

## DEFİTİNİZE EDİLMİŞ TAHIL KEPEKLERİNİN VE ENZİMLERİN MAKARNANIN FİZİKSEL VE DUYUSAL KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Hacer Levent<sup>\*1</sup>, Mehmet Koyuncu<sup>2</sup>, Nermin Bilgiçli<sup>3</sup>,  
Emre Adıgüzel<sup>1</sup>, Mustafa Dedeoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Karaman, Türkiye

<sup>2</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye

<sup>3</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 04.11.2019; Kabul / Accepted: 09.03.2020; Online baskı / Published online: 06.04.2020

Levent, H., Koyuncu, M., Bilgiçli, N., Adıgüzel, E., Dedeoğlu, M. (2020). Defitimize edilmiş tahıl kepeklerinin ve enzimlerin makarnanın fiziksel ve duyuşsal kalitesi üzerine etkileri. *GIDA* (2020) 45(2) 397-407 doi: 10.15237/gida.GD19140.

Levent, H., Koyuncu, M., Bilgiçli, N., Adıgüzel, E., Dedeoğlu, M. (2020). *Effects of dephytinized cereal brans and enzymes on physical and sensory quality of pasta.* *GIDA* (2020) 45(2) 397-407 doi: 10.15237/gida.GD19140.

### ÖZ

Bu araştırmada, tahıl kepekleri (pirinç, çavdar, buğday ve yulaf) iki farklı yöntemle (fitaz enzimi ve malt unu) defitimize edilmiş ve farklı enzim uygulamaları (ksilanaz ve transglutaminaz) ile makarna formülasyonunda (% 20 oranında) kullanılmıştır. Tahıl kepekleri makarnanın parlaklık değerlerini kontrol örneklerine kıyasla düşürmüştür ( $P<0.05$ ). Makarna örneklerinde transglutaminaz + ksilanaz enzimi uygulanarak en yüksek ağırlık, hacim artışı ve en düşük pişirme kaybı değerleri elde edilmiştir. Tahıl kepeği kullanımı, makarna örneklerinde sıklık değerini azaltmıştır. Duyusal analiz sonuçlarına göre, pirinç kepeği içeren makarna numuneleri diğer çeşitlere göre daha düşük görünüş ve tat puanlarını almıştır. Panelistler tarafından yulaf ve buğday kepekli makarna örnekleri daha fazla beğenilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Makarna, defitinizasyon, kepek, tahıl, enzim

## EFFECTS OF DEPHYTINIZED CEREAL BRANS AND ENZYMES ON PHYSICAL AND SENSORY QUALITY OF PASTA

### ABSTRACT

In this research, cereal brans (rice, rye, wheat and oat) were dephytinized by two different methods (phytase enzyme and malt flour) and used in pasta formulation (at 20% level) with different enzyme applications (xylanase and transglutaminase). Cereal brans decreased the brightness value of pasta compared to the control samples ( $P<0.05$ ). The highest weight, volume increase and the lowest cooking loss values were obtained by the application of transglutaminase+xylanase enzyme in pasta samples. The use of cereal bran decreased firmness value of pasta samples. According to the sensory analysis results, pasta samples containing rice bran had lower appearance and taste scores than other varieties. Oat and wheat bran pasta samples were more appreciated by the panelists.

**Keywords:** Pasta, dephytinization, bran, cereal, enzyme

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: hacerlevent@hotmail.com,

☎: (+90) 338 226 2131

☎: (+90) 338 226 2134

Hacer Levent; ORCID no: 0000-0002-7321-5577

Mehmet Koyuncu; ORCID no: 0000-0002-7704-9529

Nermin Bilgiçli; ORCID no: 0000-0001-5490-9824

Emre Adıgüzel; ORCID no: 0000-0002-9041-8990

Mustafa Dedeoğlu; ORCID no: 0000-0001-7866-5350

## GİRİŞ

Makarna, tahıl ürünleri içerisinde çok eskiden beri bilinen ve dünyada en yaygın olarak tüketilen gıdalardan birisidir (Elgün vd. 2007). Uzun süre muhafaza edilebilirliği, çeşitliliği, doyuruculuğu, kolay pişirilebiliyor olması, besinsel kalitesi ve diğer pek çok gıda maddesinden ucuz olması tahıl ürünleri içerisinde makarnayı öne çıkarmaktadır (Yeyinli, 2006). Ülkemizde, kısa kesme makarnalar, spagetti, tel şehriye, arpa şehriye ve kuskus en çok üretimi yapılan makarna çeşitlerinden olup, bunlar çeşitli katkıları kullanılarak zenginleştirilebilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Kepek tanenin aleron ve perikarptan oluşan dış tabakası olup tanenin öğütülmesi ve rafine edilmesi sırasında taneden uzaklaştırılır (Elgün ve Ertugay, 1995; Patel, 2015). Buğday, pirinç, yulaf, çavdar, arpa ve mısırdan elde edilen ve genellikle hayvan yemi olarak değerlendirilen tahıl kepekleri, nişasta olmayan karbonhidratlar (arabinoksilan,  $\beta$ -glucan), fenolik asitler (ferulik asit), flavonoidler (antosiyenin), yağ ( $\gamma$ -orizanol), vitaminler (karotenoidler, tokoller), oligosakkaritler, folatlar ve steroller için depo olarak kabul edilir. Tahıl kepekleri özellikle içerdiği zengin besinsel lif ve fenolik fitokimyasallar ile birçok sağlık avantajlarına sahip olup fonksiyonel olarak önemli bir katkı maddesidir (Patel, 2015).

Yapılan bir çalışmada, infrared yöntemi ile stabilize edilmiş pirinç kepeği erişte formülasyonunda %10-30 oranında kullanılmış ve eriştenin tekstürel, duyuşsal ve besinsel özellikleri incelenmiştir (Yılmaz Tuncel vd., 2017). Erişte örneklerinde artan pirinç kepeği oranlarında ham yağ, protein, besinsel lif, B vitaminleri ve mineral madde içeriğinde de artış olduğu, ortalama pişme süresinin uzadığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada, pirinç kepeği ilavesinin eriştenin sertlik değeri üzerine istatistikî olarak önemli bir etkisinin olmadığı ve %10 ilave oranından sonra duyuşsal özelliklerin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

Ertaş (2014), pirinç kepeğini %25 oranına kadar erişte formülasyonunda kullanmış ve pirinç kepeği kullanımı ile erişte örneklerinin ağırlık ve hacim artışı değerlerinin yükseldiğini ve duyuşsal analizlerde %10 oranında pirinç kepeği içeren

örneklerin kontrolden sonra en çok beğenilen örnekler olduğunu bildirmiştir.

