

Stabilizasyon İşleminin Pirinç Kepeğinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Burcu ERTÜRK¹, Raciye MERAL^{1*}

ÖZET: Bu çalışma; farklı stabilizasyon koşullarının pirinç kepeğinin oksidatif stabilitesi, fitik asit içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisini belirlemek için planlanmıştır. Bu amaçla pirinç kepeği örneklerine stabilizasyon işlemi uygulanmış ve elde edilen kepek örneklerinde meydana gelen değişimler saptanmıştır. Stabilizasyon için üç farklı fırın sıcaklığı (120, 140 ve 160 °C) ve üç farklı mikrodalga gücü (600, 700 ve 800 W) kullanılmıştır. Pirinç kepeği örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerini düşürmede en etkili kombinasyonun fırında stabilizasyon olduğu tespit edilmiştir. Ham pirinç kepeği ve stabilize edilen kepek örneklerinin peroksit değerleri depolama ile 30. güne kadar doğrusal bir artış göstermiş ancak 60. günde örneklerin peroksit değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Pirinç kepeği örneklerinin fitik asit içeriği 27.38-31.68 mg/g arasında değişmiş ve fitik asit içeriğinde önemli bir farklılık bulunamamıştır. Uygulanan stabilizasyon yöntemleri antioksidan aktiviteyi arttırmıştır. TEAK değeri 2439 µmol/TE' den 7723 µmol/TE' ye yükselmiştir. Sonuçlar, stabilizasyon sürecinin pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: fitik asit, mikrodalga fırın, konveksiyonel fırın, pirinç kepeği, stabilizasyon

Determination of the Effect of Stabilization Process on Some Quality Characteristics of Rice Bran

ABSTRACT: This study was planned to determine the effect of different stabilization conditions on oxidative stability, phytic acid content and antioxidant activity of rice bran. For this purpose, stabilization process was applied to the rice bran samples and the changes in the bran samples were determined. Three different oven temperatures (120, 140 and 160 °C) and three different microwave powers (600, 700 and 800 W) were used for stabilization. It was determined that the stabilization with conventional oven was the most effective combination to reduce the free fatty acid values of rice bran samples. Peroxide values of raw rice bran and stabilized bran samples showed a linear increase up to 30 days, but a decrease in peroxide values of all samples was observed on day 60. Phytic acid content of rice bran samples varied between 27.38-31.68 mg/g and no significant difference was found in phytic acid content. Stabilization methods increased the antioxidant activity. The TEAC values increased from 2439 µmol/TE to 7723 µmol/TE. The results showed that the stabilization process had positive effects on the antioxidant activity of rice bran.

Keywords: phytic acid, microwave, conventional oven, rice bran, stabilization

¹ Burcu ERTÜRK (Orcid ID: 0000-0002-8896-2284), Raciye MERAL (Orcid ID: 0000-0001-9893-7325), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Raciye MERAL, e-mail: racyemeral@yyu.edu.tr

* Bu çalışma Burcu ERTÜRK'ün n Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Pirinç kepeği, dünyada önemli bir üretime sahip olan pirincin işlenmesi sırasında bir yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Dünyada her yıl 63-76 milyon ton pirinç kepeği üretildiği tahmin edilmekte ve bu miktarın yaklaşık % 90'lık bir kısmının hayvan yemi olarak oldukça ucuza satıldığı ifade edilmektedir (Kahlon, 2009). Sahip olduğu yüksek biyolojik değere rağmen pirinç kepeği, gıda maddesi olarak değerlendirilememekte ve hem ülkemizde hem de dünyanın pek çok yerinde oldukça ucuz bir fiyata satılmaktadır. Bu durumun temel nedeni pirinç kepeğinin acılaşıma sorunudur. Öğütülmemiş bütün haldeki çeltik acılaşıma bakımından stabildir. Çünkü çeltiğin kavuz kısmında bulunan lipolitik enzimler ile aleuron tabakasında ve embriyoda bulunan yağ molekülleri temas halinde değildirlir. Öğütme sonucu lipaz enzimleri yağ molekülleri ile temasa geçer ve enzim hızlı bir şekilde bu yağı hidrolize ederek, kepeğin acı ve tüketilemez bir forma dönüşmesine neden olur (Yılmaz ve Tuncel, 2011). Başta ısıl işlem olmak üzere çok çeşitli teknikler ile pirinç kepeğinde bulunan enzimler inaktive edilebilmekte ve bu işleme “stabilizasyon” adı verilmektedir (Malekian ve ark., 2000). Pirinç kepeği stabilizasyonu için çok farklı teknikler kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan yöntemler; sıcak havada kurutma, güneşte kurutma, akışkan yataklı kurutma, mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma ve kızıl ötesi enerji ile stabilizasyondur. Gıda proseslerinde stabilize pirinç kepeği yaygın olarak kullanılmasa da bazı araştırmacılar tarafından gıda formülasyonuna dahil edilmiştir. Pirinç kepeğinin alternatif bir katkı maddesi olabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple uygun bir stabilizasyon tekniğinin optimum koşullarda uygulanması oldukça önemlidir. Stabil hale getirilen pirinç kepeği; köpürme ajanı olarak bazı fırıncılık ürünlerinde, kremalarda ve soslarda kullanılabilir. Ayrıca yağ bağlama, emülsifiye etme gibi fonksiyonel özellikleri sayesinde et ürünlerinde de kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Yılmaz ve Tuncel, 2011).

