

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI STABİLİZASYON KOŞULLARININ PİRİNÇ KEPEĞİNİN
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burcu ERTÜRK
DANIŞMAN: Dr. Öğretim Üyesi Raciye MERAL

VAN-2019

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI STABİLİZASYON KOŞULLARININ PİRİNÇ KEPEĞİNİN
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burcu ERTÜRK

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2018-6739**
nolu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2019




KABUL VE ONAY SAYFASI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Dr. Öğretim Üyesi Raciye MERAL danışmanlığında Burcu ERTÜRK tarafından sunulan “**Stabilizasyon Koşullarının Pirinç Kepeğinin Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri gereğince 05/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr.Üyesi Raciye MERAL

Üye : Dr. Öğr.Üyesi Gökçe POLAT YEMİŞ

Üye : Dr. Öğr.Üyesi Yağmur ERİM KÖSE

İmza: 
İmza: 
İmza: 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 12/07/2019 tarih ve 2019/38-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Doç. Dr. Serhat KARACA
Enstitü Müdür Yrd.
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Burcu ERTÜRK



ÖZET

FARKLI STABİLİZASYON KOŞULLARININ PİRİNÇ KEPEĞİNİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE EKİSİNİN İNCELENMESİ

ERTÜRK, Burcu

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Raciye MERAL

Temmuz 2019, 74 sayfa

Bu çalışma; farklı stabilizasyon koşullarının pirinç kepeklerinin lipaz enzim aktivitesi, fitik asit içeriği, antioksidan özellikleri, fenolik profili, moleküler ve termal özellikleri üzerine etkisini belirlemek için planlanmıştır. Bu amaçla piyasadan temin edilen 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. 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. Uygulanan stabilizasyon yöntemleri ile lipaz enzim aktivitesinin kontrole kıyasla önemli oranda azaldığı ve pirinç kepeği örneklerinin antioksidan aktivitesinin stabilizasyon işlemi ile artış gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek TFM içeriği mikrodalga fırında 800 W enerji gücü ile stabilize edilen örnekte tespit edilmiştir. Mikrodalga yöntemi ile stabilizasyon albumin-globulin ve prolamin miktarını azaltmış ve glutelin miktarını değiştirmemiştir. Konveksiyonel fırında stabilizasyon ise albumin-globulin ve prolamin miktarını önemli ölçüde artırmış ve glutelin miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. FTIR spektrumundan elde edilen sonuçlar, stabilizasyonun bazı bantların yoğunluğunu ve yerini değiştirdiğini göstermiştir. Lipaz enzim aktivitesini azaltmak ve pirinç kepeğinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için en iyi yöntemin mikrodalga uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, termal ayrışma mikrodalgada stabilizasyon ile geciktirilmiştir. Sonuç olarak, mikrodalga uygulamasının pirinç kepeğini stabilize etmek için kısa süreli ve etkili bir yöntem olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Antioksidan aktivite, Fenolik bileşen, Konveksiyonel fırın, Lipaz, Mikrodalga fırın, Pirinç kepeği, Protein fraksiyonları, Stabilizasyon.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF DIFFERENT STABILIZATION CONDITIONS ON THE PROPERTIES OF RICE BRANS

ERTÜRK, Burcu

M. Sc, Department of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Raciye MERAL

July, 2019, 74 pages

This study was planned to determine the effect of different stabilization conditions on lipase activity, phytic acid content, antioxidant properties, phenolic profile, molecular and thermal properties of rice bran (RB). For this purpose, stabilization process was applied to the RB obtained from the rice milling industry and the changes in the RB samples were determined. RB was stabilized by conventional oven and microwave (MW) oven. Three different oven temperature (120, 140 and 160 °C) and three different MW power (600, 700 and 800 W) were used for stabilization. Peroxide values of raw RB and stabilized RB samples showed a linear increase up to 30 days after storage but a decrease was observed in all samples on day 60. Stabilization procedures significantly affected the antioxidant activity, phenolic profile and protein fractions of RB. The antioxidant activities of the RB increased significantly with the stabilization. Microwave-based (MW) stabilization decreased the amount of albumin-globulins and prolamins ($p < 0.05$) and it did not change the amount of glutelins ($p > 0.05$). Conversely, the stabilization with conventional oven significantly increased the amount of albumin-globulins and prolamins and it significantly decreased the amount of glutelins. The results obtained from Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) spectra, showed that stabilization changed the intensity and location of some bands. The best method to reduce the lipase activity and to improve the functional properties of RB was MW based treatment. Also, thermal decomposition was delayed by MW based stabilization. Consequently, it was revealed that MW based treatment was short-term and effective method to stabilize of RB.

Key words: Antioxidant activity, Convectional oven, Microwave oven, Phenolic component, Protein fractions, Rice bran, Stabilization.



ÖN SÖZ

Öncelikle, yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanması için, bana her zaman destek olan tavsiyeleri ve deneyimleriyle yol gösteren değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Raciye MERAL'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmayı FYL-2018-6739 nolu proje olarak destekleyen; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na, çalışmam süresince desteğini gördüğüm kıymetli hocam, Dr. Öğr. Üyesi Yağmur ERİM KÖSE'ye, laboratuvar çalışmamda yaptıkları katkılardan dolayı Gıda Mühendisi Doğan YAŞAR, Aslıhan ALAV ve Burcu ÖNER'e teşekkür ederim. Okul hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen her zaman yanımda olan değerli aileme, ağabeylerim Mehmet ERTÜRK ve Fatih ERTÜRK'e şükranlarımı sunarım. Bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan Doğukan ÖZAY'a teşekkür ederim.

2019

Burcu ERTÜRK



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | iii |
| ÖN SÖZ..... | v |
| İÇİNDEKİLER..... | vii |
| ÇİZELGELER LİSTESİ | ix |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | xiii |
| EKLER DİZİNİ | xv |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ | 6 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM..... | 12 |
| 3.1. Materyal..... | 12 |
| 3.1.1. Pirinç kepeğinin stabilizasyonu | 12 |
| 3.2. Analiz Yöntemleri | 13 |
| 3.2.1. Pirinç kepeği numunelerinde nem oranı tayini..... | 13 |
| 3.2.2. Pirinç kepeği yağında SYA değerinin belirlenmesi..... | 13 |
| 3.2.3. Pirinç kepeği yağında peroksit değeri tayini | 14 |
| 3.2.4. Pirinç kepeği numunelerinde lipaz enzim aktivitesi tayini | 15 |
| 3.2.5. Fitik asit tayini | 16 |
| 3.2.6. Serbest ve bağlı fenolik maddelerin ekstraksiyonu | 16 |
| 3.2.7. Toplam fenolik madde (TFM) tayini | 17 |
| 3.2.8. Pirinç kepeği numunelerinde antioksidan aktivite tayini | 17 |
| 3.2.8.1. Pirinç kepeği numunelerinde DPPH aktivite tayini | 18 |
| 3.2.8.2. Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAK) belirlenmesi .. | 18 |
| 3.2.8.3. FRAP yöntemi ile antioksidan kapasitenin belirlenmesi | 19 |
| 3.2.9. Fenolik madde dağılımı..... | 19 |
| 3.2.10. Protein fraksiyonlarının elde edilmesi ve Bradford yöntemi ile protein fraksiyonlarının miktarının belirlenmesi..... | 20 |
| 3.2.11. Pirinç kepeği numunelerinde renk analizi | 21 |
| 3.2.12. Pirinç kepeğinin termal karakterizasyonu | 22 |

| | |
|---|----|
| 3.2.13. Pirinç kepeğinin Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile moleküler karakterizasyonu..... | 22 |
| 3.2.14. İstatistiksel analiz..... | 22 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 24 |
| 4.1. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi..... | 24 |
| 4.2. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin SYA Değerleri Üzerine Etkisi..... | 25 |
| 4.3. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Peroksit Değerleri Üzerine Etkisi..... | 29 |
| 4.4. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Lipaz Enzim Aktivitesi ve Fitik Asit İçeriği Üzerine Etkisi | 32 |
| 4.5. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin TFM, FRAP, TEAK ve DPPH Değerleri Üzerine Etkisi | 36 |
| 4.6. Pirinç Kepeğinin Fenolik Profili Üzerine Stabilizasyon Yöntemlerinin Etkisi... | 43 |
| 4.7. Pirinç Kepeğinin Protein Fraksiyonları Üzerine Stabilizasyon Yöntemlerinin Etkisi..... | 46 |
| 4.8. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin L*, a* ve b* Değerleri Üzerine Etkisi | 49 |
| 4.9. TGA Analiz Sonuçları..... | 51 |
| 4.10. FTIR Analiz Sonuçları..... | 54 |
| 5. SONUÇ | 58 |
| KAYNAKLAR..... | 62 |
| EKLER..... | 69 |
| ÖZ GEÇMİŞ..... | 73 |

ÇİZELGELER LİSTESİ

| Çizelge | Sayfa |
|--|-------|
| Çizelge 3.1. Pirinç kepeğinin stabilizasyon koşulları..... | 13 |
| Çizelge 4.1. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin nem içeriği (%)..... | 24 |
| Çizelge 4.2. Pirinç kepeği örneklerinin SYA değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler (%)..... | 26 |
| Çizelge 4.3. Pirinç kepeği örneklerinin peroksit değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler (meqO ₂ /kg)..... | 29 |
| Çizelge 4.4. Ham ve stabilize pirinç kepeğindeki lipaz aktivitesi (U/g) ve fitik asit içeriği (mg/g)..... | 32 |
| Çizelge 4.5. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin TFM, FRAP, TEAK ve DPPH değerleri..... | 37 |
| Çizelge 4.6. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin fenolik profili (µg/g)..... | 43 |
| Çizelge 4.7. Stabilizasyon işleminin kepek örneklerinin protein fraksiyonları üzerine etkisi (mg/mL)..... | 47 |
| Çizelge 4.8. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin renk parametre değerleri | 50 |
| Çizelge 4.9. Kepek örneklerinin gıda proseslerinde kullanılan bazı sıcaklık değerlerinde, kütle miktarı (%) | 53 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| Şekil | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 1.1. Çeltik tanesinin anatomik yapısı | 1 |
| Şekil 1.2. Çeltik, kavuz ve pirinç kepeği..... | 2 |
| Şekil 1.3. Çeltik öğütme işlemi sonrası elde edilen ürünler..... | 3 |
| Şekil 3.1. Pirinç kepeğinin stabilizasyonu. | 13 |
| Şekil 3.2. Gallik asit ile oluşturulan standart kurve..... | 17 |
| Şekil 3.3. Bradford analizi için oluşturulan standart kurve..... | 21 |
| Şekil 4.1. Depolama boyunca SYA değerinde görülen değişim (gün)..... | 27 |
| Şekil 4.2. Depolama Boyunca peroksit sayısında görülen değişimler (gün). | 31 |
| Şekil 4.3. Pirinç kepeği örneklerinin TG eğrisi, A: en çok kütle kaybının olduğu 1. bölge, B: en çok kütle kaybının meydana geldiği 2. Bölge. | 52 |
| Şekil 4.4. Pirinç kepeği örneklerinin FTIR spektrumları. | 54 |