Kaur vd. (2012) ise çeşitli tahıl kepekleri (buğday, pirinç, arpa ve yulaf kepeği) ile zenginleştirilmiş makarnaların fonksiyonel özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, kepek ilavesi ile makarna örneklerinin su absorpsiyonu ve pişme kayıplarında artış olduğunu belirlemiştir. Ayrıca çeşide bağlı olarak tahıl kepeklerinin %10-15 oranına kadar kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Tahıl kepekleri, fonksiyonel ve birçok sağlık avantajlarına sahip olmasına rağmen önemli miktarda fitik asit içermektedir. Bu özelliği tahıl kepeklerinin gıda formülasyonunda kullanımını sınırlandırmaktadır. Fitik asit myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis (dihidrojen fosfat) hububat, baklagil ve yağlı tohumlarda doğal bir bileşen olarak bulunmaktadır. Fitik asit insan beslenmesinde gerekli olan minerallerle kompleks oluşturmaya bunların emilimini engellemektedir. Bunun yanı sıra, fitik asitin minerallerle birleşmesiyle oluşan fitatlar, protein emilimini de olumsuz yönde etkilemektedir (Bilgiçli, 2002). Fitik asit antübesinsel bir bileşik olduğu düşünülmekte ve gıdalardaki fitat miktarını farklı yöntemlerle azaltmak için büyük çaba gösterilmektedir (Bilgiçli vd., 2006; Kumar vd., 2010).

Gıdalarda fitik asit miktarının azaltılmasında, öğütme, fermantasyon, basınç altında pişirme, çimlendirme, suda bekletme ve fitaz enzimi kullanımı gibi fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal metotlar uygulanabilmektedir. Ürünlerin özelliklerine ve üretim sürecine bağlı olarak, birkaç farklı yöntem bir arada da kullanılabilmektedir (Egounlety ve Aworh, 2003; Özkaya vd. 2017; Ertaş, 2018).

Transglutaminaz enzimi, proteinler arasında disülfid olmayan kovalent çapraz bağlar oluşturur ve böylece gluten proteinleri yapısını güçlendirir (Basman vd., 2002; Bellido ve Hatcher, 2010). Wang vd. (2011), transglutaminaz enzimini vital gluten veya yumurta albumini içeren yulaf unundan hazırlanan makarnada kullanmış ve transglutaminaz enziminin makarnada elastikiyeti

artırdığını, pişirme kaybını ise azalttığını rapor etmiştir. Bellido ve Hatcher (2011) yaptıkları çalışmada, erişteelerde transglutaminaz uygulamasının protein ağını polimerize ettiğini, sertliği ve elastikiyeti artırdığını bildirmişlerdir.

Ksılanaz, yaygın olarak hemiselülaz olarak adlandırılır, hamur işlenebilirliğini ve stabilitesini arttıran ve son ürün kalite özelliklerini geliştiren bir enzimdir (Si ve Drost-Lustenberger, 2002). Jyotsna vd. (2004) tel şehriye üretiminde ksılanaz, gluten, askorbik asit, gliserol monostearat, SSL (Sodium stearoyl-2-lactylate) ve glukoz oksidaz kullanmışlar ve ürün kalitesine etkilerini incelemişlerdir. Ksılanazın (%0.012) pişmiş ürünlerdeki ağırlık artışı, hacim artışı özelliklerini geliştirdiğini, üründe yapışkanlığı önlediğini, sert dokulu olmasını sağladığını bildirmişlerdir. Susanna ve Prabhasankar (2015) yaptıkları çalışmada, glutensiz makarna üretiminde ksılanaz enziminin pişme kaybı değerinde azalmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada farklı yöntemlerle defitinize edilmiş tahıl kepekleri (pirinç, çavdar, buğday ve yulaf), farklı enzimler (ksılanaz, transglutaminaz, ksılanaz+transglutaminaz) kullanılarak besinsel ve fonksiyonel özellikleri artırılmış ve teknolojik olarak üstün makarna örnekleri hazırlanmıştır. Elde edilmiş makarna örneklerinin fiziksel, tekstürel, pişme ve duyu özellikleri incelenmiştir.

### MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan buğday unu ve buğday irmiği Karaman ilinde faaliyet gösteren Golda Gıda San. A.Ş.'den temin edilmiştir. Malt unu İreks Gıda A.Ş.'den, pirinç kepeği Başhan Tarımsal Ürünler A.Ş.'den (Balıkesir), çavdar, buğday ve yulaf kepeği ise Sağlık Tarım Ürünleri'nden (Konya) temin edilmiştir. Vital gluten, Sinerji Gıda Kimya Tekstil San. ve Tic. A.Ş., ksılanaz ve fitaz enzimleri Orba Biokimya San. ve Tic. A.Ş., transglutaminaz enzimi ise FMI Gıda ve Kimya'dan sağlanmıştır.

### Tahıl kepeklerinin defitinizasyon işlemi

Makarna üretiminde kullanılan tahıl kepekleri (pirinç, çavdar, buğday ve yulaf) partikül iriliği 0.5

mm'nin altında olacak şekilde öğütülmüştür. Daha sonra 2:16 (w/v) oranında saf su ile karıştırılıp 2 gruba ayrılmış, birinci gruba %0.5 (w/w) fitaz enzimi, ikinci gruba ise %5 oranında (w/w) malt unu ilave edilerek pH, asetik asit ile 5.0'a ayarlanmış ve 55 °C'de 6 saat bekletilmiştir. Bekletme süresi sonunda 250 µ elek üzerinde karışım süzülüş, 500 ml su ile 1 kez durulanmış ve 60 °C'de max %10 su içeriğine kadar kurutulmuştur (Pandey vd. 2001; Servi vd. 2008).