Artan dünya nüfusuna karşılık gıda üretiminin aynı oranda artmaması, gıda sanayi atıklarının veya yan ürünlerinin değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Bu anlamda tahıl işleme sanayisinin önemli bir yan ürünü olan ve yüksek biyolojik değere sahip pirinç kepeğinin stabilize edilerek gıda formüllerinde kullanılması bir gıda işleme atığının değerlendirilmesi anlamında önem arz etmektedir. Bununla birlikte stabilizasyon sırasında uygulanan ısıl işlem, pirinç kepeğinin duysal ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir. Pirinç kepeğinin stabilizasyonu için, lipaz aktivitesini düşürecek ancak renk, tat ve antioksidan aktivite gibi duysal ve fonksiyonel özelliklere önemli zarar vermeyecek uygun bir stabilizasyon yönteminin belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışma; farklı stabilizasyon koşullarının pirinç kepeklerinin, oksidatif stabilitesi, fitik asit içeriği, antioksidan aktivitesi üzerine etkisini belirlemek için planlanmıştır. Bu amaçla piyasadan temin edilen pirinç kepeği örneklerine mikrodalga fırında ve konveksiyonel fırında ısıtma işlemleri uygulanmış ve elde edilen kepek örneklerinde meydana gelen değişimler saptanarak, kullanılan stabilizasyon yöntemleri karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Pirinç kepeği, Tiryaki Agro Gıda San. Tic. A.Ş. (Mersin)'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan 2,2-difenilpikrilhidrazil (DPPH), trolox, potasyum per sülfat Sigma-Aldrich (St. Louis. MO, ABD); n-hegzan (Milan, İtalya), firmasından temin edilmiştir.

Pirinç kepeğinin stabilizasyonu

Stabilizasyon şartları ve örnek kodları Çizelge 1'de verilmiştir. Stabilize edilen pirinç kepekleri kilitli buzdolabı poşetlerine konulmuş ve analiz süresi boyunca $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Serbest yağ asitliği (SYA) ve peroksit değerlerinin belirlenmesi için ayrılan örnekler, 90 gün boyunca $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmış ve bu örneklerde 0., 30., 60. ve 90. günde SYA ve peroksit analizleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Pirinç kepeğinin stabilizasyon koşulları

Örnek kodu	Stabilizasyon koşulları	Stabilizasyon yöntemi
K	Stabilize edilmemiş	
M1	600W, 2.5 dk	Mikrodalga fırın
M2	700W, 2.5 dk	Mikrodalga fırın
M3	800W, 2.5 dk	Mikrodalga fırın
F1	$120\pm 5^{\circ}\text{C}$; 15 dk	Konveksiyonel fırın
F2	$140\pm 5^{\circ}\text{C}$; 15 dk	Konveksiyonel fırın
F3	$160\pm 5^{\circ}\text{C}$; 15dk	Konveksiyonel fırın

W: Watt

Pirinç kepeği yağında serbest yağ asitliği (SYA) ve peroksit değeri tayini

Pirinç kepeği örneklerinden, soğuk ekstraksiyon metoduna göre yağ elde edilmiştir. Yağ eldesi için öncelikle erlenlere pirinç kepeği tartılmış ve üzerine hegzan eklenerek orbital çalkalayıcıda 3 saat karıştırılmıştır. Ardından kaba filtre kağıdından süzülüp $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ki rotary evaporatörde (IKA RV 10 rotary evaporatör, Almanya) hegzan uzaklaştırılmıştır. Böylelikle pirinç kepeği yağı elde edilmiştir (Ceylan ve ark., 2018; Ceylan ve ark., 2020). Pirinç kepeği yağı örneklerinin SYA değeri, AOCS Official Method Ca 5a-40'a, peroksit sayısı değeri ise AOCS Official Method Cd8-5'e göre yapılmıştır (Anonim, 1989).

Fitik asit tayini

Fitik asit analizinde Haugh ve Lantzch (1983) tarafından bildirilen yöntem uygulanmıştır.

Antioksidan madde ekstraksiyonu

Antioksidan maddelerin ekstraksiyonunda Zhang ve ark. (2010) tarafından bildirilen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla yağı alınmış pirinç kepeği örneklerinden 0.5 g falcon tüplerine tartılmış ve üzerine 25 mL metanol ve 0.1 N HCl (85:15) karışımından eklenmiştir. Ardından tüpler su banyosunda ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 250 rpm, 20 dk) karıştırılmıştır. Karıştırma sonunda örnekler $3000\times g$ ' de 15 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant 100 mL'lik amber renkli balon jöjelere alınmıştır. Bu işlem 4 defa tekrarlanmıştır. İşlem sonrasında balon hacmi metanol-HCl (85:15) karışımı ile 100 mL'ye tamamlanmış ve balon içeriği amber renkli cam şişelere alınmıştır.

Pirinç kepeği numunelerinde DPPH aktivite tayini

Antioksidan madde içeren ekstraktlardan 1 mL bir deney tüpüne alınarak örnekler üzerine metanolde günlük olarak hazırlanan 0.025 g/L konsantrasyondaki DPPH çözeltisinden 3 mL eklenmiştir. Tüpler vorteks yardımıyla hızlıca karıştırılmıştır. Karıştırmayı takiben deney tüpleri karanlık bir ortamda 30 dk bekletilmiş ve spektrofotometrede (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) 517 nm dalga boyunda kuartz küvet kullanılarak kontrol örneğine karşı (1 mL metanol ve 3 mL DPPH çözeltisi içeren örnek) okuma yapılmıştır. Sonuçlar, aşağıdaki formülden hesaplanmıştır (Meral ve Doğan, 2013).

$$\% \text{ İnhibisyon} = \left[\frac{(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}})}{A_{\text{kontrol}}} \right] \times 100 \quad (1)$$

A_{kontrol} : DPPH çözeltisi ve metanol içeren numunenin absorbanası

$A_{\text{örnek}}$: DPPH çözeltisi ve örnek içeren numunenin absorbanası

Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAK) belirlenmesi

Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAK) yöntemi için (Re ve ark., 1999) tarafından bildirilen yöntem kullanılmış ve sonuçlar troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi ($\mu\text{mol TEAK/g}$) olarak verilmiştir.