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

Mg

Miligram

µg

Mikrogram

W

Watt

ml

Mililitre

Meq

Miliekivalan

°C

Santigrat derece

Dk

Dakika

mg/mL

Miligram/Mililitre

G

Gram

µL

Mikrolitre

Kg

Kilogram

PV

Peroksit değeri

L*

Parlaklık

a*

Kırmızılık

b*

Sarılık

N

Normalite

Kısaltmalar

Açıklama

TEAK

Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite

DPPH

2,2-difenilpikrilhidrazil

GAE

Gallik asit eşdeğeri

TFM

Toplam fenolik madde

Kısaltmalar

Açıklama

| | |
|-------------|---|
| FRAP | Demir(III) iyonu indirgeyici antioksidan aktivite |
| TPTZ | Tripiridilriazin |
| F | Fırın |
| M | Mikrodalga |
| ORAC | Oksijen radikali absorpsiyon kapasite |
| SYA | Serbest yağ asitliği |
| AACC | Amerikan Hububat Kimyacılar Birliği |
| AOAC | Resmi Analitik Kimyacılar Birliği |
| FTIR | Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi |
| TGA | Termogravimetrik analiz |

EKLER DİZİNİ

Ek

Sayfa

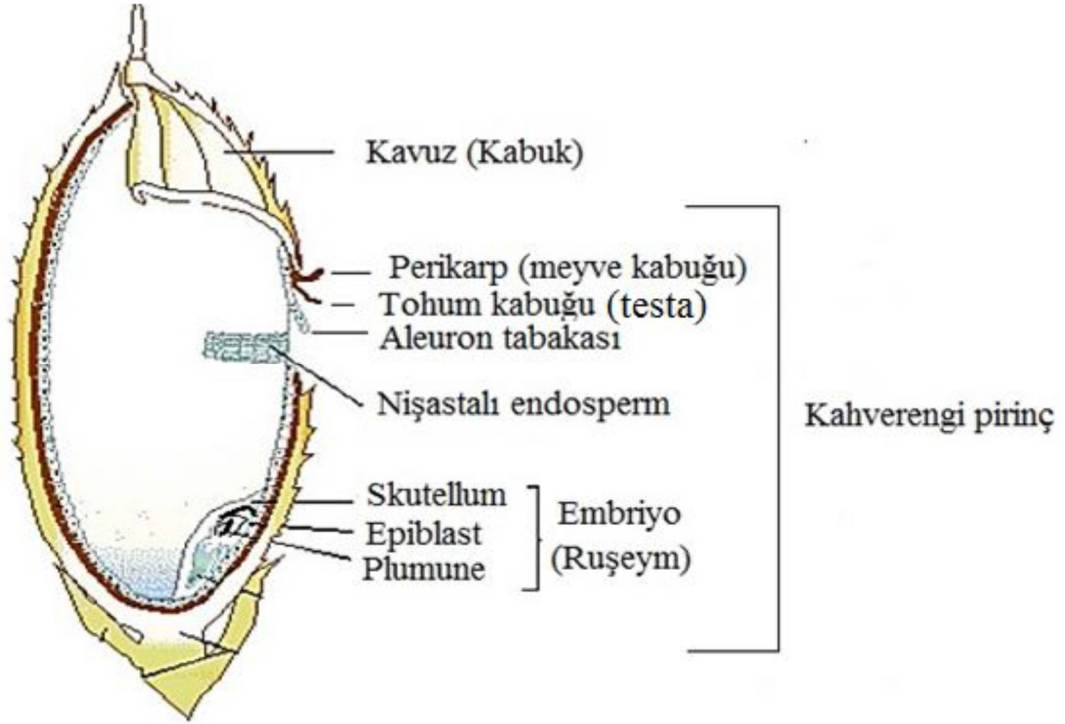
Ek 1. Pirinç kepeği örneklerinin FTIR spektrumları 69





1. GİRİŞ

Çeltik, 2009 yılı TS 3997 sayılı standarda göre Buğdaygiller (Graminea) familyasının *Oryza sativa* L. türüne ait kültür bitkilerinin kavuzları soyulmamış taneleri olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2009). Çeltiğin işlenmesiyle elde edilen pirinç ülkemiz insanların beslenme alışkanlığı içerisinde önemli bir yere sahiptir.



Şekil 1.1. Çeltik tanesinin anatomik yapısı (Yılmaz, 2014).

Çeltik buğday ve mısırdan sonra en çok üretimi gerçekleştirilen üçüncü büyük tahıl ürünü olarak bilinmektedir. Dünya genelinde çeltik arazilerinde en yüksek paya sahip ülkeler ise Çin, Hindistan ve Endonezya'dır. Dünyadaki tarım alanları yaklaşık 1.5 milyar hektar olarak bilinmektedir ve tahıllar bu alanların 700 milyon hektarını kaplamaktadır. Tahılların üretiminde kullanılan bu alanların yaklaşık % 22'si de çeltik üretimine ayrılmıştır.

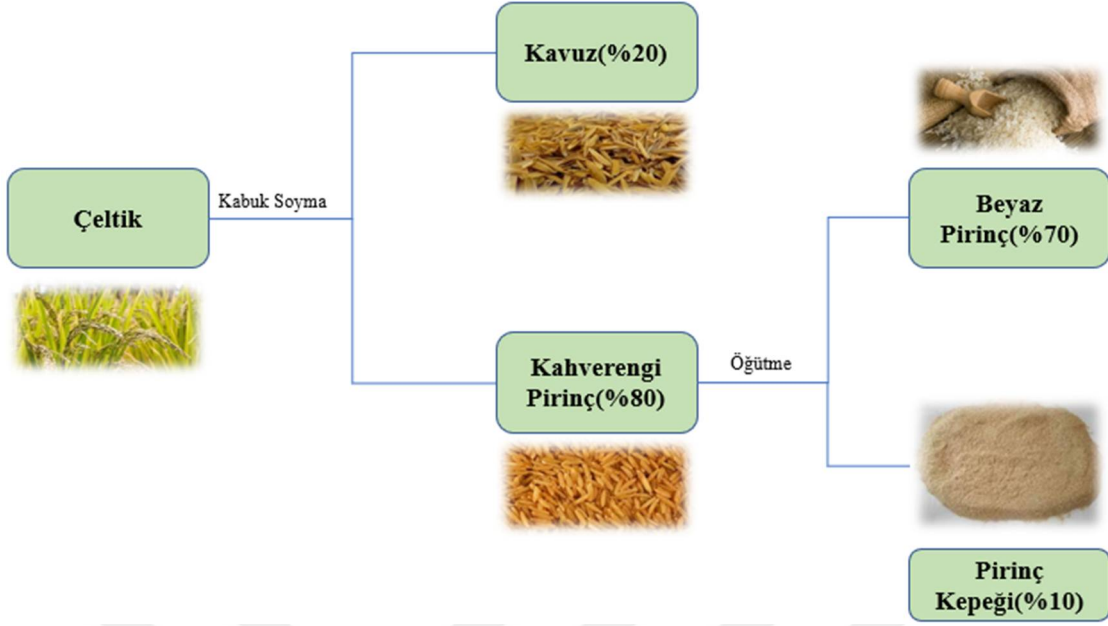
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre çeltik üretim miktarı 2010 yılında 860 bin ton iken, bu değer 2011 yılında 900 bin tona yükselmiştir. Türkiye'nin 2015 yılında kaydedilen çeltik üretimi ise 920 bin tondur. Ülkemizde çeltik üretimi

özellikle Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ve Edirne, Samsun, Çorum, Sinop, Diyarbakır, Kastamonu ve Balıkesir illerinde yoğunlaşmıştır (Gaytancıoğlu, 1997).



Şekil 1.2. Çeltik, kavuz ve pirinç kepeği.

Çeltikte randıman öğütme parametrelerine bağlı olarak değişmekle birlikte % 60-65 civarındadır. İşleme sırasında oluşan yan ürünler ise; ham tane, kırık pirinç, kavuz ve pirinç kepeğidir (Gaytancıoğlu, 1997). Kahlon (2009), 100 kg çeltik işlendiğinde yaklaşık olarak 56-58 kg beyaz pirinç; 10-12 kg kırık tane; 18-20 kg kavuz ve 10-12 kg pirinç kepeği elde edildiğini bildirmiştir. Çeltik, tarladan toplandığında tamamı bir dış kabuk tabakası (kavuz) ile kaplanmış tane halindedir (Şekil 1.2). Öğütme sırasında yapılan ilk işlem, kavuz tabakasının soyularak kahverengi pirincin elde edilmesidir. Kahverengi pirinç parlatma işlemi görmemiş dane pirinç olarak bilinir. Pirinç kepeği ise kahverengi pirincin soyulduktan sonra fırçalanmasıyla (cilalama) elde edilir. Pirinç tanesinin yaklaşık olarak % 10'unu kepek oluşturmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Çeltik öğütme işlemi sonrası elde edilen ürünler (Phongthai ve ark., 2017).

Buna ilavaten lesitin ve karotenoid gibi bileşenler de daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Geçgel ve ark., 2017). Diğer buğdaygil kepekleri ile karşılaştırıldığında; pirinç kepeğindeki esansiyel aminoasitlerin daha dengeli dağılım gösterdiği bildirilmiştir (Ramezanzadeh ve ark., 2000). Pirinç kepeği özellikle esansiyel amino asit olan lisin ve diyet lif bakımından zengindir (Rafe ve Sadeghian., 2017).

Pirinç kepeğinin ham külünde yüksek düzeyde fosfor, potasyum ve magnezyum bulunmaktadır. Bununla birlikte kalsiyum oranı oldukça düşüktür. Pirinç kepeği B grubu vitaminler ve E vitamini kaynağı olmasına karşın A, C ve D vitaminlerinin miktarları pirinç kepeğinde yok denecek kadar azdır (Puminn, 2003). Pirinç kepeği % 20-51 arasında toplam diyet lif içermektedir (Saunders, 1990). Bununla birlikte suda çözünen lif miktarı suda çözünmeyene kıyasla oldukça düşüktür (Anderson ve ark., 1990). Kepektaki çözünebilir lif, temel olarak α -1,6-glukan ünitelerinden oluşmuştur (Fuh ve Chiang, 2001).

Tahıl rüşeymi ve kepek fraksiyonları, özellikle de yüksek oranda yağ içeriğine sahip pirinç kepeği ve buğday rüşeymi (sırasıyla % 22.2 ve % 11.8), fitosterollerin en iyi kaynakları olarak bilinirler (Jiang ve Wang, 2005). Pirinç kepeğindeki toplam fenolik madde miktarının (TFM) buğday kepeğinden fazla olduğu bildirilmiştir (Lai ve ark., 2009). Fenolik asit kompozisyonu bakımından değerlendirildiğinde ise kepeğin özellikle ferulik ve *p*-kumarik asitlerce zengin olduğu bildirilmektedir (Zhou ve ark.,

2004). Pirinç kepeği, çeşide göre değişen miktarlarda lutein, zeaksantin, β - karoten ve az miktarda likopen içermektedir (Tan ve ark., 2005; Belefant-Miller ve Grace, 2010).