### Makarna örneklerinin hazırlanması

Makarna örnekleri Ajila vd. (2010) tarafından belirtilen metot modifiye edilerek, yaklaşık 100:30 buğday irmiği/su oranı kullanılarak hazırlanmıştır. Makarna formülasyonlarında tahıl kepekleri buğday irmiği ile yer değiştirme esasına göre %20, ksılanaz ve transglutaminaz enzimleri ise Çizelge 1'de verilen oranlarda makarna üretiminde kullanılmıştır. Şahit makarna, %100 buğday irmiği ile üretilmiştir. Tahıl kepekli makarna örneklerinde kullanılan su miktarı ön denemeler ile belirlenmiştir. Makarna üretimi için pilot makarna üretim makinesi kullanılmış (La Monferrina, Dolly, İtalya) ve kısa kesme makarna şekli (penne) tercih edilmiştir. Makarna bileşenleri (1500 g buğday irmiği + ~ 500 ml su), irmiğin su hidrasyonu sağlanana kadar pilot makarna ünitesinin yoğurucu kısmında karıştırılmış ve hamur 15 dk oda sıcaklığında, 30 dk ise 30 °C'de bekletilip daha sonra ekstrüde edilmiş ve penne kalıbı kullanılarak kesilmiştir. Kurutulan makarna örnekleri polietilen ambalajlar içinde oda koşullarında muhafaza edilmiştir.

### Renk ölçümleri

Hammaddeler ve üretilen bütün makarna örneklerinde renk değerleri Minolta CR-400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. L\* (parlaklık), a\* (kırmızı, yeşil) ve b\* (sarı, mavi) değerleri saptanmıştır. C\* (doyunluk indeksi) değeri ise  $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ , Hue (renk özü) değeri  $\arctan(b^*/a^*)$  formülü ile hesaplanmıştır (Francis, 1998).

### Makarnada ağırlık, hacim artışı ve pişme kaybının belirlenmesi

Ağırlık artışının belirlenmesi için 20 gr makarna, 250 ml kaynayan saf su içerisinde optimum pişme

süresince pişirilmiş, çiğ ve pişmiş örneklerdeki ağırlık farkı % olarak belirlenmiştir. Hacim artışının belirlenmesi için örnekler aynı ağırlık artışı testinde olduğu gibi pişirilip süzölmüş ve 2 dk. bekletildikten sonra içerisinde saf su bulunan ölçü silindirine koyulup taşırdıkları suyun hacmi

belirlenmiştir. Bu değerlerden hacim artışı değerleri hesaplanmıştır (Oh vd., 1985; Özkaya ve Kahveci, 1990). Pişme kaybı için, makarnaların pişme suyu kurutma dolabında 135 °C’de kurutularak, pişme kaybı miktarı (%) hesaplanmıştır (Özkaya ve Kahveci, 1990).

Çizelge 1. Makarna üretiminde kullanılan deneme deseni

Table 1. The trial pattern used in pasta production

Kepek çeşidi/ Bran type	Defitizasyon metodu / Dephytinization method	Enzim uygulaması/ Enzyme application
Pirinç kepeği/ Rice bran Çavdar kepeği/ Rye bran Buğday kepeği/ Wheat bran Yulaf kepeği/ Oat bran	Fitaz enzimi/ Phytase enzyme	Enzim uygulamasız / without enzyme
		Ksilanaz / Xylanase(%0.01)
		Transglutaminaz/ Transglutaminase (%0.5)
		Ksilanaz/ Xylanase (%0.01)+Transglutaminaz/ Transglutaminase (%0.5)
	Malt unu/ Malt flour	Enzim uygulamasız / without enzyme
		Ksilanaz / Xylanase(%0.01)
		Transglutaminaz/ Transglutaminase (%0.5)
		Ksilanaz/ Xylanase (%0.01)+Transglutaminaz/ Transglutaminase (%0.5)

Deneme, 4 (kepek çeşidi), 2 (defitinizasyon metodu), 4 (enzim uygulaması) ile (4x2x4)x2 faktöriyel deneme desenine uygun olarak 2 tekrürlü olarak yürütölmüştür.

The experiment was carried out in duplicate in accordance with the 4 (bran type), 2 (dephytinization method), 4 (enzyme application) and (4x2x4) x2 factorial trial pattern.

#### Makarnada sıklık değeri belirlenmesi

Defitimize edilen tahıl kepekleri ile üretilen makarna örneklerinde, renk, pişme analizi ve fitik asit sonuçlarına göre, besinsel (fitik asit miktarı en az, sonuçlar gösterilmemiştir) ve teknolojik olarak üstün (pişme testleri) makarna örnekleri belirlenmiştir. Fitaz enzimi ile defitimize edilmiş tahıl kepekleri içeren, ksilanaz+transglutaminaz ile muamele edilen makarna örnekleri sıklık ölçümlerinde kullanılmıştır. Sıklık değeri, TAXT Plus Texture Analyzer (Stable Microsystems, Surrey, UK) kullanılarak pişirilmiş makarna örneklerinde ölçölmüştür. Analiz için A/LKB-F bıçak donanımı kullanılmıştır.

#### Duyusal analizler

Besinsel ve teknolojik olarak üstün makarna örneklerinde duysal analiz yapılmıştır. Makarna örneklerinin duysal özellikleri, 22 panelist (25-55

yaş) tarafından belirlenmiştir. Panelistlerden, makarna örneklerini renk, görünüş, sertlik, yapışkanlık, tat, koku ve genel beğeni açısından değeriendirmeleri istenmiştir. Duysal özelliklerin değeriendirilmesinde 1-7 arasındaki skala (1:aşırı kötü, 2:çok kötü, 3:kötü, 4:orta, 5:iyi, 6:çok iyi ve 7:mükemmel) kullanılmıştır (Epler vd., 1998).

#### İstatistiksel analizler

İstatistik analizlerde JMP istatistik programı, 10.0 versiyonu (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları karşılaştırılmıştır (P<0.05).