Pirinç kepeği numunelerinde renk analizi

Pirinç kepeği örneklerinde renk parametreleri (L^* , a^* ve b^* değerleri) taşınabilir renk ölçüm cihazı Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler en az 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

İstatistik analiz

İstatistik analizler JMP 13 (SAS, USA) programı kullanılarak oluşturulmuştur. ANOVA testi ve hangi örnekler arasında önemli fark olduğu ise Tukey-Kramer testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin SYA Değerleri Üzerine Etkisi

Çizelge 2’de ham ve stabilize edilmiş pirinç kepeği örneklerinden depolama süresince elde edilen pirinç kepeği yağlarının, oleik asit cinsinden % asitlik değerleri verilmiştir. Depolamanın başlangıcında yani stabilizasyonun yapıldığı gün SYA değerleri, % 17.82-19.89 arasında değişmiştir. Örneklerin tamamında elde edilen SYA değeri literatürde bahsedilen değerden fazladır. Bu durumun temel nedeni çeltiğin öğütülmesinden kısa süre sonra lipazın etkisiyle SYA değerinin hızlı bir şekilde yükselmesidir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, ham pirinç kepeğinin başlangıç değerleriyle ilgili farklı bulgular elde edilmiştir. Ramezanzadeh ve ark. (1999), ham pirinç kepeği yağının SYA değerini % 2.5; Mujahid ve ark. (2005), % 9.5; Yılmaz ve ark. (2014) ise % 4.32 olarak belirlemişlerdir. Araştırma bulgularında ortaya çıkan bu farklılıklar, pirinç türü ve çeşidinden, pirincin yetiştirme koşullarından, yağın ekstraksiyon koşulları ve metodundan kaynaklanmaktadır. Pirinç kepeğindeki SYA değerinin bir haftadan kısa bir sürede % 10’u geçtiği ve tüketilemez forma dönüştüğü bildirilmiştir (Wang ve ark., 2017).

Çizelge 2. Pirinç kepeği örneklerinin SYA değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler (%)

Örnekler	0.Gün SYA	30. gün SYA	60. gün SYA	90. gün SYA
K	17.82 ±0.32 ^{Db}	19.19 ±0.72 ^{Aab}	19.76 ±0.28 ^{Aa}	20.76 ±0.04 ^{Aa}
M1	18.23 ±0.41 ^{CDa}	17.87 ±0.57 ^{Aa}	17.86 ±0.40 ^{Ba}	19.13 ±0.33 ^{Ba}
M2	18.20 ±0.13 ^{CDa}	17.87 ±0.46 ^{Aa}	17.86 ±0.13 ^{Ba}	18.85 ±0.44 ^{BCa}
M3	18.79 ±0.34 ^{BCa}	17.85 ±0.40 ^{Aa}	18.26 ±0.14 ^{Ba}	18.38 ±0.52 ^{BCa}
F1	19.05 ±0.41 ^{Ba}	17.96 ±0.02 ^{Ab}	18.33 ±0.28 ^{Bab}	18.79 ±0.19 ^{BCab}
F2	18.84 ±0.07 ^{BCa}	17.70 ±0.06 ^{Ab}	18.48 ±0.30 ^{Bab}	19.09 ±0.13 ^{BCa}
F3	19.89 ±0.27 ^{Aa}	17.72 ±0.29 ^{Ab}	18.68 ±0.22 ^{Bb}	17.89 ±0.14 ^{Cb}

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir (%’de oleik asit cinsinden) K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C. Aynı örnekte depolama süresince oluşan fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir (p<0.05).

En düşük SYA değeri kontrol örneğinde, en yüksek SYA değeri ise 160 °C'de stabilize edilen F3 örneğinde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonuçları, fırında yapılan stabilizasyon işleminin başlangıç SYA değerini önemli oranda arttırdığını ortaya koymuştur ($p<0.05$). Depolamanın 90. gününde kontrol örneğinin SYA değeri % 20.76 olarak tespit edilmiş ve depolama boyunca, kontrol örneğinin SYA değeri 0. güne kıyasla önemli artış göstermiştir ($p<0.05$). Stabilize pirinç kepeği örneklerinde depolama boyunca, SYA değerleri kontrole kıyasla önemli oranda düşük bulunmuştur. 90 günlük depolama boyunca mikrodalga yöntemi ile stabilize edilen örneklerin SYA değerleri, stabilizasyonun yapıldığı güne (0.gün) kıyasla değişmemiştir. Bu durum, mikrodalga yöntemiyle stabilize edilen kepek örneklerinin, SYA değeri açısından 90 gün boyunca stabil kaldığına işaret etmektedir. Fırında stabilize edilen örneklerde SYA değeri depolama boyunca dalgalanan bir eğilim göstermesine rağmen SYA değeri stabilizasyonun yapıldığı güne kıyasla artış göstermemiş ve stabilize örneklerin SYA değerleri depolama boyunca stabil kalmıştır. Elde edilen bulgular, depolamayla SYA değerinin başlangıç depolama gününe göre önemli ölçüde arttığını ortaya koyan Yılmaz (2014) ve Patil ve ark. (2016)'nın bulgularından farklıdır. Bahsi geçen bu çalışmalarda pirinç kepeğinin depolanması oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden, bu araştırmalardan elde edilen SYA değerleri bizim elde ettiğimiz sonuçlardan oldukça yüksektir. Patil ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada pirinç kepeğini mikrodalga yöntemi ile stabilize etmişler ve örnekleri oda koşullarında 28 gün boyunca depolamışlardır. Depolama sürecinin sonunda SYA değerini ham pirinç kepeğinde % 58.60 olarak, mikrodalga ile stabilize edilmiş pirinç kepeği örneğinde ise % 50.82 olarak hesaplamışlardır. Irakli ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada pirinç kepeğini infrared yöntemle farklı sıcaklık ve sürelerde stabilize etmişler ve oda sıcaklığında depolamışlardır. Depolama ile üç ayın sonunda kontrol örneğinde SYA değerini % 56.1, 120 °C'de 10 dk stabilize edilen pirinç kepeği örneğinde ise % 20 olarak hesaplamışlardır. SYA değerini en çok düşüren yöntemin ise 140 °C'de 20 dk stabilizasyon olduğunu ortaya koymuşlardır. Farklı bir çalışmada pirinç kepeği mikrodalga (850 W, 3 dk) yöntemi ile stabilize edilmiş bir kısım stabilize edilmiş kepek örneği oda sıcaklığında bir kısım ise +4 °C'de depolanmıştır. Yapılan SYA analizleri sonucunda oda sıcaklığında depolanan örneklerin SYA değerinin yaklaşık 2 kat, +4 °C'de depolanan örneklerin SYA değerinin ise çok az arttırdığı belirlenmiştir (Ramazenzadeh ve ark., 1999). Bu çalışmadan elde edilen bulgular, stabilizasyon sonrası pirinç kepeği örnekleri eğer hemen kullanılmayacaksa, oda sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta depolamanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çünkü pirinç kepeği örneklerinde stabilizasyonla lipaz enzim aktivitesinin tamamen inaktif edilemeyeceği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Lacerda ve ark., 2013). Depolama boyunca nem, sıcaklık, ışık gibi oksidasyonu arttıran faktörler ve mikrobiyal aktivite sonucunda SYA değeri artış gösterebileceğinden, yağ içeren örneklerin düşük sıcaklıklarda saklanması oksidatif stabiliteyi sağlamak açısından daha avantajlı olacaktır.

Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Peroksit Değerleri Üzerine Etkisi

90 gün boyunca depolanan pirinç kepeği örneklerinden elde edilen pirinç kepeği yağlarının, peroksit değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Ham pirinç kepeğinde başlangıç peroksit sayısı 5.42 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, ham pirinç kepeğinin başlangıç değerleriyle ilgili farklı bulgular elde edilmiştir. Thanonkaew ve ark. (2012), ham pirinç kepeği yağının peroksit sayısını 18.85 meqO₂/kg; Patil ve ark. (2016), 2.80 meqO₂/kg; Geçgel ve ark. (2017) ise 12.0 meqO₂/kg olarak tespit etmişlerdir. Rodchuajeen ve ark. (2016), farklı hareketli yatak kurutma yöntemleri ile pirinç kepeğini stabilize etmişler ve ham kepek yağında peroksit sayısını 0.75 meqO₂/kg, 24 saat (1 gün) sonunda ise peroksit değerini 11.30 meqO₂/kg olarak tespit etmişlerdir.

Meydana gelen farklılıklar kepeğin elde edildiği çeltik çeşidine, ekstraksiyon koşullarına, analiz metodu gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Depolamanın başlangıcında 0. gün peroksit sayısı değerleri 3.91-6.44 meqO₂/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M3 örneğinde, en düşük peroksit sayısı ise 120 °C’de fırında stabilize edilen F1 örneğinde tespit edilmiştir. Stabilizasyonda kullanılan mikrodalga gücü ve konveksiyonel fırında kullanılan sıcaklık arttıkça peroksit değeri de artış göstermiştir. Mikrodalga ısıtmanın peroksit oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, rafine pamuk tohumu yağı ve hidrojene hurma yağı oksidasyonunu hızlandırdığı ve reaktif radikallerin varlığının göstergesi olan peroksit değerlerinde ve ikincil oksidasyon ürünlerinde artış olduğu bildirilmiştir (Farag ve ark., 1992). Farklı bir çalışmada ayçiçeği, haşhaş, keten, soya ve susam tohumları mikrodalga (540, 720 ve 900 W 8 dk) ve etüvde (90, 150 ve 210 °C 10 dk) kavurulmuştur. Kavurma işlemi sonrası elde edilen yağlarda peroksit değerleri araştırılmış ve mikrodalgada enerji gücü artışı kontrole kıyasla önce 540 W ile azalma göstermiş ardından uygulanan enerji gücü artışı peroksit değerini artırmıştır. Benzer durum etüvde kavralan örnekler içinde geçerlidir. Sonuçlar bizim çalışmamızın bulguları ile uyum göstermektedir (Şimşek, 2009).

Çizelge 3. Pirinç kepeği örneklerinin peroksit değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler (meqO₂/kg)

Örnekler	0. gün peroksit	30. gün peroksit	60. gün peroksit	90. gün peroksit
K	5.42 ±0.35 ^{ABd}	12.46 ±0.44 ^{Ba}	6.82 ±0.17 ^{Bc}	9.33 ±0.28 ^{Ab}
M1	4.37 ±0.12 ^{BCd}	16.42 ±0.45 ^{Aa}	7.29 ±0.09 ^{ABc}	10.33 ±0.02 ^{Ab}
M2	4.40 ±0.00 ^{BCc}	17.10 ±0.04 ^{Aa}	7.56 ±0.25 ^{ABb}	9.02 ±0.83 ^{Ab}
M3	6.44 ±0.46 ^{Ac}	16.40 ±0.25 ^{Aa}	8.34 ±0.21 ^{Abc}	9.98 ±0.81 ^{Ab}
F1	3.91 ±0.12 ^{Cc}	12.42 ±0.14 ^{Ba}	8.02 ±0.45 ^{Ab}	8.65 ±0.42 ^{Ab}
F2	4.34 ±0.57 ^{BCd}	12.23±0.04 ^{Ba}	7.66 ±0.27 ^{ABc}	9.59 ±0.70 ^{Ab}
F3	4.59 ±0.00 ^{BCc}	12.13 ±0.04 ^{Ba}	7.67 ±0.27 ^{ABb}	9.22 ±1.26 ^{Ab}

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C Aynı örnekte depolama süresince oluşan önemli fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki önemli fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir(p<0.05).

Depolamanın 30. gününde peroksit değerleri 12.13-17.1 meqO₂/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M2 örneğinde, en düşük peroksit sayısı ise fırında 160 °C’de stabilize edilen F3 örneğinde elde edilmiştir. Mikrodalga yöntemi ile stabilizasyon işlemi, peroksit sayısını kontrole kıyasla değiştirmiş (p<0.05) ve artışa sebep olmuştur (p<0.05). F1, F2 ve F3 örneği kontrole aynı grupta yer almıştır. Konveksiyonel fırında stabilizasyon ile stabilizasyonun 30. gününde mikrodalga yöntemine kıyasla daha düşük değerler elde edilmiştir.

Depolamanın 60. gününde peroksit sayısı değerleri 6.82-8.34 meqO₂/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M3 örneğinde, en düşük peroksit sayısı ise kontrol örneğinde elde edilmiştir. Kontrole kıyasla M3 ve F1 örneğinde meydana gelen fark önemli bulunmuştur (p<0.05).

