örnekleri ile kıyaslanmıştır. Lif ilavesi hamur örneklerinin G' ve G'' değerlerinde artışa yol açmış ve daha katı benzeri hamurların elde edilmesine neden olmuştur. Ayrıca bütün hamur örneklerinde, viskoelastik bir davranışın göstergesi olan G' değerlerinin G'' değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Lif ilavesi, hamurların sertlik değerlerinde artışa yol açarken sakızimsılık ve ya-

pışkanlık gibi parametreler üzerine önemli düzeyde etki etmemiştir. Mikronize edilmiş şeker pancarı lifi içeren ekmeğin örnekleri ağırlık ve nem içeriği bakımından kontrol ekmeğine benzer sonuçlar vermiştir. Ekmek örneklerine ilave edilen lif oranı arttıkça örneklerin hacim değerleri azalmıştır. Lif ilavesi ekmeğin sertlik ve çiğnenebilirlik özelliklerinde artışa neden olurken koheziflik değerlerinde önemli bir değişim meydana getirmemiştir. %4 oranında mikronize edilmiş şeker pancarı lifi içeren ekmeğin kontrol ekmeğine kıyasla önemli düzeyde yüksek bir esneklik değerine sahiptir ve bu da ekmeğin tazeliği açısından önemli bir kriterdir. Lif ilavesi ile birlikte, ekmeğin parlaklığı önemli ölçüde azalırken genel olarak ekmeklerin kırmızı renk oranı artmış, sarı renk oranında ise önemli bir değişim gözlenmemiştir. Lif ilave edilmiş bütün ekmekler duyu değerlendirmede panelistler tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Yüksek basınç homojenizatöründen geçirilmiş lif örneğini içeren ekmekler esneklik bakımından diğer ekmeklere göre daha yüksek puanlar almış ve koku, ağızda bıraktığı his, tat ve aroma gibi parametreler bakımından kontrol ekmeğine benzer sonuçlar vermiştir. Yüksek basınç homojenizasyonu aracılığıyla mikronize edilerek fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş olan şeker pancarı lifinin, ekmeğin yanı sıra farklı gıdaların bileşiminde kullanılarak bu gıdalarda tekstür ve stabilite açısından meydana getirebileceği etkiler değerlendirilebilir.

#### Etik Standart ile Uyumluluk

**Çıkar çatışması:** Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

**Etik izin:** Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

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

**Teşekkür:** -

**Açıklama:** Bu çalışma 13/01/2020 tarihinde tamamlanan "Mikronize edilmiş şeker pancarı lifinin hamur ve ekmeğin özellikleri üzerine etkileri" başlıklı Doktora tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

#### Kaynaklar

**Ahmed, J., Almusallam, A.S., Al-Salman, F., AbdulRahman, M.H., Al-Salem, E. (2013).** Rheological properties of water insoluble date fiber incorporated wheat flour dough. *Food Science and Technology*, 51(2), 409-416.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.11.018>

**Almeida, E.L., Chang, Y.K., Steel, C.J. (2013).** Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *Food Science and Technology*, 50(2), 545-553.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.012>

**Anonim (2012).** Türk Gıda Kodeksi. Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (2012/2). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 4 Ocak 2012 tarih ve 28163 sayılı Resmî Gazete, Ankara.

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/01/20120104-6.htm> (Erişim tarihi 05.05.2018)

**Armero E., Collar C. (1997).** Texture properties of formulated wheat doughs. Relationships with dough and bread technological quality. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung A*, 204, 136-145.

<https://doi.org/10.1007/s002170050050>

**Ayadi M.A., Abdelmaksoud W., Ennouri M., Attia H. (2009).** Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products*, 30, 40-47.

**Bogdanović, B., Šereš, Z., Gyura, J. (2013).** The influence of the extraction parameters on the quality of dried sugar beet pulp. *Hemjska Industrija*, 67(2), 269-275.