#### BULGULAR VE TARTIŞMA

Makarna üretiminde kullanılan bazı hammaddelerin ve makarna örneklerinin renk ölçümü sonuçları Çizelge 2 ve Çizelge 3’de

verilmiştir. Kepek faktörü açısından değerlendirildiğinde, makarna örneklerinde L\* değeri 73.44 ile 81.76 arasında değişmiştir. Buğday irmiği ile hazırlanan kontrol erişte örneğinde L\* değeri 87.97 olarak ölçülmüş, tahıl kepekleri kullanımı makarna örneklerinde L\* değerinde bir düşüşe neden olmuştur. Kullanılan hammaddelerden tahıl kepeklerinin buğday irmiğinden daha düşük L\* değerine sahip olması son ürünün rengi üzerinde etkili olmuş olabilir

(Çizelge 2). Makarna örneklerinde çavdar kepeği en yüksek, yulaf ve pirinç kepekleri ise en düşük kırmızılık değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Pirinç kepeği makarna örneklerinde en düşük sarılık ve chroma değerinin elde edilmesini sağlamıştır. Yulaf kepekli makarnada ise en yüksek hue değeri elde edilmiştir. Defitinizasyon yöntemi ve enzim uygulaması açısından örneklerin renk değerleri istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmamıştır (Çizelge 3).

Çizelge 2. Makarna üretiminde kullanılan bazı hammaddelerin renk analizi sonuçları

Table 2. The color analysis results of some raw materials used in pasta production

Hammadde/Raw materials	L*	a*	b*	C*	Hue
Buğday unu/Wheat flour	93.52±0.40a	-0.60±0.11d	10.01±0.13e	10.03±0.15e	93.43±0.35a
Buğday irmiği/Wheat semolina	89.09±0.25b	-1.76±0.13e	21.81±0.17b	21.88±0.19b	94.61±0.42a
Pirinç kepeği/Rice bran	70.28±0.24e	2.23±0.07c	21.13±0.13b	21.25±0.12b	83.98±0.59b
Çavdar kepeği/Rye bran	70.31±0.30e	3.95±0.11b	16.93±0.25d	17.38±0.26d	76.87±0.35d
Buğday kepeği/Wheat bran	72.42±0.45d	4.46±0.14a	23.46±0.31a	23.88±0.33a	79.24±0.31c
Yulaf kepeği/Oat bran	78.45±0.34c	2.22±0.17c	19.20±0.23c	19.33±0.21c	83.40±0.66b

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0.05$ ).

Values marked with different letters are statistically different ( $P<0.05$ ).

Çizelge 3. Makarna örneklerinin renk ölçüm sonuçlarına ait ortalamaların karşılaştırılması

Table 3. Comparison of the averages of color measurement results of pasta samples

	n	L*	a*	b*	C*	Hue
<i>Kepek çeşidi/Bran type</i>						
Pirinç/Rice	16	81.76a	1.46c	14.17c	14.25c	84.13b
Çavdar/Rye	16	73.44d	2.94a	17.30b	17.55b	79.93d
Buğday/Wheat	16	76.34c	2.50b	18.80a	18.98a	82.52c
Yulaf/Oat	16	79.23b	1.49c	17.91ab	17.97ab	85.26a
<i>Defitinizasyon yöntemi</i>						
<i>Dephytinization method</i>						
Fitaz enzimi/Phytase enzyme	32	77.13a	2.14a	17.29a	17.43a	83.08a
Malt unu/Malt flour	32	78.25a	2.05a	16.81a	16.95a	82.83a
<i>Enzim uygulaması/Enzyme application</i>						
EU	16	77.59a	2.05a	17.12a	17.26a	83.19a
K	16	76.92a	2.29a	17.76a	17.93a	82.68a
T	16	78.55a	1.95a	16.55a	16.68a	83.19a
K+ T	16	77.72a	2.09a	16.76a	16.90a	82.76a

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0.05$ ). (4x2x4)x2 faktöriyel dizayn, EU:Enzim uygulanmamış; K:Ksilanaz; T:Transglutaminaz

Values marked with different letters are statistically different ( $P<0.05$ ). (4x2x4) x2 factorial design, EU: Enzyme not applied; K: Xylanase; T: Transglutaminase

Makarna örneklerinin pişirme testi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Makarna örneklerinde ağırlık ve hacim artışı değerleri kepek çeşidine bağlı olarak sırasıyla %171.78 ile %179.01 ve %252.23 ile %270.14 arasında değişmiştir. Kontrol makarna örneğinde ise ağırlık ve hacim artışı değerleri sırasıyla %160.85 ve %236.40 olarak bulunmuştur. Tahıl kepekleri içeren makarna örneklerinin ağırlık ve hacim artışı değerleri kontrol örneğinden yüksek bulunmuştur. Makarna çeşitleri içinde en yüksek ağırlık ve hacim artışı buğday kepekli makarnada belirlenmiştir. Buğday kepekli makarna haricindeki diğer çeşitlerin ağırlık artışı değerleri birbirinden istatistiki olarak farklı bulunmamıştır. Makarna çeşitleri arasında en düşük hacim artışı değeri, çavdar kepekli makarnada bulunmuştur. Makarna örneklerinde ağırlık ve hacim artışı değerleri üzerinde defitinizasyon yöntemlerinden

fitaz enzimi ve malt unu uygulamasının etkili olmadığı belirlenmiştir. Sonuçlar enzim uygulaması faktörü açısından değerlendirildiğinde ağırlık ve hacim artışı değerlerinin sırasıyla %167.52 ile %181.14 ve %250.84 ile %272.14 arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek ağırlık (%181.14) ve hacim artışı değerleri (%272.14) ise ksilanaz+transglutaminaz katkılı örneklerde bulunmuştur. Takács vd. (2007) yaptıkları çalışmada bezelye unu içeren glutensiz eriştelere transglutaminaz enziminin su absorpsiyonunu arttırdığını bildirmişlerdir. Jyotsna vd. (2004), tel şehriye üretiminde farklı katkıların (ksilanaz, gluten, askorbik asit, gliserol monostearat, SSL (Sodium stearoyl-2-lactylate) ve glukoz oksidaz) ürün kalitesi üzerine etkilerini incelemişler ve ksilanazın (%0.012 oranında) üründe pişmiş ağırlığı arttırdığı ve hacim artışı sağladığını belirlemişlerdir.