Pirinç kepeği örneklerinin 90. gün peroksit sayısı değerleri 8.65-10.33 meqO₂/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M1 örneğinde, en düşük peroksit sayısı F1 örneğinde tespit edilmiştir. Mikrodalga ve fırında stabilizasyon işlemi 90. günde kontrole kıyasla peroksit sayısını değiştirmemiş (p<0.05) ve bütün örnekler aynı grupta yer almıştır.

Thanonkaew ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada pirinç kepeği sıcak hava, kavurma, buharlama ve mikrodalga yöntemleri ile stabilize edilmiştir. Kontrol örneği olan ham pirinç kepeğinde 18.85 meqO₂/kg gibi oldukça yüksek bir peroksit değeri elde edilmiştir. Araştırmacılar uygulanan stabilizasyon yöntemleri ile en düşük (11.72) peroksit değerini mikrodalga fırında stabilizasyonla elde etmişlerdir. Peroksit değerini azaltmada en az etkili olan yöntemin ise buharla stabilizasyon olduğu

ortaya konmuştur. Ling ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada hem hidroliz hem de oksidasyon reaksiyonlarını geciktirmek için en uygun stabilizasyon parametresinin sıcak hava destekli radyo frekansını 100 °C'ye getirmek ve bu sıcaklıkta 15 dk bekletmek olduğu bildirilmiştir.

Ham pirinç kepeği ve stabilize edilen kepek örneklerinde depolama ile 30. güne kadar doğrusal bir artış elde edilmiş ancak 60. günde örneklerin tamamında düşüş tespit edilmiştir. Bu durum; pirinç kepeği örneklerinde mikrodalga enerjisi ve konveksiyonel fırında kullanılan sıcaklık etkisiyle, birincil oksidasyon ürünü olan peroksitlerden, ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşmasıyla açıklanabilir. Baştürk ve Cavidoğlu (2017), ısıtma veya yüksek sıcaklık indüklemesi ile peroksitlerin parçalanarak malondialdehit gibi karbonil ve aldehid bileşiklerine dönüşebileceğini bildirmiştir. Javidipour ve ark. (2017), mikrodalga ısıtma ile zeytinyağında konjuge dien ve trien miktarlarının ısıtma süresinin artmasıyla birlikte arttığını, ayrıca peroksit sayısının önce arttığını sonra ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumundan dolayı azaldığını bildirmişlerdir. Çizelge 3 incelendiğinde 0. gün ve 90 günlük depolama sonunda en düşük peroksit değerinin F1 örneğinde olduğu görülmektedir. Bu bulgulardan, konveksiyonel fırında 120 °C'lik stabilizasyonun, peroksit değerini en az yükselten kombinasyon olduğu ortaya çıkmıştır. Patil ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada pirinç kepeğini mikrodalga fırında stabilize etmişler ve stabilizasyon neticesinde depolama ile 90. günde peroksit değerini 7.63 meqO₂/kg olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada kontrol örneği olan ham pirinç kepeğinde 90. gün peroksit değeri 102.77 meqO₂/kg olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kontrol örneğinde peroksit değerinin yüksek bulunmasının sebebi, kepek örneklerinin oda sıcaklığında depolanmasıdır. Patil ve ark. (2016) tarafından elde edilen değerler, bu çalışmada elde edilen değerlere kıyasla çok yüksektir. Pirinç kepeği stabilize edilirken, stabilizasyon kadar depolama sıcaklığının da oksidatif stabilitenin sağlanmasında önem arz ettiği unutulmamalıdır.

Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Fitik Asit İçeriği ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi

Fitik asit tahıllarda ve birçok bitkide bulunmaktadır. Buğday ve pirinç tanelerinin endospermi fitik asit açısından fakir bir kaynak olarak değerlendirilir. Fitik asit bu tanelerin kepek ve ruşeym tabakalarında yoğunlaşmıştır (Bilgiçli, 2002). Günümüz beslenme modelleri, mineral, antioksidan ve liflerce zengin, kepek içeren gıda kaynaklarını önermektedir. Bu nedenle, stabilizasyon işleminin pirinç kepeğinin fitik asit içeriğine etkisini belirlemek önem arz etmektedir. Çizelge 4' de stabilizasyon işleminin ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin fitik asidi içeriğine etkisi verilmiştir. Kontrol örneğinde fitik asit miktarı 28.98 mg/g olarak bulunmuştur. En düşük fitik asit içeriği M1 örneğinde 27.38 mg/g olarak hesaplanmıştır. En yüksek fitik asit içeriği ise 31.68 mg/g ile M3 örneğinde elde edilmiştir. Yılmaz (2014), ham pirinç kepeğinde fitik asit içeriğini 39.83 mg/g, Ravindran ve ark. (1994) ise fitik asit miktarını 36.50 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Garcia-Estepa ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada, 9 tane buğday kepeği, 5 tane yulaf kepeği ve 1 tane pirinç kepeği örneğinin fitik asit içeriği araştırılmıştır. Yapılan çalışmada pirinç kepeğinde fitik asit içeriği 57 mg/g bulunurken tüm kepek örneklerinde 25-58 mg/g arasında değişen değerler elde edilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular bu çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Yılmaz (2014) tarafından yapılan çalışmada stabilize edilen pirinç kepeği örneklerinin fitik asit değerlerinin 37.48-38.76 mg/g arasında değiştiği ve stabilizasyonun fitik asit miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Yılmaz (2014), stabilizasyonun fitik asit içeriğini önemli oranda düşürdüğünü ortaya koymasına rağmen, bizim bulgularımız fitik asit miktarı üzerine stabilizasyon işleminin etkisinin önemsiz olduğunu göstermiştir (p>0.05). Çalışmalar arasındaki farklılık, muhtemelen kullanılan stabilizasyon yöntemlerinin farklılığından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin fitik asit içeriği ve antioksidan aktivitesi