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 maliyetle 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 değildirler. Öğütmenin etkisi ile beraber lipaz enzimleri yağ molekülleri ile temasa geçer ve enzim hızlı bir şekilde bu yağı hidrolize ederek, kepeğin acı (ransit) ve tüketilemez bir forma dönüşmesine neden olur (Yılmaz ve Tuncel, 2011). Başta ısı 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 ısı işlem, pirinç kepeğinin duyuşsal ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir. Pirinç kepeğininin stabilizasyonu için, lipaz aktivitesini düşürecek ancak renk, tat ve antioksidan aktivite gibi duyuşsal ve fonksiyonel özelliklere önemli zarar vermeyecek uygun bir stabilizasyon yönteminin belirlenmesi son derece önemlidir. Stabilizasyon işleminin pirinç kepeğinin özellikleri üzerine etkisini belirleyen çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, bu çalışmaların önemli bir kısmı stabilizasyon koşullarının pirinç kepeği yağının özellikleri üzerine etkisine yoğunlaşmıştır. Stabilizasyon işleminin, pirinç kepeğinin, lipaz aktivitesi, moleküler ve termal özellikleri, antioksidan aktivitesi, fenolik kompozisyonu, ve protein fraksiyonları üzerine etkisini belirleyen kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma; farklı stabilizasyon koşullarının pirinç kepeklerinin lipaz aktivitesi, fitik asit içeriği, antioksidan özellikleri, fenolik profili ve termal özellikleri 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.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Kim ve ark. (1987) tarafından yapılan çalışmada pirinç kepeği, lipaz enzim aktivitesini engellemek ve kepeğin raf ömrünü artırmak amacıyla ekstrüzyon yöntemi ile stabilize edilmiştir. Araştırmacılar lipaz enziminin 128 °C üzerindeki sıcaklıklarda tamamen inaktive edildiğini belirtmişlerdir.

Shin ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada, araştırmacılar pirinç kepeğini 110, 120, 130 ve 140 °C'de 0, 3, 6 dk süre ile ekstrüzyona tabii tutmuşlar ve oda sıcaklığında 1 yıl süreyle saklamışlardır. Çalışma sonucunda, artan işlem süresinin toplam E vitamini içeriğinde azalmaya sebep olduğu, γ -orizanolün E vitaminine göre daha stabil kaldığı belirlenmiştir. En yüksek toplam E vitamini ve γ -orizanol miktarının, ham pirinç kepeğinde bulunduğu belirlenmiştir.

Ramezanzadeh ve ark. (2000), 150 gramlık poşetlere koyarak mikrodalga (850 W ve 2450 MHz) işlemine tabi tuttıkları pirinç kepeği örneklerinin, 4 °C'de 16 hafta boyunca stabil kaldıklarını bildirmişlerdir. Fuh ve Chiang. (2001), pirinç kepeğini ekstrüzyon yöntemi ile stabilize etmişler ve lipaz enzim aktivitesinin uygulanan bu yöntemle inaktive edildiğini bildirmişlerdir.

Sharma ve ark. (2004), pirinç kepeğini kuru ısıtma ve ekstrüzyon yöntemleri ile stabilize etmişlerdir. Stabilize pirinç kepeğinin fizikokimyasal, fonksiyonel ve depolama özellikleri değerlendirilmiştir. Stabilizasyon işlemi pirinç kepeği örneklerinin ham yağ ve ham kül içeriğini önemli ölçüde etkilemiş, diğer bileşenlerin oranı ise değişmeden kalmıştır. Aynı zamanda stabilizasyon işlemi pirinç kepeği örneklerinin lizin ve fitik asit içeriğinde önemli bir azalmaya sebep olmuştur. Ekstrüde kepeğin rengi koyu kahverengi iken, kuru ısıtma ile stabilize edilen pirinç kepeğinin rengi daha açık kahverengi olarak belirlenmiştir. Ekstrüzyon işlemi uygulanan pirinç kepeği örneğinde serbest yağ asitliği (SYA) değeri % 3.85'ten % 4.10'a yükselmiştir. Ham pirinç kepeğinde ise 60 günlük depolama sürecinin ardından SYA değeri % 64.60 olarak belirlenmiştir. Kuru ısıtma işlemi görmüş kepeğin 30 güne kadar depolandığı, ekstrüzyon işlemi uygulanan kepeğin ise 60 güne kadar depolandığı belirlenmiştir. Sonuçta ekstrüzyon işleminin pirinç kepeğinin stabilizasyonu için kuru ısıtmaya göre daha etkili olduğu saptanmıştır.

Lai ve ark. (2005) yapmış olduğu çalışmada, ön ısıtılmış mikrodalga fırında (550 W 3 dk) bekletilen pirinç kepeğinin polietilen mikrodalga poşetleri ile 6 hafta boyunca depolanabilir olduğu belirlenmiştir.

Mariod ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, stabilize ve stabilize edilmemiş pirinç kepeği örneklerinin metanol ekstraktlarının hızlandırılmış koşullar altında yağı çıkartmışlar ve antioksidan özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar tarafından uygulanan stabilizasyon işleminin, pirinç kepeğinin antioksidan özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve antioksidan potansiyelinin stabilize ve stabilize olmayan örnekler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği ortaya konmuştur.

Thanonkaew ve ark. (2012), pirinç kepeğini dört farklı yöntemle stabilize etmişlerdir. Bu amaçla, bir kısım pirinç kepeği 150 °C'ye getirilen etüvde 10 dk bekletilmiş, bir kısım pirinç kepeği 150 °C'de 10 dk kavrulmuş, bir kısım pirinç kepeği 130 °C'de 60 dk buharla muamele edilmiş ve bir kısım pirinç kepeği ise 800 W 2450 MHz'de mikrodalga işlemine tabi tutulmuştur. Soğuk pres yöntemi ile stabilize pirinç kepeği örneklerinin yağı alınarak ekstraksiyon verimi, SYA değeri, peroksit sayısı, γ -orizanol, TFM ve toplam flavanoid madde miktarları, antioksidan aktiviteleri karşılaştırılmıştır. En yüksek yağ verimi sıcak hava ile stabilize edilen pirinç kepeğinden en düşük yağ verimi ise ham pirinç kepeğinden elde edilmiştir. Aynı zamanda en yüksek γ -orizanol içeriği sıcak hava ile stabilizasyonda elde edilmiştir. En düşük SYA değeri ve peroksit sayısı mikrodalga yöntemi ile stabilize edilen örnekte belirlenmiştir. Pirinç kepeği stabilizasyonu için en uygun yöntemin sıcak hava ve mikrodalga uygulaması olduğu, çalışma sonunda bildirilmiştir.

Yılmaz ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, pirinç kepeğinin kısa dalga infrared (kızılötesi) ışınları ile stabilizasyonu ve bu işlemin kepeğin besin değeri üzerine etkisi incelenmiştir. Belirli yoğunluktaki infrared enerjinin, pirinç kepeğinin acılaşmasına neden olan enzimatik unsurları etkin bir şekilde inaktive edebildiği ve kepeğin raf ömrünü yaklaşık 6 ay uzattığı belirlenmiştir. 600 W-5.2 dk ve 700 W-3.0 dk şartlarında stabilize edilen pirinç kepeklerinin SYA değerlerinde 6 ay boyunca istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı ancak pirinç kepeğinin tiamin (B1), E vitamini ve fitik asit miktarlarında önemli kayıplar olduğu tespit edilmiştir.

Pradeep ve ark. (2014) tarafından üç farklı stabilizasyon metodu (nemli ısıtma, çimlendirme, haşlama) pirinç kepeklerine uygulanmış ve nemli ısıtmayla beraber E

vitamini, bağı polifenol ve flavanoidlerde artış belirlenmiştir. Çözünür ve toplam polifenol içeriği, serbest radikal süpürücü aktivite ve toplam antioksidan aktivitede azalma olduğu ortaya konmuştur. Çimlendirme ve haşlama yöntemlerinde ciddi değişiklik görülmemiştir.

Kim ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada pirinç kepeği örneklerine kuru ısıtma, dondurarak kurutma + kuru ısıtma kombinasyonu, mikrodalga ısıtma, otoklavlama ve kepek örneklerine etanol buharı verilerek stabilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan stabilizasyon işleminin kepek örneklerinde depolama stabilitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ham pirinç kepeğinin SYA içeriği 24 hafta boyunca kademeli olarak % 2.14'ten % 19.81'e yükselirken, mikrodalga yöntemi ile stabilize edilen örnekte SYA % 4.15'e yükselmiştir. Otoklavlama (121 °C, 20 dk) işlemi uygulanan kepek örneğinde ise SYA içeriği, depolama sırasında nadiren değişmiş (% 2.34-2.81), bu durum SYA oluşumundan sorumlu enzimlerin tamamen inaktive olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada SYA oluşumunu geciktirmede en uygun yöntemin otoklavlama olduğu belirtilmiştir.

Patil ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada PB-1121 çeşidinden elde edilen pirinç kepeği mikrodalga yöntemiyle stabilize edilmiştir. Kısa süreli depolama sırasında lipaz enzim aktivitesinin kontrol edilmesinde, üç farklı mikrodalga gücü (2, 4, 6 W/g) ve süre (1, 3, 5 dk) kullanılarak stabilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Lipaz enzim aktivitesinin birincil göstergesi olan SYA değeri, mikrodalga ile stabilizasyondan önemli ölçüde etkilenmiş ve stabilize edilen örneklerde SYA azalmıştır ($p < 0.05$). SYA içeriği, yağ verimi, yağ kalitesi, nem ve protein içeriği göz önünde bulundurularak; 4 W/g + 5 dk'lık kombinasyonun, kepeğinin stabilize edilmesinde optimum olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga ile stabilize edilmiş pirinç kepeği herhangi bir besin kalitesi kaybı olmadan üç aylık bir süre boyunca güvenle muhafaza edilmiştir.