Çizelge 4. Makarna örneklerinin pişirme testi sonuçlarına ait ortalamaların karşılaştırılması

Table 4. Comparison of the averages of cooking test results of pasta samples

	n	Ağırlık artışı <i>Weight increase</i> (%)	Hacim artışı <i>Volume increase</i> (%)	Pişme kaybı <i>Cooking loss</i> (%)
<i>Kepek çeşidi/ Bran type</i>				
Pirinç/ <i>Rice</i>	16	171.78b	259.92b	7.78a
Çavdar/ <i>Rye</i>	16	172.19b	252.23c	7.83a
Buğday/ <i>Wheat</i>	16	179.01a	270.14a	6.95b
Yulaf/ <i>Oat</i>	16	174.04b	262.60b	6.54c
<i>Defitinizasyon yöntemi</i>				
<i>Dephytinzation method</i>				
Fitaz enzimi/ <i>Phytase enzyme</i>	32	175.18a	261.65a	7.31a
Malt unu/ <i>Malt flour</i>	32	173.33a	260.80a	7.25a
<i>Enzim uygulaması/Enzyme application</i>				
EU	16	167.52b	250.84d	8.01a
K	16	170.08b	257.27c	7.20b
T	16	178.28b	264.64b	7.08b
K+ T	16	181.14a	272.14a	6.80c

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0.05$ ). (4x2x4)x2 faktöriyel dizayn, EU:Enzim uygulanmamış; K:Ksilanaz; T:Transglutaminaz

Values marked with different letters are statistically different ( $P<0.05$ ). (4x2x4) x2 factorial design, EU: Enzyme not applied; K: Xylanase; T: Transglutaminase

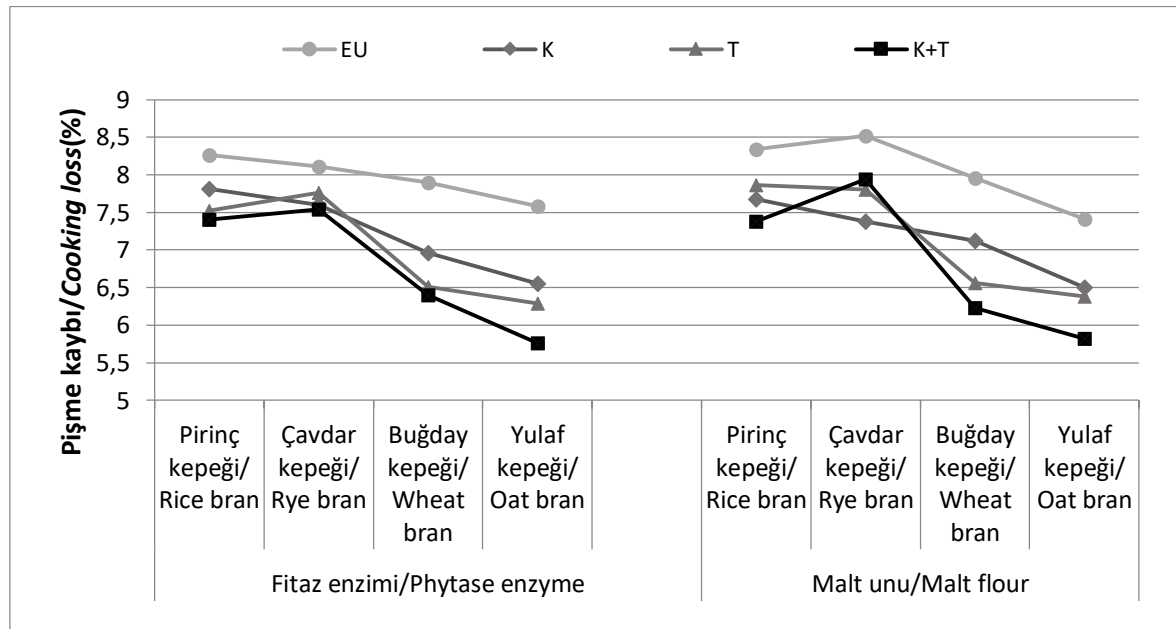
Kepek çeşidi faktörüne göre, makarna örneklerinde pişme kaybı miktarı %6.54 ile %7.83 arasında değişmiştir. Kontrol makarna örneğinde pişme kaybı miktarı %4.63 bulunmuş, makarna üretiminde tahıl kepekleri kullanımı pişme kaybı miktarının yükselmesine neden olmuştur. Tahıl

çeşitleri arasında pirinç kepeği ve çavdar kepeği pişme kaybı değerlerini diğer kepek çeşitlerine göre daha çok arttırarak makarna pişme özellikleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olmuşlardır. Makarna örnekleri içinde en düşük pişme kaybı değeri ise yulaf kepekli makarna örneğinde

belirlenmiştir (%6.54). Sudha vd. (2011) farklı sıcaklık uygulamaları ile stabilize ettikleri buğday kepeklerini ilave ettikleri makarna örneklerinin tümünde pişme kaybının kontrole kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Pişme kaybı değerleri defitinizasyon yöntemlerine göre birbirinden istatistik olarak farklı bulunmamıştır.

Enzim uygulanmamış makarna örneklerinde en yüksek pişme kaybı değeri belirlenirken, en düşük pişme kaybı değeri ise genel olarak ksilanaz+transglutaminaz enzimi uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 1). Transglutaminaz enzimi, deskriptif olarak ksilanaz enziminden daha az pişme kaybına neden olmuş ancak bu fark istatistik olarak farksız bulunmuştur (Çizelge 4 ve Şekil 1). Yapılan bir çalışmada bezelye unu ve transglutaminaz enziminin glutensiz erişte üretiminde, ürün kalitesi üzerine etkileri değerlendirilmiş ve transglutaminaz enziminin

pişme kaybını azalttığı bildirilmiştir (Takács vd. 2007). Yapılan bir başka çalışmada transglutaminaz enziminin buğday esaslı makarna kalitesi üzerine etkileri incelenmiş ve enzim uygulamasının pişme kaybı değerini azalttığı bildirilmiştir (Takács ve ark, 2008). Rosa-Sibakov vd. (2016), bakla ununu glutensiz makarnada kullanmışlar ve transglutaminaz enzimi ilavesinin, transglutaminaz ilave edilmemiş kombinasyonları ile karşılaştırıldığında bakla unu-transglutaminaz veya nişasta-bakla unu-transglutaminaz makarnalarında pişme kaybı üzerine etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Susanna ve Prabhasankar (2015), glutensiz makarna üretiminde, farklı enzimler (proteaz, transglutaminaz, ksilanaz ve aktinaz) kullanmışlar ve ksilanaz enziminin makarna örneklerinde pişme kaybı değerlerini azalttığını belirlemişlerdir.