Örnek	Fitik asit miktarı (mg/g)	DPPH süpürme (%)	TEAK(μ mol TE/g örnek)
K	28.98 \pm 0.64 ^a	95.73 \pm 0.08 ^a	2439 \pm 374 ^c
M1	27.38 \pm 5.58 ^a	96.27 \pm 0.85 ^a	2500 \pm 100 ^c
M2	31.42 \pm 1.36 ^a	96.63 \pm 0.51 ^a	2947 \pm 358 ^c
M3	31.68 \pm 0.34 ^a	96.63 \pm 0.51 ^a	3039 \pm 45.25 ^c
F1	29.78 \pm 1.34 ^a	96.57 \pm 0.25 ^a	7723 \pm 194 ^a
F2	31.14 \pm 0.57 ^a	96.99 \pm 0.17 ^a	5874 \pm 516 ^b
F3	29.96 \pm 2.28 ^a	96.75 \pm 0.34 ^a	5368 \pm 195 ^b

Değerler ortalama \pm standart sapma şeklinde verilmiştir K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C Aynı örnekte depolama süresince oluşan önemli fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki önemli fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir(p<0.05).

Günümüze kadar yapılan çalışmalar, fitik asitin mineralleri bağlayarak onların biyoyararlılığını azalttığını belirtmiştir. Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar fitik asidin iyi ve kötü olmak üzere iki farklı yönünün olduğunu göz önüne sermiştir. Araştırmacılar, fitik asidin demiri bağlayarak oksidatif hasarı azaltacağını bildirmişlerdir. Örneğin Norhaizan ve ark. (2011), pirinç kepeğinden elde edilen fitik asidin yumurtalık, meme ve karaciğer kanseri hücrelerinde belirgin bir büyüme inhibisyonu oluşturduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmalar fitik asitin diyabetin önlenmesi ve böbrek taşı oluşumunu engellemesi gibi sağlığa yararlı bir takım özelliklerinin olduğunu göstermektedir (Schlemmer ve ark., 2009). Sonuç olarak fitik asidin faydalı ya da zararlı olduğunu belirleyen faktör, kişilerin beslenme alışkanlıklarıdır. Dengeli beslenen çoğu insan için fitik asit diyetle problem yaratmamakta ancak minerallerce zayıf diyetlerle beslenen insanlar için problem olabilmektedir (Garcia-Estepa ve ark. 1999). Bu çalışmada, uygulanan stabilizasyon yöntemlerinin fitik asit içeriğinde bir azalmaya neden olmadığı belirlenmiştir ancak yukarıda da bahsedildiği gibi diyetlerine pirinç kepeği ekleyen bireylerin beslenme şekilleri, fitik asitin rolünü belirleyecektir.

Antioksidan aktivite için kullanılan DPPH analizinde sonuçlar % süpürme gücü olarak ifade edilmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4' de verilmiştir. Çizelge 4' den de görüleceği gibi pirinç kepeği örneklerinin DPPH radikalini süpürme gücünde önemli bir fark bulunamamış (p>0.05) ve örneklerin tamamında yüksek süpürme değerleri elde edilmiştir. Butsat ve Siriamornpun, (2010) tarafından yapılan çalışmada pirinç kabuğu, kepeği ve endosperminin antioksidan kapasiteleri ve fenolik profili analiz edilip karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada % 80 etanollü su kullanarak 25 °C'de 16 saat yapılan ekstraksiyon sonucunda en yüksek DPPH süpürücü aktivite değeri % 85.9 ile pirinç kepeğinden elde edilmiştir. Aynı çalışmada pirinç kabuğunun DPPH süpürücü aktivite değeri ise % 42 olarak bildirilmiştir. Arab ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada üç farklı çözücü (metanol, etanol ve etil asetat) ile ekstrakte edilen iki farklı İran türü (Fajr ve Tarem) pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir. Metanol ekstraktı en yüksek süpürücü aktivite değeri Fajr türü pirinç kepeği % 93.91 olarak bildirilmiştir. Ghasemzadeh ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise siyah, kırmızı ve kahverengi pirinç kepeğinin antioksidan özellikleri karşılaştırılmıştır. Siyah pirinç kepek ekstraktı en yüksek DPPH aktiviteyi ardından sırasıyla kırmızı ve kahverengi pirinç ekstraktları göstermiştir. Üç farklı tür pirinç kepeğinin DPPH süpürme etkisi % 10.7 ile 87.9 arasında değişmiştir. Bergonio ve ark. (2016), esmer pirinci mikrodalga ve ısı uygulamasıyla stabilize etmişler ve 6 ay depolamışlardır Kontrol örneğinde DPPH süpürme gücünü; depolamanın başlangıcında % 40.45, depolamanın sonunda ise % 76.22 olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada mikrodalga ile stabilize edilen esmer pirinçte başlangıç DPPH süpürme gücü, % 51.67-54.65 arasında bulunmuş depolamanın sonunda ise bu değer % 63.19-67.92 olarak belirlenmiştir.

Pirinç kepeği örneklerinin toplam TEAK değerleri 2439-7723 $\mu\text{mol TE}$ arasında değişmiştir. En yüksek toplam TEAK değeri (7723 $\mu\text{mol TE}$) F1 örneğinde elde edilmiştir. Artan mikrodalga gücü, TEAK değerlerini önemli oranda arttırmıştır. Konveksiyonel fırında yapılan stabilizasyonda ise artan sıcaklık değerleri TEAK değerlerinde düşmeye neden olmasına rağmen, fırında stabilize edilen örneklerin TEAK değerleri kontrol örneğinden ve mikrodalga ile stabilize edilen örneklerden yüksek bulunmuştur. Kontrole kıyasla TEAK değeri, fırında stabilize edilen örneklerde 2.2 ile 3.16 kat artış gösterirken, mikrodalga ile stabilize edilen örneklerde 1.24 kat artmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, stabilizasyon işleminin; pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesini artırıcı etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular; stabilize edilmiş pirinç kepeğinin, sağlık üzerine faydalı etkileri olduğu bilinen fenolik maddeler için iyi bir diyet kaynağı olduğunu göstermiştir. Stabilize edilmiş pirinç kepeği, yüksek antioksidan kapasitesi ve fitokimyasal içeriği nedeniyle çeşitli gıda formüllerinde fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kullanılabilir.

Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin L^* , a^* ve b^* Değerleri Üzerine Etkisi

Renk, ürünün kalitesini anlamak için yakından takip edilmesi gereken fiziksel özelliklerden birisidir. Bu çalışmada, stabilizasyon işleminin pirinç kepeğinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisine bakılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5’de verilmiştir. Ham pirinç kepeğine kıyasla mikrodalga ve fırında kurutulmuş örneklerin L^* değerlerinde stabilizasyonun etkisiyle azalma gözlemlenmiştir. Bunun aksine a^* ve b^* değerleri artmıştır. L^* değerindeki azalmanın yani koyuluğun artmasının, ısıl işlemin etkisiyle kahverengi maddelerin oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Garza ve ark., 1999). En yüksek L^* (en açık renk) K örneğinde 75.69 olarak saptanmıştır. En koyu renk (en düşük L^*) ise M1 örneğinde saptanmıştır. En yüksek a^* (3.90) ve b^* (23.79) değeri M2 örneğinde belirlenmiştir. En düşük a^* (2.59) ve b^* (19.96) değeri K örneğinde tespit edilmiştir. Rodchuaheen ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada ham pirinç kepeği için L^* a^* b^* değerlerini sırasıyla 70.12, 3.91, 18.33 olarak saptamışlardır. Ekstrüde pirinç kepeğinde ise L^* a^* b^* değerlerini sırasıyla 56.95, 6.31, 18.02 olarak belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada pirinç kepeğinin L^* a^* b^* değerleri sırasıyla 68.85, 3.49 ve 18.07 olarak belirlenmiştir (Gul ve ark., 2015).

Çizelge 5. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin renk parametre değerleri

Örnekler	L^*	a^*	b^*
K	75.69±0.16 ^a	2.59±0.05 ^g	19.96±0.14 ^e
M1	72.33±0.05 ^c	3.46±0.007 ^b	22.51±0.07 ^{bc}
M2	72.90±0.04 ^d	3.90±0.02 ^a	23.79±0.12 ^a
M3	72.47±0.47 ^c	3.33±0.02 ^c	23.07±0.06 ^{ab}
F1	73.60±0.10 ^b	3.03±0.01 ^e	21.43±0.18 ^d
F2	72.73±0.23 ^c	2.86±0.02 ^f	21.46±0.24 ^d
F3	73.79±0.02 ^b	3.17±0.01 ^d	21.70±0.40 ^{cd}

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C Aynı örnekte depolama süresince oluşan önemli fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki önemli fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir(p<0.05).

Kim ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada ham pirinç kepeğinde L^* a^* b^* değerlerini sırasıyla 69.2, 3.8, 17.87 olarak belirlemişlerdir. Kuru ısıtma (80 °C) uyguladıkları pirinç kepeği örneklerinde ise L^* a^* b^* değerleri sırasıyla 66.0, 4.8 ve 19.5 olarak tespit edilmiştir. Bu araştırmacıların elde ettiği bulgular, bizim bulgularımızla uyumludur. L^* , a^* ve b^* değerleri için elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde; pirinç kepeği örneklerinin stabilizasyon ile koyulaştığı, kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun, stabilizasyon sırasında Maillard reaksiyonu

meydana gelmesinden, kahverengi pigment miktarında artış oluşmasından ve örneklerin kuru madde içeriğinin stabilizasyon ile artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, mikrodalga ve konveksiyonel fırında pirinç kepeği örneklerine farklı mikrodalga gücü ve farklı sıcaklıklarda stabilizasyon işlemi uygulanmış ve stabilizasyon işlemi ile pirinç kepeği örneklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Pirinç kepeği örneklerinin SYA değerlerini düşürmede en etkili kombinasyonun fırında stabilizasyon olduğu tespit edilmiştir. Ham pirinç kepeği ve stabilize edilen kepek örneklerinin peroksit değerleri depolama ile 30. güne kadar doğrusal bir artış göstermiş ancak 60. günde örneklerin tamamında düşüş tespit edilmiştir. Depolama boyunca, en düşük peroksit değerinin F1 örneğinde olduğu belirlenmiş ve konveksiyonel fırında 120 °C'lik stabilizasyonun, peroksit değerini azaltmada en etkili kombinasyon olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, pirinç kepeği örneklerinin fitik asit içeriğinde uygulanan stabilizasyon işleminin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan stabilizasyon yöntemleri antioksidan aktiviteyi arttırmıştır. Sonuçlar, stabilizasyon sürecinin pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

TEŞEKKÜR

Bu makale, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde sunulan Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır. Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından FYL-2018-6739 proje olarak desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Van YYÜ BAP birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim 1989. Official Methods ve Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Fourth Edition, Methods: Ca 5a-40, Cd8-53, Ch 5-91.
- Arab F, Alemzadeh I, Maghsoudi V, 2011. Determination of antioxidant component and activity of rice bran extract. *Scientia Iranica*, 18: 1402-1406.
- Baştürk A, Cavidoğlu İ, 2017. Soya yağının oksidasyonu üzerine farklı faktörlerin etkilerinin yanıt yüzey yöntemi ile belirlenmesi. *YYU Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2): 233-244.
- Bergonio KB, Lucatin LGG, Corpuz GA, Ramos NC, Duldulao JBA, 2016. Improved shelf life of brown rice by heat and microwave treatment. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 5(4): 378-385.
- Bilgiçli N, 2002. Fitik asitin beslenme açısından önemi ve fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretim metotları. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (30): 79-83.
- Butsat S, Siriamornpun S. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry*, 119: 606-613.
- Ceylan Z, Meral R, Cavidoğlu I, Karakas CY, Yılmaz MT. 2018. A new application on fatty acid stability of fish fillets: Coating with probiotic bacteria-loaded polymer-based characterized nanofibers. *Journal of Food Safety*, 38: 12547.
- Ceylan Z, Meral R, Erim Köse Y, Cavidoğlu I. 2020. Wheat germ oil nanoemulsion for oil stability of the cooked fish fillets stored at 4°C. *Journal of Food science and Technology-Mysore*, 57(5): 1798-1806.
- Erim Köse Y, 2018. Stabilizasyon Yöntemlerinin Ruşeym ve Ruşeym Yağının Özellikleri Üzerine Etkisi (doktora tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Farag RS, Hewedi FM, Abu-Raiia SH, Elbaroty GS, 1992. Comparative study on the deterioration of oils by microwave and conventional heating. *Journal of Food Protection*, 55: 722-727.