Rodchuajeen ve ark. (2016), öğütme işleminden sonra farklı yöntemler ile pirinç kepeğini stabilize etmişlerdir. Seçilen hareket-yatağı kurutma yöntemleri yani sıcak-hava akışkan yataklı kurutma (HAFBD), aşırı ısıtılmış buharla akışkan yataklı kurutma (SSFBD) ve kızıl ötesi titreşimli yatak kurutma (IRVD), kepeğin nem içeriğini azaltmak aynı zamanda oksidasyona neden olan zararlı enzimleri inaktive etmek için kullanılmıştır. Kurutma kinetiği, oksidatif stabilite parametreleri (lipaz enzim aktivitesi, SYA ve peroksit değeri), yağ ekstraksiyon verimi, fenolik bileşiklerin içeriği, γ -orizanol

ve kepek renk değişimleri belirlenmiştir. SSFBD, kurutma süresini sırasıyla HAFBD ve IRVD'ye kıyasla % 8-22 ve % 76–79 oranında azaltmıştır. Kurutma metodu TFM ve toplam renk değişikliklerini önemli ölçüde etkilemiş, ancak kepeğin γ -orizanol içeriğinde anlamlı bir farklılığa neden olmamıştır. SSFBD tüm oksidatif stabilite parametrelerinin en düşük seviyeleri, en yüksek TFM ve yağ ekstraksiyon verimi elde edilmesini sağlamıştır. 140°C'de SSFBD, en uzun raf ömrüne sahip kepeklerle sonuçlanmış ve stabilize pirinç kepeği örneğine 55 günlük raf ömrü kazandırmıştır. Stabilizasyon süresini kısaltmak ve pirinç kepeğinin stabilitesini korumak için alternatif bir yöntem olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Geçgel ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada pirinç kepeği mikrodalga, etüv ve mikrodalga+etüv kombinasyonu olmak üzere 3 farklı yöntemle stabilize edilmiştir. Stabilizasyon işleminden sonra pirinç kepeği yağı solvent ekstraksiyon yöntemi ile elde edilmiştir. Uygulanan stabilizasyon işlemleri sonucunda pirinç kepeği yağlarının SYA, peroksit sayısı ve iyot sayısı değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısında istatistiksel açıdan önemli değişikliklere neden olmamıştır ($p>0.05$). Pirinç kepeği yağında en çok bulunan sterol β -sitosterol olarak tespit edilmiştir.

Ghasemzadeh ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada siyah, kırmızı ve kahverengi pirinç kepeğinin fitokimyasal bileşenleri, antioksidan aktivite ve antiproliferatif özellikleri incelenmiştir. En yüksek fitokimyasal içerik ve antioksidan aktivite sırasıyla siyah kırmızı ve kahverengi pirinç kepeği ekstraktlarında tespit edilmiştir.

Irakli ve ark. (2018) tarafından yapılan pirinç kepeği kısa dalga infrared (kızılötesi) ışınları ile stabilize edilmiştir. Stabilize pirinç kepeği örneklerinde SYA içeriği, γ -orizanol, E vitamini, TFM ve antioksidan aktivite miktarları araştırılmıştır. Sonuçlar, 15 dk boyunca 140 °C'de stabilize edilen pirinç kepeği örneğinde γ -orizanol ve yağ asidi kompozisyonu kaybı olmadığını ancak E vitamini içeriğinde önemli bir azalma olduğunu göstermiştir. Stabilize edilmiş pirinç kepeğinin bağlı ekstraktlarının fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi, IR gücü arttıkça artmış, serbest ekstraktlarda ise önemsiz bir artış olduğu ortaya konmuştur. Depolama stabilitesi testleri, 6 aylık depolamadan sonra stabilize edilmiş pirinç kepeğinde γ -orizanolün, E vitaminine nispeten daha az stabil olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada pirinç kepeği

stabilizasyonu için kızılötesi enerjinin etkili bir yöntem olduğu ve optimum koşullarda uygulanmasının önem arz ettiği bildirilmiştir.





3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Pirinç kepeği, Tiryaki Agro Gıda San. Tic. A.Ş. (Mersin)'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan gallik asit, 2,2-difenilpikrilhidrazil (DPPH), Folin-Ciocalteu belirteci, 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit), diamonyum tuzu (ABTS), 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Troloks), oleik asit Sigma–Aldrich (St. Louis. MO, ABD); potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$) n-hegzan, kloroform, asetik asit, pyridine, izooktan Carlo Erba (Milan, İtalya), ve bakır asetat Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan diğer tüm kimyasal maddelerin bilimsel hassasiyeti sağlayacak saflıkta ve nitelikte olmasına özen gösterilmiştir.

3.1.1. Pirinç kepeğinin stabilizasyonu

Stabilizasyon öncesi pirinç kepeğinden yabancı maddelerin uzaklaştırılması için eleme işlemi yapılmıştır. Stabilizasyon için süre ve sıcaklık kombinasyonları ön denemelerle, kepek örneklerinin rengine ve tadına bakılarak karar verilmiştir. Stabilizasyon işlemi konveksiyonel fırında (Öztiryakiler, İstanbul) ve mikrodalga fırında (Arçelik, MD 554) gerçekleştirilmiştir. Konveksiyonel fırında üç farklı sıcaklık ve süre, mikrodalga fırında ise üç farklı mikrodalga gücü seçilerek kepekler stabilize edilmiş ve stabilize edilmemiş örnek ile birlikte toplam yedi farklı grup elde edilmiştir. Stabilizasyon şartları ve örnek kodları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Stabilize edilen pirinç kepekleri kilitli buzdolabı poşetlerine konulmuş ve analiz süresi boyunca $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. 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 3.1. Pirinç kepeğinin stabilizasyon koşulları

| Örnek kodu | Stabilizasyon koşulları | Stabilizasyon yöntemi |
|------------|-------------------------|-----------------------|
| K | Stabilize edilmemiş | |
| M1 | 600W, 3.0 dk | Mikrodalga fırın |
| M2 | 700W, 2.5 dk | Mikrodalga fırın |
| M3 | 800W, 2 dk | Mikrodalga fırın |
| F1 | 120±5°C; 20 dk | Konveksiyonel fırın |
| F2 | 140±5°C; 15 dk | Konveksiyonel fırın |
| F3 | 160±5°C; 10 dk | Konveksiyonel fırın |

W: Watt,



Şekil 3.1. Pirinç kepeğinin stabilizasyonu.

3.2. Analiz Yöntemleri

3.2.1. Pirinç kepeği numunelerinde nem oranı tayini

Kepek numunelerinin rutubet oranı, AACC Yöntem 44-01'e göre 105 °C'deki etüvde belirlenmiştir. Bu amaçla nikel kaplar etüvde 105 °C'de sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiş ve desikatöre alınarak soğumaya bırakılmıştır. Ardından 3-5 g ham ve stabilize pirinç kepeği örneği tartılmış ve tekrar etüve konulmuştur. Ağırlık farkı yardımıyla her örneğin nem miktarı belirlenmiştir.

3.2.2. Pirinç kepeği yağında SYA değerinin belirlenmesi

SYA, 100 g yağdaki serbest asitleri nötrale etmek için gerekli potasyum hidroksit (KOH) mg olarak miktarıdır. Pirinç kepeği yağı örneklerinin SYA, AOCS Official Method Ca 5a-40'a göre yapılmıştır (Anonim, 1989). 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 °C’de ki rotary evaporatörde (IKA RV 10 rotary evaporatör, Almanya) hegzan uzaklaştırılmıştır. Böylelikle pirinç kepeği yağı elde edilmiştir. Sonrasında 2-3 g yağ alınarak üzerine 25 mL dietiler etanol (1:1) karışımından eklenerek karıştırılıp yağın çözünmesi sağlanmıştır. Bu karışıma, 3-4 damla fenolftalein eklenip etonollü 0.1 N KOH’e karşı titre edilerek sarfiyat belirlenmiştir. Sonuçlar % oleik asit cinsinden belirlenmiştir.

$$\text{Serbest yağ asidi miktarı (\% oleik asit)} = \frac{[(C - B) \times 2,805]}{W} \quad (3.1)$$

C: Örnek için harcanan etanollü 0,1 M KOH (mL)

B: Kör için harcanan etanollü 0,1 M KOH (mL)

W: Örnek ağırlığı

2.805: oleik asitin miliekivalan ağırlığı

3.2.3. Pirinç kepeği yağında peroksit değeri tayini

Peroksit değeri yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup, 1 kg yağdaki aktif oksijenin mili eşdeğer gram olarak miktarıdır. Pirinç kepeği yağı örneklerinin peroksit sayısı, AOCS Official Method Cd8-5'e göre yapılmıştır (Anonim, 1989). Bu analiz için pirinç kepeği yağı erlene tartılarak üzerine asetik asit-kloroform (3:2) karışımından 25 mL eklenip hızla çalkalanarak yağ çözündürülmüştür. Ardından 1 mL potasyum iyodür çözeltisi eklenmiştir. Erlen hemen kapatılarak 1 dk boyunca çalkalanıp 5 dk karanlık bir yerde bekletilmiştir. Bu süre sonunda 50 mL saf su ve 1 mL nişasta çözeltisi (% 1’lik) ilave edilmiştir. Sonrasında 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilerek sarfiyat belirlenmiş ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Sonuç miliekivalan (meq) aktif oksijen/kg yağ olarak verilmiştir.

$$\text{Peroksit Sayısı (meq O}_2 \text{ / kg yağ)} = \frac{(V - \text{Ş}) \times N \times 1000}{m} \quad (3.2)$$

V: Örnek için harcanan Na₂S₂O₃ (mL)

Ş: Şahit için harcanan Na₂S₂O₃ (mL)

N: Harcanan Na₂S₂O₃ normalitesi

m: Örnek miktarı

3.2.4. Pirinç kepeği numunelerinde lipaz enzim aktivitesi tayini

Lipaz enzim aktivitesi Rose ve Pike. (2006) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Bu analiz inkübatörlü ve inkübatörsüz olmak üzere iki aşamada yapılmıştır. 2 adet deney tüpüne yağı alınmış pirinç kepeği örneklerinden 0.5 g tartılmış ve üzerine substrat olarak 1.5 mL zeytinyağı eklenerek karıştırılmıştır. Karıştırma sonunda tüplerden biri 45 °C’de 4 saat inkübatöre (Nüve EN400, Türkiye) bırakılmıştır. İnkübasyona bırakılmayan tüpteki örnek 30 mL hegzan ile ekstrakte edilmiş ve çözücü rotary evaporatörde uzaklaştırılmıştır. Cidarlara yapışan pirinç kepeği yağı 4 mL izooktan eklenerek çözündürülmüştür. Bu karışım üzerine % 5’lik bakır asetat (pH’sı piridinle 6.1’e ayarlanmış) 2 mL eklenmiş ve 1 dk çalkalanarak iyice karıştırılmıştır. 1000 x g’de 3 dk. gerçekleşen santrifüjleme (Hettich Zentrifugen Universal 32 R, Germany) işlemi sonunda üstte kalan mavi-yeşil renkli organik fazın absorbansı 715 nm’de okunmuştur. İnkübatörde bekletilen örnek için de 4 sa tamamlandıktan sonra aynı işlemler yapılmıştır. Bu örneğin absorbansı ölçülmüş ve lipaz aktivitesi aşağıda sunulan formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$LA = \frac{(4 + v) \times (A_f - A_i)}{\epsilon \times t \times l \times s} \times 1000 \quad (3.3)$$

LA = lipaz enzim aktivitesi (U/g)

1000 = çevirme faktörü (mol/L’den μ mol/mL’ye)