Şekil 1. Makarna örneklerinde pişme kaybı değerleri üzerine etkili “Kepek çeşidi × defitinizasyon yöntemi × enzim uygulaması” interaksyonu (EU: Enzim uygulanmamış; K:Ksilanaz; T:Transglutaminaz)

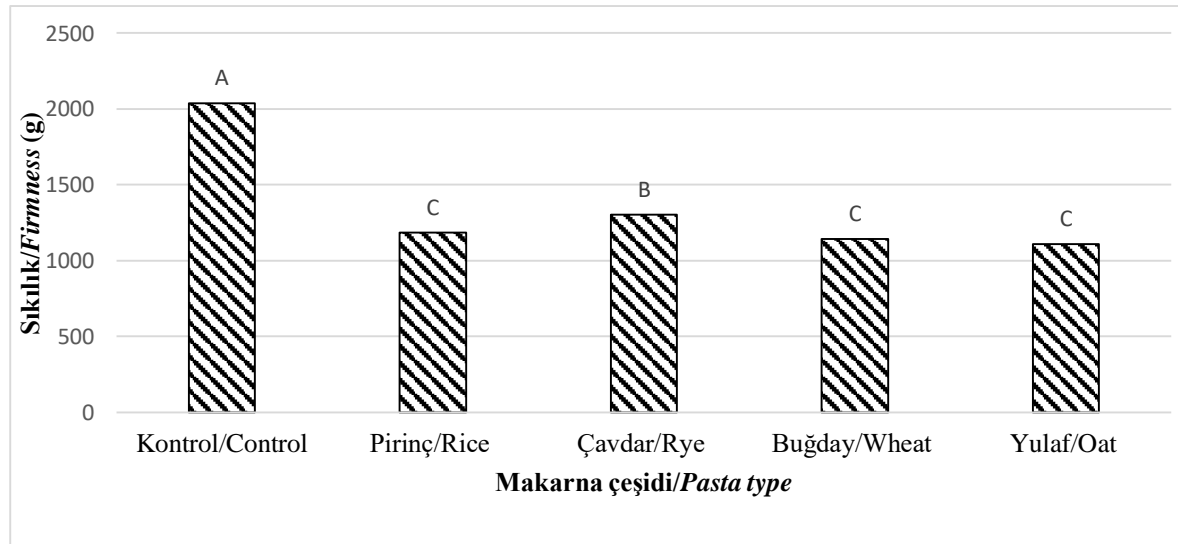
Figure 1. “Bran type × dephytinization method × enzyme application” interaction effective on cooking loss values of pasta samples (EU: Enzyme not applied; K: Xylanase; T: Transglutaminase)

Teknolojik olarak üstün fitaz enzimi ile muamele edilmiş ve ksilanaz+transglutaminaz katkılı makarna örneklerinin sıklık analiz sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. Makarna örneklerinde sıklık

değerleri 1109.60-2039.00 g aralığında değişim göstermiştir. Makarna örneklerinde tahıl kepekleri kullanımı kontrole kıyasla sıklık değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Susanna ve

Prabhasankar (2015) glutensiz makarna üretiminde farklı enzimlerin (proteaz, transglutaminaz, ksilanaz ve aktinaz) etkisini incelemişler ve enzim katkılı örneklerin tekstür analizinde, tüm makarna çeşitlerinin kontrol makarna örneğine göre biraz daha düşük sıklığa sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Makarna örneklerinde kontrolden sonra en yüksek sıklık değeri çavdar kepekli makarna örneğinde belirlenmiştir. Sudha vd. (2011), farklı sıcaklık uygulamaları ile elde ettikleri buğday kepeği örneklerini makarna üretiminde kullanmışlar, işlem uygulanmış buğday kepeği içeren makarna örneklerinde sıklık değerinin 156'dan 113g'a azaldığını, sıklık değerindeki bu azalmanın buharlı sıcak hava uygulaması ile elde edilen kepekleri içeren makarna örneklerinde daha az olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada makarna formülasyonuna farklı besinsel lif (buğday, arpa ve yulaf lifleri) ve antioksidan kaynakları (keten tohumu, çörek otu ve nar çekirdeği) eklenmiş ve besinsel lif kaynaklarının yüksek oranda kullanılıyor olmasının gluteni oransal olarak daha

fazla seyreltici etkiye sahip olduğu, suya geçen kuru madde ve sıklık değerlerini olumsuz yönde etkilediği rapor edilmiştir (Madenci, 2017). Rakhesh vd. (2015), spagettide yaptıkları çalışmada, aynı ikame oranlarında farklı liflerin makarnanın sıklık, yapışkanlık, pişme kaybı ve duyuşal özellikler üzerine etkilerinin farklı olduğunu, bir lif için elde edilen sonuçların diğer lifler için genellenemeyeceğini bildirmişlerdir. Liflerin genel olarak makarnanın sıklık değerini düşürdüğünü (kepek) ve bu durumun liflerin irmik ile yer değiştirmesi sonucu gluten içeriğinin azalması, nişasta-protein matriksinin zarar görmesi ve daha çok nişastanın şişmesine izin vermesine ve makarnanın yumuşamasına bağlanabildiği rapor edilmiştir. Bununla birlikte aynı çalışmada makarna üretiminde  $\beta$ -glukanca zengin un ve polard kullanımının makarna sertliğini arttırdığı bildirilmiştir. Foschia vd. (2015) ise, tel şehriye üretiminde yulaf kepeği ilavesinin makarnanın sıklık değerini arttırdığını, yulaf kepeği-inulin karışımının ise düşürdüğünü belirtmişlerdir.