- Garcia-Estapa RM, Guerra-Hernandez E, Garcia-Villanova B, 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Research International*, 32: 217-221.
- Garza S, Ibarz A, Pagan J, Giner J, 1999. Non-enzymatic browning in peach puree during heating. *Food Research International*, 32: 335-343.
- Geçgel Ü, Dağlıoğlu O, Yılmaz İ, Arıcı M, Güner KG, Apaydın D, Dülger GÇ, Ay O, Ersöz B, Çotra Y, Taşan M, 2017. Pirinç Kepeği Yağlarının Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Oksidatif Stabilitelerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (01) 93-102.
- Gul K, Yousuf B, Singh AK, Singh P, Wani AA, 2015. Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food-A review. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 6: 24–30.
- Ghasemzadeh A, Karbalaii MT, Jaafar HZE, Rahmat A, 2018. Phytochemical constituents, antioxidant activity, and antiproliferative properties of black, red, and brown rice bran. *Chemistry Central Journal*, 12:17.
- Haugh W, Lantzsch HJ, 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals ve cereal product. *Journal of the Science of Food ve Agriculture*, 34: 1423-1426.
- Irakli M, Kleisariis F, Mygdalia A, Katsantonis D, 2018. Stabilization of rice bran and its effect on bioactive compounds content, antioxidant activity and storage stability during infrared radiation heating. *Journal of Cereal Science*, 80: 135–142.
- Javidipour I, Erinc H, Baştürk A, Tekin A, 2017. Oxidative changes in hazelnut, olive, soybean, and sunflower oils during microwave heating. *International Journal of Food Properties*, 20: 1582-1592.
- Kahlon TS, 2009. Rice bran: Production, Composition, Functionality and Food Applications, Physiological Benefits. Boca Raton, Florida. 305-318.
- Kim SM, Chung HJ, Lim ST, 2014. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 60: 243-248.
- Lacerda DBCL, Soares MS. Jr, Bassinello PZ, Caliari M, Castro MVL, 2013. The kinetics of lipase activity and hydrolytic rancidity of raw, parboiled, and extruded rice bran during storage. *Food Science and Technology*, 33(2): 376-381.
- Ling B, Lyng JG, Wang S, 2018. Effects of Hot Air-Assisted Radio Frequency Heating on Enzyme Inactivation, Lipid Stability and Product Quality of Rice Bran. *LWT-Food Science and Technology*, 91: 453–459.
- Malekian F, Rao RM, Prinyawiwatkul W, Marshall WE, Windhauser M, Ahmedna M, 2000. Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. Bulletin number 870, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA 70803.
- Meral R, Doğan İS, 2013. Grape seed as a functional food ingredient in bread-making. *International Journal of Food Science ve Nutrition*, 64(3): 372-379.
- Mujahid A, Ikram UH, Musaddiq A, Abrar HG, 2005. Effect of various processing techniques and different levels of antioxidant on stability of rice bran during storage. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 85: 847–852.
- Norhaizan ME, Ng SK, Norashareena MS, Abdah MA, 2011. Antioxidant and cytotoxicity effect of rice bran phytic acid as an anticancer agent on ovarian, breast and liver cancer cell lines. *Malaysian Journal of Nutrition* 17 (3): 367-375.
- Patil SS, Kar A, Mohapatra D, 2016. Stabilization of rice bran using microwave: Process optimization and storage studies. *Food and Bioproducts Processing*, 99: 204-211
- Ramezanzadeh FM, Rao RM, Windhauser M, Prinyawiwatkul W, Tulley R, Marshall WE, 1999. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (8): 3050-3052.
- Ravindran V, Ravindran G, Sivalogan S, 1994. Total and Phytate Phosphorus Contents of Various Foods and Feedstuffs of Plant Origin. *Food Chemistry*, 50: 133-136.

- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannal, A, Yang M, Rice-Evans C, 1999. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolourisation Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231-1237.
- Rodchuajeen K, Niamnuy C, Charunuch C, Soponronnarit S, Devahastin S, 2016. Stabilization of rice bran via different moving-bed drying methods. *Drying Technology*, 34 (15): 1854–1867.
- Schlemmer U, Frolish W, Prieto RM, Grases F, 2009. Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular Nutrition Food Research*, 53: 330-375.
- Şimşek E, 2009. Farklı kavurma tekniklerinin bazı yağlı tohum yağlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi (yüksek lisans tezi, basılmamış). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Thanonkaew A, Wongyai S, McClements DJ, Decker EA, 2012. Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality ve antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 48: 231–236.
- Wang T, Khir R, Pan Z, Yuan Q, 2017. Simultaneous rough rice drying and rice bran stabilization using infrared radiation heating. *LWT-Food Science and Technology*, 78: 281-288.
- Yılmaz N, Tuncel NB, 2011. Pirinç kepeği: kompozisyonu, acılaşma sorunu, gıdalarda kullanımını ve fizyolojik etkileri. *Akademik Gıda*, 9: 46-52.
- Yılmaz N, Tuncel BN, Kocabiyik H., 2014. Infrared stabilization of rice bran ve its effects on gamma-oryzanol content, tocopherols ve fatty acid composition. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 94 (8): 1568–1576.
- Yılmaz N, 2014. Pirinç Kepeğinin Kısa Dalga Infrared(kızılötesi) Enerji ile Stabilizasyonu ve Stabilize Kepeğin Gıda Ürünlerinde Değerlendirilmesi (doktora tezi, basılmamış). Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Zhang M, Zhang RF, Zhang FX, Liu RH, 2010. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 58:7580-7587.