4 = kullanılan izooktanın hacmi (mL)

v = kullanılan zeytinyağının hacmi (mL)

A_f = inkübe edilen örneğin 715 nm’de okunan absorbans değeri

A_i = inkübe edilmeyen örneğin 715 nm’de okunan absorbans değeri

ϵ = oleik asite ait 715 nm’de okunan molar absorbans katsayısı ($M^{-1} \cdot cm^{-1}$)

t = inkübasyon süresi (saat)

l = küvet kalınlığı (1 cm)

s = örnek ağırlığı (g)

3.2.5. Fitik asit tayini

Uygulanan stabilizasyon işleminin pirinç kepeğinde bulunan fitik asit miktarı üzerine etkisini belirlemek için yapılmıştır. Fitik asit analizinde Haugh ve Lantzch (1983) tarafından bildirilen yöntem uygulanmıştır. Bu amaçla öncelikle numuneden fitik asitin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bunun için 0.1 g kepek örneği 50 mL'lik balonlara alınıp üzerine 50 mL 0.2 N HCl eklenmiştir. Balonlar su banyosunda 35 °C'de 2.5 saat bekletilerek ekstrakt elde edilmiştir. Ekstraktlardan 0.5 mL alınarak kapaklı cam tüplere aktarılmış ve üzerine 1 mL demir çözeltisi eklenmiştir. Ağzuları kapatılan tüpler kaynamakta olan suya yerleştirilmiş ve 30 dk kaynatılmıştır. Süre sonunda tüpler buz banyosuna alınıp 15 dk buz banyosunda bekletilerek örneklerin oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Soğutulan tüplerin üzerine 2 mL bipidrin çözeltisi ilave edilerek 519 nm'de 1 dk içinde saf suya karşı okuma yapılmıştır. Fitik asit miktarı sodyum fitat ile hazırlanan standart kurveden hesaplanmış ve sonuçlar mg/100 g örnek olarak ifade edilmiştir.

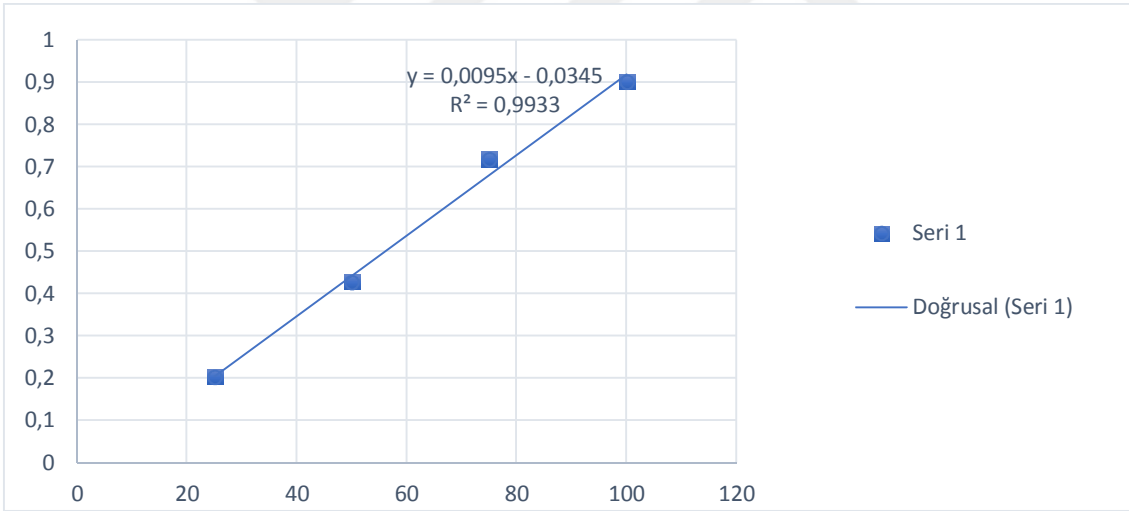
3.2.6. Serbest ve bağlı fenolik maddelerin ekstraksiyonu

Fenolik 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 °C, 250 rpm, 20 dk) karıştırılmıştır. Karıştırma sonunda örnekler 3000×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 amber renkli cam şişelere alınmıştır. Geri kalan rezidü bağlı fenolik maddelerin ekstraksiyonunda kullanılmıştır. Rezidü üzerine 2 N NaOH'dan 20 mL eklenerek 2 saat su banyosunda bekletilmiştir. pH, HCl ile yaklaşık 2-2.5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Ardından tüplere 10 mL etil asetat eklenerek tüpler, santrifüj edilmiş ve santrifüjlenen örnek kaba filtre kağıdından balonlara süzümüştür. Bu işlem 5 defa tekrarlanmış ve çözücü rotary evaporatörde (IKA RV 10 rotary evaporatör, Germany) uzaklaştırılmıştır. Balon cidarına yapışmış olan fenolik bileşikler metanol-HCl'de çözümlenerek hacim metanol-HCl ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. HPLC analizi için, ekstrakte edilen her

örnek 0.45 µ gözenek çapına sahip selüloz filtrelerden (Milipore) geçirilerek amber renkli viallere alınmış ve örnekler analiz edilinceye kadar -18 °C’de bekletilmiştir.

3.2.7. Toplam fenolik madde (TFM) tayini

TFM, Meral ve Doğan, (2013) tarafından belirtilen yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. Bu amaçla deney tüplerine 300 µL ekstrakt ve 3 mL Na₂CO₃ (% 2) konulmuş ve yaklaşık 2 dk sonra tüplere, ultra saf su ile 1:1 oranında seyreltilmiş Folin-Ciocalteu belirtecinden 150 µL eklenmiştir. Bu karışım vorteks yardımıyla karıştırıldıktan sonra karanlık bir yerde ve oda sıcaklığında 45 dk bekletilip süre sonunda spektrofotometrede (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) 765 nm’de okuma yapılmıştır. TFM konsantrasyonu gallik asit ile oluşturulan kalibrasyon grafiğinden (Şekil 3.3) hesaplanmış ve sonuçlar, gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.2. Gallik asit ile oluşturulan standart kurve.

3.2.8. Pirinç kepeği numunelerinde antioksidan aktivite tayini

Antioksidan aktivitenin belirlenmesinde DPPH radikal süpürme yöntemi (Huang ve ark., 2005), Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAK) yöntemi (Re ve ark., 1999) ve Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Aktivite (FRAP) yöntemi (Benzie ve Strain, 1996) olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmıştır.

Antioksidan aktivite ölçüm yöntemleri farklı stabilizasyon koşullarının (mikrodalga ve fırın) antioksidan aktivite üzerine etkisini belirlemek amacıyla ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerine uygulanmıştır.

3.2.8.1. Pirinç kepeği numunelerinde DPPH aktivite tayini

Bu yöntem, kararlı serbest radikal olan 2,2 - difenilpikrilhidrazil (DPHH)'in elektron veya hidrojen atomları veren antioksidanların varlığında, bu antioksidanlar tarafından süpürülmesi ve DPPH çözeltisinin karakteristik mor renginin açılmasının spektrofotometrik olarak belirlenmesi ilkesine dayanır (Cuendent ve ark., 1997).

Antioksidan madde içeren ekstraktlardan 1 mL bir deney tüpüne alınarak örnekler üzerine metanolde günlük olarak hazırlanan % 0.004 konsantrasyondaki DPPH çözeltisinden 3 mL eklenmiştir. Tüpler vorteks yardımıyla hızlıca karıştırılmıştır. Karıştırmayı takiben deney tüpleri karanlık bir ortamda 30 dk inkübe edildilmiş 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.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \left[\frac{(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}})}{A_{\text{kontrol}}} \right] \times 100 \quad (3.4)$$

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

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

3.2.8.2. Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAK) belirlenmesi

Bu yöntem, ABTS'nin (2,2'azinobis) oksidasyonu ile üretilen $ABTS^{\cdot+}$ radikal çözeltisi üzerine, antioksidan içeren bir örneğin eklenmesi sonucu radikalın indirgenmesi temeline dayanmaktadır. Mavi-yeşil renkli $ABTS^{\cdot+}$ radikali, antioksidan bileşikle reaksiyona girdiğinde radikal, ABTS'nin renksiz formuna dönüşmektedir. Reaksiyon sonucu indirgenen $ABTS^{\cdot+}$ miktarı sentetik bir antioksidan olan trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAK) olarak hesaplanmaktadır. TEAK değerinin belirlenmesi için önce 2.45 mM potasyum persulfat içeren 7 mM $ABTS^{\cdot+}$ radikal çözeltisi hazırlanmıştır. Etanol ile 734 nm'de 0.70 ± 0.2 absorbans verecek şekilde seyreltme yapılmıştır. Ardından seyreltme yapılan radikal çözeltisinden 1980 μL bir

deney tüpüne alınmış ve üzerine pirinç kepeği ekstraktı 20 µL eklenerek, vorteks yardımıyla hızlıca karıştırılıp 6 dk sonunda spektrofotometrede (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) 734 nm'de okuma yapılmıştır. Aynı işlemler trolox için de yapılmış ve sonuçlar trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (µmol TEAK/g) olarak verilmiştir.

3.2.8.3. FRAP yöntemi ile antioksidan kapasitenin belirlenmesi

FRAP değeri, Benzie ve Strain (1996) tarafından bildirilen yönteme göre belirlenmiştir. Analiz için öncelikle gerekli çözeltiler hazırlanmıştır. FRAP testinde kullanılan çözeltiler ve hazırlama şekilleri aşağıda sunulmuştur.

- 300 mM Asetat tamponu: 3.1 g sodyum asetat.3 H₂O tartılarak üzerine 16 mL glasiyel asetik asit ilave edilmiştir. Karışım 1 L ölçü balonuna alınmış ve hacim çizgisine kadar distile suyla tamamlanmış ve pH 3.6'ya ayarlanmıştır.
- 10 Mm 2,4,6-tripiryridyl-s-triazine (TPTZ): 0.031 g TPTZ tartılarak üzerine 10 mL 40 mM HCl konulmuştur. Karışım 50 °C'de su banyosunda çözündürülmüştür.
- 20 mM Demir (III) klorür çözeltisi: 0.054 g FeCl₃.6H₂O 10 mL distile suda çözündürülmüştür.
- FRAP karışımı: 25 mL asetat tamponu, 2.5 mL TPTZ ve 2.5 mL FeCl₃ ile karıştırılmış ve kullanılmadan önce 37 °C sıcaklıktaki su banyosunda tutulmuştur. Tüm çözeltiler deney günü hazırlanmıştır.

FRAP analizi için deney tüplerine sırasıyla 100 µL örnek veya standart, 1900 µL saf su ve 2000 µL FRAP karışımı eklenerek karıştırılmış ve tüpler karanlık bir ortamda 30 dk reaksiyona bırakılmıştır. Süre sonunda elde edilen renkli ürünün (demir tripidriltriazin kompleksi) absorbanı 593 nm dalga boyunda okunmuştur. Standart olarak troloks kullanılmış ve FRAP değeri, TE/g olarak verilmiştir.