Şekil 2. Teknolojik olarak üstün makarna örneklerinin sıklık analiz sonuçları

Figure 2. Firmness analysis results of technologically superior pasta samples

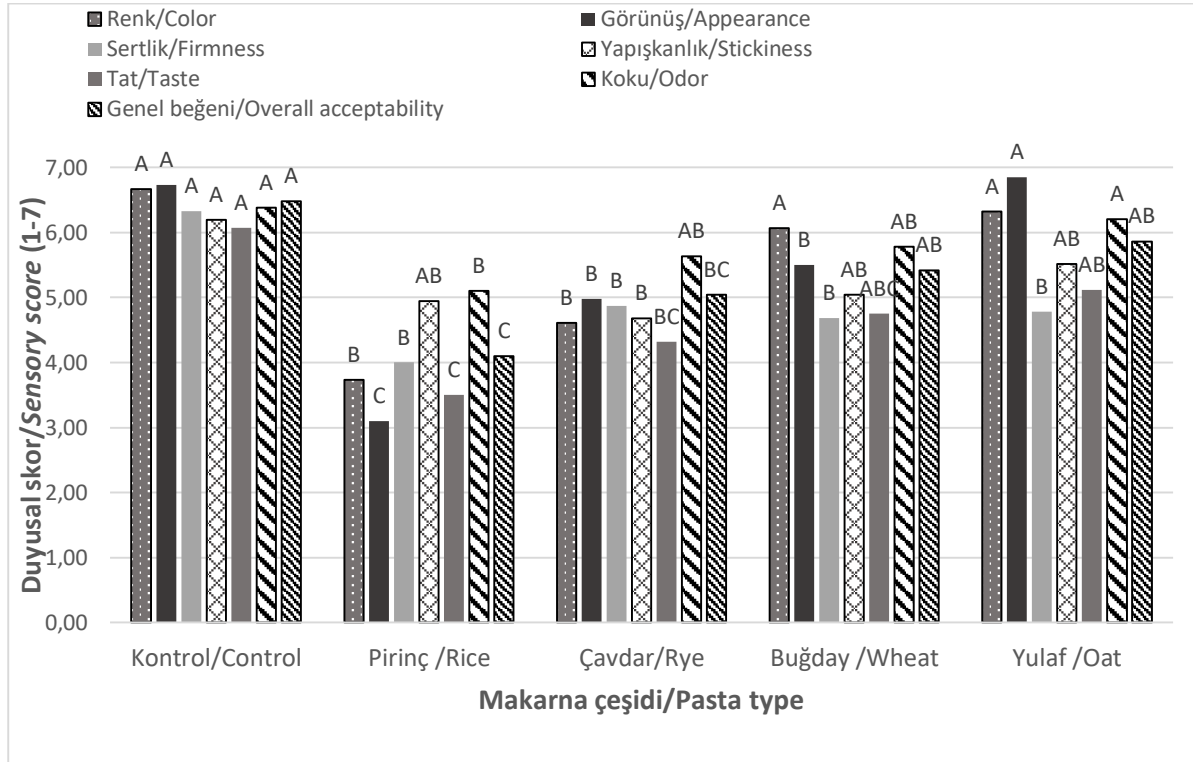
Teknolojik açıdan üstün bulunan makarna örneklerinin duyuşal analiz sonuçları Şekil 3'de verilmiştir. Makarna örneklerinde pirinç kepeği kullanımı görünüş, tat, koku ve genel beğeni puanlarında daha çok azalmaya neden olmuştur. Duyusal analiz sonuçlarına göre makarna

üretiminde yulaf kepeği ve buğday kepeğinin kullanımı genel beğeni açısından daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bütün tahıl kepekleri makarna üretiminde pişme kaybını kontrol örneğine kıyasla arttırmıştır. Buna rağmen tahıl kepekli makarna örnekleri (çavdar kepekli makarna hariç)



yapışkanlık açısından kontrolle eşdeğer puan almışlardır. Benzer şekilde Jyotsna vd. (2004), tel şehriye üretiminde farklı katkıların ürün kalitesine

olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında ksilanaz enziminin (%0.012) üründe yapışkanlık olmadan kaliteyi geliştirdiğini rapor etmişlerdir.



Şekil 3. Makarna örneklerine ait duyu analizi sonuçları

Figure 3. The sensory analysis results of pasta samples

## SONUÇ

Makarna üretiminde tahıl kepekleri kullanımı kontrol örneğine kıyasla L\* değerinde azalmaya ve a\* değerinde ise artışa neden olmuştur. Tahıl kepekleri kullanımı makarna örneklerinde ağırlık ve hacim artışı değerlerini yükseltmiş, sıklık değerinde ise azalmaya neden olmuştur. Ksilanaz+transglutaminaz uygulaması daha yüksek ağırlık ve hacim artışı ve daha düşük pişme kayıplarının elde edilmesini sağlamıştır. Genel olarak pirinç kepeği, diğer tahıl kepeklerine kıyasla makarna örneklerinde duyu analizi puanlarında daha çok azalmaya neden olmuştur. Pirinç kepeği ve çavdar kepeğinin makarna üretiminde %20'den daha düşük oranda kullanılması önerilebilir. Yulaf kepekli ve buğday kepekli makarna, diğer tahıl kepekli makarna çeşitlerine göre daha çok beğenilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 118O385 No'lu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Ajila, C.M., Aalami, M., Leelavathi, K., Rao, U.P. (2010.) Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Sci Emerg Technol*, 11(1): 219-224, doi: 10.1016/j.ifset.2009.10.004

Başman, A., Köksel, H., Ng, P.K.W. (2002). Effects of transglutaminase on SDS-PAGE patterns of wheat, soy, and barley proteins and their blends. *J Food Sci*, 67(7): 2654-2658, doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08794.x