<https://doi.org/10.2298/HEMIND120412067B>

**Cappa, C., Lucisano, M., Mariotti, M. (2013).** Influence of *Psyllium*, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. *Carbohydrate Polymers*, 98(2), 1657-1666.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.007>

**Chen, T., Zhang, M., Bhandari, B., Yang, Z. (2018).** Micronization and nanosizing of particles for an enhanced quality of food: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(6), 993-1001.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1236238>

**Espejo, G.G.A., Hernandez-Herrero, M.M., Juan, B., Trujillo, A.J. (2014).** Inactivation of *Bacillus* spores inoculated in milk by ultra-high-pressure homogenization. *Food Microbiology*, 44, 204-210.

<https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.06.010>

- Felli, R., Yang, T.A., Abdullah, W.N.W., Zzaman, W. (2018). Effects of incorporation of jackfruit rind powder on chemical and functional properties of bread. *Tropical Life Sciences Research*, 29(1), 113-126.  
<https://doi.org/10.21315/tlsr2018.29.1.8>
- Fendri, L.B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Chaaboni, S.E., Ghribi-Aydi, D. (2016). Wheat bread enrichment by pea and broad bean pod fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Science and Technology*, 73, 584-591.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.070>
- Filipovic, N., Djuric, M., Gyura, J. (2007). The effect of the type and quantity of sugar-beet fibers on bread characteristics. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1047-1053.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.050>
- Filipović, N.K., Gyura, J.F., Filipović, J.S. (2004). Influence of additive from sugar beet on white bread quality. *Acta Periodica Technologica*, 35, 25-29.  
<https://doi.org/10.2298/APT0435025F>
- Floury, J., Desrumaux, A., Axelos, M., Legrand, J. (2002). Degradation of methylcellulose during ultra-high-pressure homogenization. *Food Hydrocolloids*, 16(1), 47-53.  
[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00039-X)
- Gomez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E., Caballero, P.A. (2010). Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. *Food Science and Technology*, 43(1), 33-38.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.026>
- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A., Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216, 51-56.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-002-0632-9>
- Gül, H., Şen, H. (2017). Effects of pomegranate seed flour on dough rheology and bread quality. *CyTA-Journal of Food*, 15(4), 622-628.  
<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1327461>
- Hancer, A., Karabulut, İ. (2019). Şeker pancarı besinsel lifinin fonksiyonel özellikleri üzerine farklı ekstraksiyon uygulamaları ve mikronizasyonun etkileri. *GIDA*, 44 (3), 498-512.  
<https://doi.org/10.15237/gida.GD19031>
- Hu, R., Zhang, M., Adhikari, B., Liu, Y. (2015). Effect of homogenization and ultrasonication on the physical properties of insoluble wheat bran fibres. *International Agrophysics*, 29, 423-432.  
<https://doi.org/10.1515/intag-2015-0048>
- Ishwarya, S.P., Desai, K.M., Naladala, S., Anandharamakrishnan, C. (2017). Bran-induced effects on the evolution of bubbles and rheological properties in bread dough. *Journal of Texture Studies*, 48(5), 415-426.  
<https://doi.org/10.1111/jtxs.12244>
- Jacquet, N., Vanderghem, C., Danthine, S., Blecker, C., Paquot, M. (2013). Influence of homogenization treatment on physicochemical properties and enzymatic hydrolysis rate of pure cellulose fibers. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 169(4), 1315-1328.  
<https://doi.org/10.1007/s12010-012-0057-2>
- Ktenioudaki, A., Gallagher, E. (2012). Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science and Technology*, 28(1), 4-14.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.004>
- Ktenioudaki, A., O'Shea, N., Gallagher, E. (2013). Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 362-368.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.005>
- Kurek, M., Wyrwisz, J., Piwińska, M., Wierzbicka, A. (2016). The effect of oat fibre powder particle size on the physical properties of wheat bread rolls. *Food Technology and Biotechnology*, 54(1), 45-51.  
<https://doi.org/10.17113/ftb.54.01.16.4177>
- Lai, C.S., Hosney, R.C., Davis, A.B. (1989). Effects of wheat bran in breadmaking. *Cereal Chemistry*, 66(3), 217-219.
- Lopes, M.T., Mota, M.J., Gomes, A.M., Delgadillo, I., Saraiva, J.A. (2018). Application of high pressure with homogenization, temperature, carbon dioxide, and cold plasma for the inactivation of bacterial spores: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 532-555.  
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12311>
- Mišan, A., Sakač, M., Medić, D., Tadić, V., Marković, G., Gyura, J., Pagano, E., Izzo, A.A., Borrelli, F., Šarić, B.,