3.2.9. Fenolik madde dağılımı

Fenolik bileşiklerin HPLC ile ayrılmasında (Coloric ve ark., 2005) tarafından belirlenen yöntem kullanılmıştır. Kromatografik ayırım, Shimadzu (Kyoto, Japonya) HPLC sisteminde C18 (GLC, Tokyo, Japonya) ODS-3 Inersitil kolon (150x4.6 mm,

particle size 5 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak % 2 asetik asit içeren su (A) ve asetonitril:su (% 0.5 asetik asit içeren) (50:50) (B) kullanılmış ve gradient elusyon uygulanmıştır. (0.dk % 15 B, 25.dk % 25 B, 33 dk. %35 B, 40.dk % 50 B ve 42. dk % 70 B). Mobil fazın akış oranı 1 mL/dk ve kolon sıcaklığı 25°C olarak ayarlanmış ve gallik asit, siringik asit, protokateşuik asit, *p*-hidroksibenzoik asit için 280 nm, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, sinapik asit, keteşin ve epiketeşin için 320 nm dalga boyunda analiz yapılmıştır.

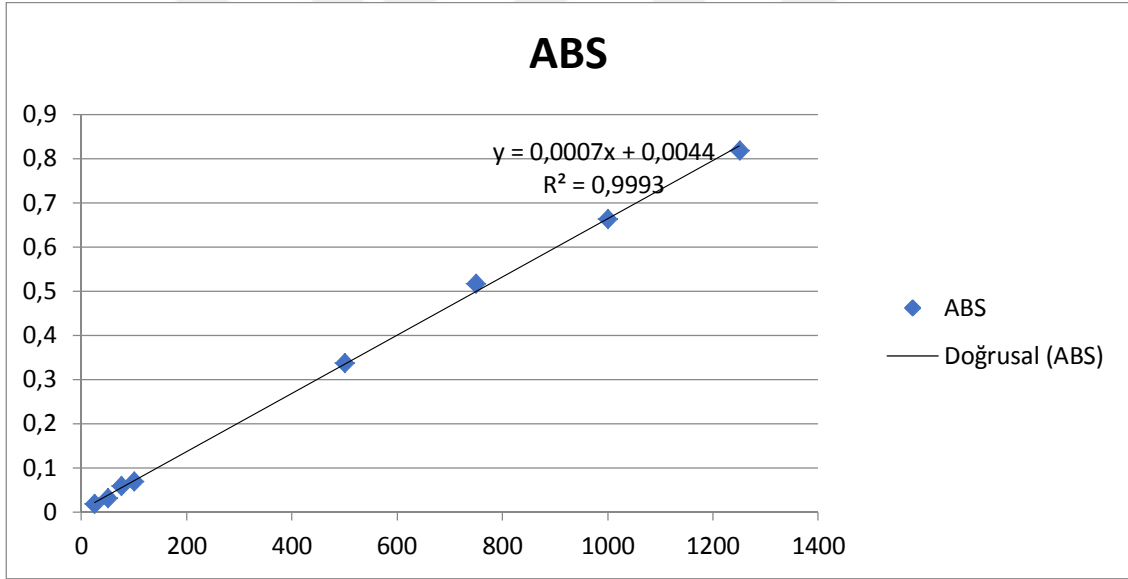
3.2.10. Protein fraksiyonlarının elde edilmesi ve Bradford yöntemi ile protein fraksiyonlarının miktarının belirlenmesi

Örneklerden albumin+globulin, prolamin ve glutelin proteinlerinin ekstrakte edilmesinde Yau ve ark. (1999) tarafından bildirilen yöntem uygulanmıştır. Öncelikle albumin ve globulinlerin ardından prolaminlerin ve glutelinlerin ekstraksiyonu yapılmıştır. Albumin ve globulinler için 0.5 N NaCl, prolaminler için % 70 etanol + % 2 β-merkaptoetanol (1:1 oranında karıştırılarak eklenmiştir), glutelinler için % 1 Sodyum dodesil sülfat (SDS) + % 2 β-merkaptoetanol (1:1 oranında kullanılmıştır). Öncelikle pirinç kepeğinden albumin+globulinlerin ekstraksiyonu yapılmıştır. Bu amaçla, deney tüpüne 3 g yağı alınmış pirinç kepeği tartılmış ve kepeğin üzerine 18 mL 0.5 N NaCl eklenmiştir. Deney tüpleri, +4 °C'de 1 saat bekletilmiş süre sonunda 10000 x g'de 10 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant alınarak albumin+globulin fraksiyonunun tayininde kullanılmıştır. Kalan rezidü üzerine 18 mL % 70 etanol + % 2 β-merkaptoetanol eklenerek prolamin fraksiyonunun ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bu karışım, 22 °C'de 1 saat bekletilmiş süre sonunda 10000 x g'de 10 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant alınarak prolamin fraksiyonu tayininde kullanılmıştır. Son olarak glutelin fraksiyonunun ekstraksiyonu için, kalan rezidü üzerine 18 mL % 1 SDS + % 2 β-merkaptoetanol eklenmiştir. 22 °C'de 1 saat bekletilen örnekler; süre sonunda 10000 x g'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme sonunda elde edilen prolamin fraksiyonu olarak tanımlanmıştır. Elde edilen bütün örnekler analiz süresi boyunca +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Bradford yöntemi ile protein tayini yapılırken aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

100 mg Commassie Brillant Blue G-250, 50 mL % 95'lik etanolde çözülmüş ve üzerine 100 mL % 85'lik fosforik asit ilave edilmiştir ve son hacim, saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır (Bradford çözeltisi).

% 1'lik bovine serum albumin (BSA) stok çözeltisi hazırlanmış ve stok çözeltilerden derişimi 1250, 1000, 750, 500, 100, 75, 50 ve 25mg/L olan standart çözeltiler hazırlanarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir.

Örneklere analiz yapmak için, deney tüpüne 100 µL ekstrakt konulmuş ve üzerine hazırlanan Bradford çözeltisinden 5 mL eklenerek 5 dk beklenmiştir. Bu sürenin sonunda 595 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Standart için okuma yapılırken deney tüpüne 100 µL standart konulmuş üzerine Bradford çözeltisinden 5 mL eklenerek 5 dk beklenmiştir. Süre sonunda absorbans ölçülmüştür. Şekil 3.4'te verilmiş eğriden protein fraksiyonları hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. Bradford analizi için oluşturulan standart kurve.

3.2.11. 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.

3.2.12. Pirinç kepeğinin termal karakterizasyonu

Pirinç kepeğinin termal özellikleri TGA (termogravimetrik analiz) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz sırasında örnekler, 10 °C/dk oranında 25 °C'den 1000 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Artan sıcaklıkla kütlede meydana gelen değişiklikler, cihaza entegre olan hassas terazi yardımıyla ölçülmüştür.

3.2.13. Pirinç kepeğinin Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile moleküler karakterizasyonu

Pirinç kepeklerinin kimyasal yapıları, FTIR spektroskopisi kullanılarak karakterize edilmiştir. Spektrumların elde edilmesi için Elmas ATR hücresi ile teçhizatlandırılmış Perkin-Elmer (Perkin Elmer-Inc., Norwalk, CT, Amerika) spektroskopisi kullanılmıştır. Örneklerin ATR-FTIR spektrası her bir spektrada 16 tarama biriktiren 2 cm⁻¹'lik çözünürlük ile 800'den 4000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında kaydedilmiştir. Arka plan olarak, bütün ölçümler öncesinde aynı şartlarda hava spektrumu incelenmiştir. Kristal yüzey, her bir ölçüm sonrası yumuşak peçete kullanılarak saf etanol ile temizlenmiş ve kâğıt peçete ile kurulanmıştır (Özgül-Yücel ve Proctor, 2004).

3.2.14. İstatistiksel analiz

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



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi

Çizelge 4.1’de ham ve stabilize edilmiş pirinç kepeği örneklerinin nem içerikleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin nem içeriği (%)

| Örnekler | Nem (%) |
|----------|--------------------------|
| K | 9.92±0.28 ^a |
| M1 | 2.56±0.06 ^b |
| M2 | 2.04±0.04 ^{bc} |
| M3 | 1.91±0.04 ^{bc} |
| F1 | 1.71±0.61 ^{bcd} |
| F2 | 1.48±0.18 ^{cd} |
| F3 | 0.84±0.09 ^d |

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 sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Pirinç kepeği örneklerinin nem içerikleri % 0.84-9.92 arasında değişmiştir. En düşük nem içeriği konveksiyonel fırında 160 °C sıcaklık kullanılarak stabilize edilen F3 örneğinde elde edilmiş ve bu örneğin nem içeriği % 0.84 olarak hesaplanmıştır. Stabilizasyon işleminin, örneklerin nem içeriğini önemli oranda düşürdüğü tespit edilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla stabilize edilen örneklerde nem içeriğinde meydana gelen azalma, istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). F3 örneğine uygulanan yüksek sıcaklık nedeniyle, diğer örneklere kıyasla daha düşük nem içeriğinin saptanması beklenen bir durumdur.

Çalışmada pirinç kepeğini stabilize etmek için mikrodalga ve fırında kurutma yöntemleri tercih edilmiştir. Son yıllarda, mikrodalga yöntemi ile kurutma geleneksel yöntemle yapılan kurutmaya kıyasla daha fazla tercih edilmektedir. Bu durumun en temel sebebi; mikrodalga yönteminin kaliteye fazla zarar vermeden örneğin kuruma süresini kısaltmasıdır (Arslan ve Özcan., 2010). Kontrol örneğinde nem % 9.92 olarak bulunmuştur. Gul ve ark. (2015), ham pirinç kepeğinde nem miktarını % 12.12; Patil ve

ark. (2016), % 7.95; Yılmaz (2014) ise % 14.25 olarak bulmuşlardır. Rodchuajeen ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada pirinç kepeğini infrared (kızılötesi) enerji ile stabilize etmişler ve stabilizasyon sonucunda kepeğin nem içeriğini % 4.53-5.05 olarak tespit etmişlerdir. Bu değerler, mevcut çalışma ile benzerlik göstermektedir.

4.2. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin SYA Değerleri Üzerine Etkisi

Laboratuvarımızda çeltik öğütme makinesi bulunmadığından, pirinç kepeği Mersin'de bulunan Tiryaki Agro Gıda San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Pirinç kepeği, kahverengi pirinçten kepeğin ayrılmasından hemen sonra temin edilmiş ve kargo yoluyla laboratuvarımıza gönderilmiştir. Kepek, pirinçten ayrıldıktan kısa bir süre sonra Tiryaki Agro Gıda San. Tic. A.Ş. laboratuvarında kepeğin yağı çıkarılarak SYA değerine bakılmış ve bu değer, başlangıç SYA değeri olarak kaydedilmiştir. Mersin'den Van'a örneğin ulaştırılması sırasında üç günlük bir süre geçmiş ve pirinç kepeği laboratuvara ulaştırıldıktan hemen sonra stabilizasyon işlemine tabii tutulmuştur.