- Bellido, G.G., Hatcher, D.W. (2010). Ultrasonic characterization of fresh yellow alkaline noodles. *Food Res Int*, 43(3): 701-708, doi: 10.1016/j.foodres.2009.11.010
- Bellido, G.G., Hatcher, D.W. (2011). Effects of a cross-linking enzyme on the protein composition, mechanical properties, and microstructure of Chinese-style noodles. *Food Chem*, 125(3): 813-822, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.08.008
- Bilgiçli, N. (2002). Fitik asitin beslenme açısından önemi ve fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretim metodları. *Selçuk Tar Bil Derg*, 16(30): 79-83.
- Bilgiçli, N., Elgün, A., Türker, S. (2006). Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of tarhana. *Food Chem*, 98(2): 329-337, doi: 10.1016/j.foodchem.2005.05.078
- Egounlety, M., Aworh, O.C. (2003). Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *J Food Eng*, 56(2-3): 249-254, doi: 10.1016/S0260-8774(02)00262-5
- Elgün, A., Ertugay, Z. (1995). *Tabul İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:718, Erzurum, Türkiye, 198 s.
- Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N. (2007). *Tabul Ürünleri Teknolojisi*, Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye.
- Epler, S., Chambers, E., Kemp, K.E., (1998). Hedonic scales are a better predictor than just-about-right scales of optimal sweetness in lemonade. *J Sens Stud*, 13(2): 191-197, doi: 10.1111/j.1745-459X.1998.tb00082.x
- Ertaş, N. (2014). Reutilisation of rice by product: study on the effect of rice bran addition on physical, chemical and sensory properties of erişte. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(2): 249-255, doi: 10.3920/QAS2013.0252
- Ertaş, N. (2018). Effects of baker's yeast addition on some properties and phytic acid content of tarhana prepared with different cereal and legume products. *Food and Health*, 4(1): 9-18, doi: 10.3153/JFHS18002
- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A., Brennan, M.A., Brennan, C.S. (2015). How combination of dietary fibers can affect physicochemical characteristics of pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 61:41-46, doi: 10.1016/j.lwt.2014.11.010
- Francis, F.J. (1998). Colour analysis. In: *Food Analysis*, Nielsen, S.S. (Ed.). An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersburg, USA, pp. 599-612.
- Jyotsna, R., Prabhasankar, P., Indrani, D., Rao, G.V. (2004). Effect of additives on the quality and microstructure of vermicelli made from *Triticum aestivum*. *Eur Food Res Technol*, 218(6): 557-562, doi: 10.1007/s00217-004-0887-4
- Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H.P.S., Dar, B.N., (2012). Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans. *J Food Technol*, 49(4): 467-474, doi: 10.1007/s13197-011-0294-3
- Kumar, V., Sinha, A.K., Makkar, H.P., Becker, K. (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chem*, 120(4): 945-959, doi: 10.1016/j.foodchem.2009.11.052
- Madenci, A.B. (2017). Besinsel lif ve antioksidan maddece zengin bileşenlerin yaş makarnanın bazı kalite özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisi. Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Konya, Türkiye, 212 s.
- Oh, N.H., Seib, P.A., Chung, D.S., Deyoe, C.W. (1985). Noodle III. Effects of processing variables on the quality characteristics of dry noodle. *Cereal Chem*, 62(6): 437-440.
- Özkaya, B., Baumgartner, B., Özkaya, H. (2017). Effects of concentrated and dephytinized wheat bran and rice bran addition on bread properties. *J Texture Stud*, 49(1): 84-93, doi: 10.1111/jtxs.12286
- Özkaya, H., Kahveci, B., (1990). *Tabul ve Ürünleri Analiz Yöntemleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:14, Ankara.
- Pandey, A., Szakacs, G., Soccol, C.R., Rodriguez-Leon, J.A., Soccol, V.T. (2001). Production,

- purification and properties of microbial phytases. *Bioresour Technol*, 77(3): 203-214, doi: 10.1016/S0960-8524(00)00139-5
- Patel, S. (2015). Cereal bran fortified-functional foods for obesity and diabetes management: Triumphs, hurdles and possibilities. *J Funct Foods*, 14: 255-269, doi: 10.1016/j.jff.2015.02.010
- Rakhesh, N., Fellows, C.M., Sissons, M. (2015). Evaluation of the technological and sensory properties of durum wheat spaghetti enriched with different dietary fibers. *J Sci Food Agric*, 95: 2-11, doi: 10.1002/jsfa.6723
- Rosa-Sibakov, N., Heiniö, R.L., Cassan, D., Holopainen-Mantila, U., Micard, V., Lantto, R., Sozer, N. (2016). Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 67: 27-36, doi: 10.1016/j.lwt.2015.11.032
- Servi, S., Özkaya, H., Colakoglu, A.S. (2008). Dephytinization of wheat bran by fermentation with bakers' yeast, incubation with barley malt flour and autoclaving at different pH levels. *J Cereal Sci*, 48(2): 471-476, doi: 10.1016/j.jcs.2007.10.011
- Si, J.Q., Drost-Lustenberger, C. (2002). Enzymes for bread, pasta and noodle products. In: *Enzymes in Food Technology*, Whitehurst R.J., Law, B.A., 19-54 (eds.), Sheffield Academic Press-CRC Press, USA, pp. 19-54.
- Sudha, M.L., Ramasarma, P.R., Rao, G.V. (2011). Wheat bran stabilization and its use in the preparation of high-fiber pasta. *Food Sci Technol Int*, 17:47-53, doi: 10.1177/1082013210368463
- Susanna, S., Prabhasankar, P. (2015). Effect of different enzymes on immunogenicity of pasta. *Food Agric Immunol*, 26(2): 231-247, doi: 10.1080/09540105.2014.893999
- Takács, K., Nemedi, E., Marta, D., Gelencsér, É., Kovács, E. (2007). Use of the enzyme transglutaminase for developing gluten-free noodle products from pea flour. *Acta Aliment*, 36(2): 195-205, doi: 10.1556/AAlim.2007.0008
- Takács, K., Gelencsér, É., Kovács, E.T. (2008). Effect of transglutaminase on the quality of wheat-based pasta products. *Eur Food Res and Technol*, 226(3): 603, doi: 10.1007/s00217-007-0604-1
- Wang, F., Huang, W., Kim, Y., Liu, R., Tilley, M. (2011). Effects of transglutaminase on the rheological and noodle-making characteristics of oat dough containing vital wheat gluten or egg albumin. *J Cereal Sci*, 54(1): 53-59, doi: 10.1016/j.jcs.2011.02.010
- Yeyinli, N. (2006). Makarna kalitesinin belirlenmesinde tekstürel yöntemlerin kullanılabilirliği. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Manisa, Türkiye, 71 s.
- Yılmaz-Tuncel, N., Kaya, E., Karaman, M. (2017). Rice bran substituted Turkish noodles (erişte): Textural, sensorial, and nutritional properties. *Cereal Chem*, 94(5): 903-908, doi: 10.1094/CCHEM-12-16-0289-R