- Milovanović, I., Milić, N. (2016). Antioxidant and physicochemical properties of hydrogen peroxide-treated sugar beet dietary fibre. *Phytotherapy Research*, 30(5), 855-860. <https://doi.org/10.1002/ptr.5598>
- Özboy, Ö., Köksel, H. (1999). Utilization of sugar beet fiber in the production of high fiber bread. *Zuckerindustrie*, 124(9), 712-715.
- Özkaya, B., Baumgartner, B., Özkaya, H. (2018). Effects of concentrated and dephytinized wheat bran and rice bran addition on bread properties. *Journal of Texture Studies*, 49(1), 84-93. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12286>
- Öztürk, S., Özboy Özbaş, Ö., Cavidoğlu, I., Köksel, S. (2008). Utilization of sugar beet fiber and zero-trans interesterified and non-interesterified shortenings in cookie production. *Zuckerindustrie*, 133(11), 704-709.
- Peressini, D., Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 190-201. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.09.007>
- 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 and Bioprocess Technology*, 7(3), 749-760. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1073-0>
- Rodriguez-Sandoval, E., Polania-Gaviria, L.Y., Lorenzo, G. (2017). Effect of dried cassava bagasse on the baking properties of composite wheat bread. *Journal of Texture Studies*, 48(1), 76-84. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12212>
- Romankiewicz, D., Hassoon, W.H., Cacak-Pietrzak, G., Sobczyk, M., Wirkowska-Wojdyla, M., Ceglińska, A., Dziki, D. (2017). The effect of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) addition on quality and nutritional value of wheat bread. *Journal of Food Quality*, 2017(1) 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/7352631>
- Rosell, C.M., Santos, E., Collar, C. (2009). Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach, *Food Research International*, 42(1), 176-184. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.003>
- Sakać, M.B., Gyura, J.F., Mišan, A.Č, Šereš, Z.I., Pajin, B.S., Šoronja-Simović, D.M. (2011). Antioxidant activity of cookies supplemented with sugar beet dietary fiber. *Sugar Industry*, 136(3), 151-158.
- Šoronja Simović, D., Maravić, N., Šereš, Z., Mišan, A., Pajin, B., Jevrić, L.D., Podunavac-Kuzmanović, S.O., Kovačević, S.Z. (2017). Antioxidant capacity of cookies with non-modified and modified sugar beet fibers: chemometric and statistical analysis. *European Food Research and Technology*, 243(2), 239-246. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2739-4>
- Šoronja-Simović, D.M., Smole-Možina, S., Raspor, P., Maravić, N.R., Zahorec, J.J., Luskar, L., Šereš, Z.I. (2016). Carob flour and sugar beet fiber as functional additives in bread. *Acta Periodica Technologica*, 47, 83-93. <https://doi.org/10.2298/APT1647083S>
- Sudha, M.L., Baskaran, V., Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104(2), 686-692. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.016>
- Upadhyay, R., Ghosal, D., Mehra, A. (2012). Characterization of bread dough: Rheological properties and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 109(1), 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.028>
- Wang, J., Rosell, J.M., Barber, C.B. (2002). Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79(2), 221-226. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00135-8)
- Wang, T., Sun, X., Zhou, Z., Chen, G. (2012). Effects of microfluidization process on physicochemical properties of wheat bran. *Food Research International*, 48(2), 742-747. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.015>
- Wu, M.Y., Shiau, S.Y. (2015). Effect of the amount and particle size of pineapple peel fiber on dough rheology and steamed bread quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 549-558. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12260>