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. Escamilla-Castillo ve ark. (2005), kepek yağının SYA değerinin % 0.02 olduğunu belirtirken, Singh ve Sogi (2016) ise ince ve kaba pirinç çeşitlerinden elde ettikleri kepeğin başlangıç SYA değerlerinin % 4.41-8.72 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırma bulgularında ortaya çıkan bu farklılıklar, pirinç türü ve çeşidinden, pirincin yetiştirme koşullarından, yağın ekstraksiyon koşulları ve metodundan vb. nedenlerden kaynaklanmaktadır. Pirinç kepeğindeki SYA değerinin bir haftadan kısa bir sürede % 10'u geçtiği ve tüketilemez forma dönüştüğü bildirilmiştir (Wang ve ark., 2017).

Çizelge 4.2'de ham ve stabilize edilmiş pirinç kepeği örneklerinden depolama süresince elde edilen pirinç kepeği yağlarının, oleik asit cinsinden % asitlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. 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).

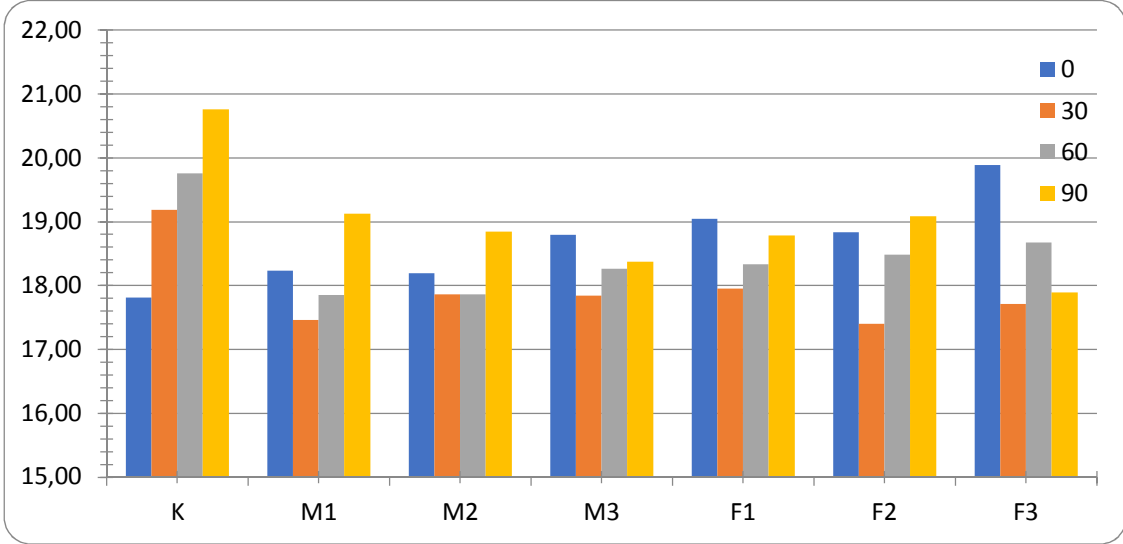
Depolamanın başlangıcında yani stabilizasyonun yapıldığı gün SYA değerleri, % 17.82-19.89 arasında değişmiştir. Örneklerin tamamında elde edilen SYA değeri literatürde bahsedilen değerden fazladır. Bu durumun temel nedeni çeltiğin öğütülmesinden kısa süre sonra lipazın etkisiyle SYA değerinin hızlı bir şekilde yükselmesidir. 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).

Mikrodalga yöntemi ile stabilizasyon işlemi, SYA değerini kontrole kıyasla değiştirmemiştir (p>0.05). Malekian ve ark. (2010), ve Lakkakula ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmalarda, pirinç kepeği mikrodalga yöntemiyle stabilize edilmiş ve depolama süresi boyunca örneklerin SYA değeri incelenmiştir. Bu araştırmacılar, mikrodalga ile stabilize edilen örneklerin başlangıç SYA değerlerinin, kontrole göre farklılık göstermediğini belirlemişlerdir.

Depolamanın 30. gününde SYA değerleri, % 17.70-19.19 arasında değişmiştir. En düşük SYA değeri fırında 140 °C’de stabilize edilen F2 örneğinde, en yüksek SYA değeri ise kontrol örneğinde tespit edilmiştir. Stabilizasyon yöntemleri açısından değerlendirildiğinde kontrole kıyasla 30. günde anlamlı bir fark elde edilememiştir. Uygulanan stabilizasyon yöntemleri sayesinde ham pirinç kepeğinde gerçekleşen hidrolitik ve oksidatif reaksiyonların gerçekleşmesi sınırlandırılmıştır. 60. gün SYA değerleri % 17.86-19.76 arasında değişmiştir. En düşük SYA değeri M1 ve M2 örneğinde, en yüksek SYA değeri ise kontrol örneğinde tespit edilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla mikrodalga ve fırında stabilize edilen örnekler arasında fark

istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($p<0.05$) ve stabilizasyonun örneklerin SYA içeriğini azalttığı tespit edilmiştir. Artan mikrodalga gücü ve sıcaklık SYA değerini düşürmüştür. Yılmaz (2014) tarafından yapılan çalışmada, farklı infrared gücüyle farklı sürelerde stabilize edilen örneklerin SYA değerleri incelenmiştir. Bu çalışmada, SYA değerinin 60. depolama gününde ham pirinç kepeğinde % 28.13; 200 IR gücünde 4 dk süre ile stabilize edilen örneklerde % 23.34, 800 IR gücünde 1 dk süre ile stabilize edilen örneklerde ise % 12.29 olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, bizim bulgularımızla benzerlik göstermektedir.

Depolamanın 90. gününde SYA değerleri % 18.38-20.76 arasında değişmiştir. Stabilizasyon işlemi, kontrole kıyasla stabilize edilmiş pirinç kepeği örneklerinde SYA değerini önemli oranda düşürmüştür ($p<0.05$).



Şekil 4.1. Depolama boyunca SYA değerinde görülen değişim (gün).

Pirinç kepeği örneklerinin depolama süresince SYA değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.1'de sunulmuştur. 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 düşüş göstermiştir. 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 artan, azalan bir eğilim gösterebilir başlangıç gününe yani stabilizasyonun yapıldığı güne kıyasla SYA değeri 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 (kızıl ötesi) yöntemle farklı sıcaklık ve sürelerde stabilize etmişler ve oda sıcaklığında depolamışlardır. Depolama ile 3 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 korumak açısından daha avantajlı olacaktır.

4.3. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Peroksit Değerleri Üzerine Etkisi

Gıdalarda ilk oksidasyon ürünleri genellikle belirli bir depolama süresi geçtikten sonra ortaya çıkmaktadır (Saldamlı, 2007). Oksidasyonun birincil ürünleri olarak değerlendirilen hidroperoksitler, peroksit sayısının derişimi hakkında bilgi vermektedir. Peroksit sayısı yağlarda özellikle depolamanın etkisini anlamak için en önemli kalite kriterleri arasında yer alır (Kaya ve ark., 2017). 90 gün boyunca depolanan pirinç kepeği örneklerinden elde edilen pirinç kepeği yağlarının, peroksit değerleri Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. 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).

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. Rodchuaheen 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 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 kavruan örnekler içinde geçerlidir. Sonuçlar bizim çalışmamızın bulguları ile uyum göstermektedir (Şimşek, 2009).

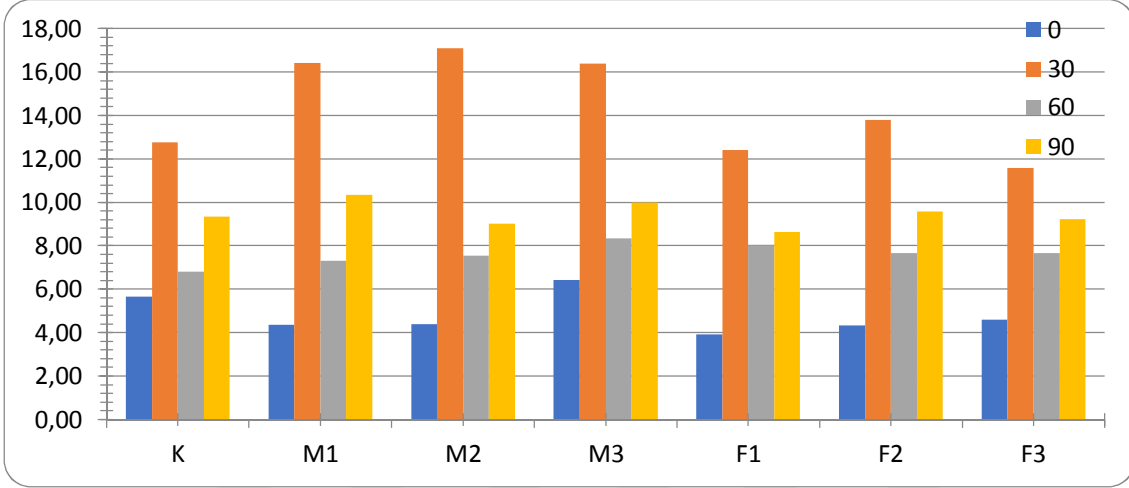
Depolamanın 30. gününde peroksit değerleri 12.13-17.1 meqO₂/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M2 örneğinde, en düşük peroksit sayısı ise fırında 160 °C'de stabilize edilen F3 örneğinde elde edilmiştir. Mikrodalga yöntemi ile stabilizasyon işlemi, peroksit sayısını kontrole kıyasla değiştirmiş (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.



Şekil 4.2. Depolama Boyunca peroksit sayısında görülen değişimler (gün).

Pirinç kepeği örneklerinin depolama süresince peroksit değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.2'de sunulmuştur. 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) tarafından ısıtma veya yüksek sıcaklık indüklemesi ile peroksitlerin parçalanarak malondialdehit gibi karbonil ve aldehid bileşiklerine dönüşebileceği bildirilmiştir. 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 4.3 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 azaltmada en etkili 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 stabilitede önem arz ettiği unutulmamalıdır.

4.4. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Lipaz Enzim Aktivitesi ve Fitik Asit İçeriği Üzerine Etkisi

Pirinç kepeği; fosfolipazlar, glikolipazlar ve esterazlar gibi farklı tip lipazlar içerdiğinden dolayı bu enzimlerin aktivitesi sonucu kepekte acılaşıma meydana gelmektedir. Bütün haldeki çeltikte; lipolitik enzimler çeltiğin tohum kabuğu kısmında, yağ molekülleri ise aleuron tabakasında ve embriyoda bulunmaktadır. Bu sebeple öğütülmemiş bütün çeltikte acılaşıma sorunuyla karşılaşmamaktadır (Yılmaz, 2014). Ancak pirinç öğütme işlemi sırasında, pirinç kepeğindeki lipitler, lipazlar gibi reaktif enzimlerle temas haline geçer ve çok hızlı bir şekilde SYA değeri yükselmeye başlar. Yağdaki SYA değerinin % 10'u aşması 1 haftadan daha az zaman almaktadır. Enzim aktivitesini yavaşlatmak veya durdurmak ve kepeğin raf ömrünü uzatmak amacıyla stabilizasyon işlemi uygulanmaktadır. Bu çalışmada, stabilizasyon işleminin etkinliğini test etmek için pirinç kepeği örneklerinde lipaz enzimi aktivitesine bakılmış ve enzim aktivitesi değerleri Çizelge 4.4'de sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Ham ve stabilize pirinç kepeğindeki lipaz aktivitesi (U/g) ve fitik asit içeriği (mg/g)

| Örnekler | Lipaz aktivitesi (U/g) | Fitik asit (mg/g) |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| K | 27.91±0.19 ^a | 28.98±0.64 ^a |
| M1 | 17.74 ±0.57 ^b | 27.38 ±5.58 ^a |
| M2 | 10.18±1.55 ^{cd} | 31.42±1.36 ^a |
| M3 | 4.68±1.16 ^c | 31.68±0.34 ^a |
| F1 | 12.24±0.19 ^c | 29.78±1.34 ^a |
| F2 | 8.80±1.55 ^d | 31.14±0.57 ^a |
| F3 | 3.72±0.19 ^c | 29.96±2.28 ^a |

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 sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Pirinç kepeği örneklerinde lipaz enzim aktivitesi 3.72-27.91 U/g arasında değişmiştir. En yüksek enzim aktivitesi kontrol örneğinde, en düşük enzim aktivitesi ise fırında 160° C' de stabilize edilen, F3 örneğinde elde edilmiştir. Uygulanan stabilizasyon yöntemlerinin, lipaz enzim aktivitesi üzerine etkisi kontrole kıyasla önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. M3 ve F3 örneğinin lipaz enzim aktivitesi benzerlik göstermiş ve bu örnekler en düşük değerlere sahip olmuşlardır ($p<0.05$). Bu durumun temel nedeni, mikrodalga fırında kullanılan yüksek enerji gücü ve dolayısıyla artan sıcaklığın enzimleri denatüre etmesi şeklinde açıklanabilir. Yapılan son çalışmalar, enzim inhibisyonu üzerine mikrodalga uygulamasının konveksiyonel ısıtmadan daha etkili olduğunu göstermektedir (Martysiak-Zurowska ve ark., 2019). Stabilizasyonda kullanılan sıcaklık artışı ile lipaz enzim inaktivasyon hızının arttığı bildirilmiştir (Brunschwiler ve ark., 2013).

Lipaz aktivitesi sonuçlarına bakıldığında kontrole kıyasla lipaz aktivitesinin önemli oranda düştüğü ve enzim aktivitesini düşürmek için en uygun yöntemin konveksiyonel fırında 160 °C sıcaklıkta ve mikrodalga fırında 800 W ile stabilizasyon olduğu ortaya konmuştur. Enzimleri inaktive etmek için en yaygın olarak kullanılan yöntem ısı uygulamasıdır. Lipaz enziminin ısı direncinin sıcaklık ve stabilizasyon işleminde kullanılan süreye bağlı olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2017). Ayrıca stabilizasyonda kullanılan sıcaklık derecesi artışının, enzim aktivitesini düşürmede daha etkili olduğu belirlenmiştir. Rodchuaheen ve ark., (2016) lipazın 120 °C'ye kadar aktif kaldığını, ancak 140°C'de yeteri kadar inaktif hale gelebildiğini tespit etmişlerdir. Bergonio ve ark. (2016) kahverengi pirinci, ısı ve mikrodalga uygulaması ile stabilize etmişlerdir. Çalışma sonunda, lipaz aktivitesini kontrol örneğinde 0.45 U/g olarak, mikrodalga ile stabilize edilen örneklerde ise 0.31-0.33 U/g olarak bulmuşlardır. Lacerda ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada ham, ekstrüde ve kaynatılmış pirinç kepeği örneklerinde lipaz enzim aktivitesine bakılmıştır. Ham, ekstrüde ve kaynatılmış kepek örneklerinde lipaz enzim aktivitesi sırasıyla 1.82, 0.44 ve 0.68 mg kaprilik asit/100 mg olarak saptanmıştır. Aynı çalışmada 5 saat boyunca 70 °C'de kaynatmanın lipolitik aktiviteyi tamamen etkisiz hale getirmek için yeterli olmadığı görülmüştür. Saunders, (1990) tarafından yapılan farklı bir çalışmada ise enzim aktivitesi ve ekstrüzyon sıcaklığı arasında ters yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan ekstrüzyon sıcaklığı ($110\pm 3^{\circ}\text{C}$) lipaz aktivitesini yavaşlatmak için yeterli bulunurken,

lipazı tamamen etkisiz hale getirmek için yeterli görülmemiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, örneklerin lipaz aktivitesinin stabilizasyon ile önemli oranda düşürülebileceğini ve 160 °C'de ve 800 W'de stabilize edilen örneklerde lipaz aktivitesinin en düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma aynı zamanda, kullanılan stabilizasyon yöntemlerinin hiçbirinin lipazı tamamen inaktif hale getirmediğini de göstermiştir. Bu sonuçlar, lipazın depolama sırasında uygun koşullarla karşılaşınca yeniden aktive olacağını göstermekte, ayrıca hem pirinç kepeği hem de mikroorganizma kaynaklı lipazlar nedeniyle, örneklerin SYA değerinin artacağına da işaret etmektedir. Literatürde stabilizasyonun lipaz aktivitesi üzerindeki etkisini gösteren fazla çalışma bulunmamaktadır, ancak SYA ve peroksit değeriyle lipaz aktivitesi arasında pozitif bir ilişki olduğundan dolayı SYA değerini belirlemeye yönelik çalışmalar, stabilizasyonun lipaz aktivitesini anlamlı şekilde azalttığını göstermiştir. Kim ve ark. (2014), SYA değerinin, depolama süresinin artmasıyla % 2.14'den % 19.81'e yükseldiğini tespit etmiştir. Benzer bulgular, Yılmaz ve ark. (2014) tarafından da elde edilmiştir. Ramezanzadeh ve ark. (1999), mikrodalga fırında ısıtılan pirinç kepeği örneklerinin SYA değerinin oda sıcaklığında depolama sırasında arttığını, buna karşın 4-5 °C'de depolamayla değişmediğini tespit etmişlerdir. Ramezanzadeh ve ark. (1999)' a göre, stabilize edilmiş pirinç kepeğinin, buzdolabı sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıklarda saklanması, kepeğe daha uzun bir raf ömrü kazandıracaktır. Bu anlamda çalışmamızın bulguları, pirinç kepeğinin enzim aktivitesini azaltmak için stabilizasyonun gerekli olduğunu ancak stabilizasyon sonrası elde edilen örneklerin depolama sıcaklığının da stabilizasyon yöntemi kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur.

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 4.4' 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-Esteva 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) 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.

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-Esteva 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.

4.5. Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin TFM, FRAP, TEAK ve DPPH Değerleri Üzerine Etkisi

Tam taneli tahılların fenolik maddeler açısından zengin olduğu bilinmektedir. Tahıllarda fenolik bileşiklerin bulunduğunu gösteren çok sayıda çalışma mevcuttur. Antioksidan özelliklere sahip olan fenolik bileşikler kanser ve kalp hastalıkları gibi serbest radikallerin rol aldığı dejeneratif hastalıklara karşı koruyucu etki göstermektedir (Levent ve Cavuldak, 2017). Yapılan çok sayıda çalışma TFM konsantrasyonu ile antioksidan aktivite arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Antioksidan aktiviteye fenolik bileşiklerin doğrudan katkısının olduğu bilinmektedir (Aydın, 2011). Bu çalışmada pirinç kepeği örneklerinin serbest ve bağlı formlarının TFM içeriklerine bakılmış ve sonuçlar çizelge 4.5’de sunulmuştur. Pirinç kepeği örneklerinin serbest formlarında TFM, 596-696 mg GAE/100 g arasında değişmiştir. Bağlı formda ise serbest forma göre nispeten daha düşük değerler elde edilmiş ve TFM 360-435 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar tarafından siyah pirinç örneklerinde bağlı formun TFM içeriğinin serbest formdan daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte birkaç çalışma, serbest formun TFM içeriğinin bağlı formun TFM içeriğinden yüksek olduğunu göstermektedir. Meydana gelen farklılık muhtemelen farklı çeltik genotipi ve farklı ekstraksiyon koşullarından kaynaklanmaktadır (Pang ve ark., 2018). Ti ve ark. (2014), 5 farklı tür pirinç kepeğinde TFM içeriğini ortalama 834.7 mg GAE/100 g olarak belirlemişlerdir. Arab ve ark. (2011) tarafından kırmızı beyaz ve esmer pirincin embriyo, kepek ve endosperm kısımlarının antioksidan özellikleri karşılaştırılmıştır ve en yüksek TFM içeriği pirinç kepeğinde 3.817 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Zhang ve ark. (2018) kahverengi pirincin TFM içeriğini 178 mg GAE/100 g olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.5. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin TFM, FRAP, TEAK ve DPPH değerleri

| | Örnek | Serbest | Bağlı | Toplam |
|---------------------------|-------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| TFM (mg GAE/100 g) | K | 596±17.67 ^c | 360±17.67 ^c | 956±0.00 ^c |
| | M1 | 654 ±14.84 ^b | 397±15.55 ^b | 1051±30.40 ^{cd} |
| | M2 | 669±12.02 ^b | 360±0.70 ^c | 1028±11.31 ^d |
| | M3 | 696±2.82 ^a | 422±2.82 ^a | 1118±6.36 ^a |
| | F1 | 664±5.65 ^b | 435±6.36 ^a | 1099±12.72 ^{ab} |
| | F2 | 646±424 ^b | 430±0.01 ^a | 1076±4.24 ^{bc} |
| | F3 | 643±5.65 ^b | 442±7.77 ^a | 1084±14.14 ^{abc} |
| FRAP (µM TE/g örnek) | K | 801±8.48 ^d | 759±2.12 ^c | 1560±5.65 ^c |
| | M1 | 927±12.72 ^{bc} | 1638±16.26 ^d | 2564±4.24 ^c |
| | M2 | 933±12.72 ^{bc} | 1519±5.65 ^c | 2451±6.36 ^d |
| | M3 | 989±33.23 ^a | 2024±61.51 ^a | 3012±95.45 ^a |
| | F1 | 985±4.24 ^a | 1973±2.12 ^a | 2958±6.36 ^a |
| | F2 | 942±16.26 ^b | 1910±24.74 ^b | 2851±41.01 ^b |
| | F3 | 901±0.00 ^c | 1892±0.00 ^b | 2792±0.01 ^b |
| TEAK (µmol TE/g örnek) | K | 2047±362 ^{ef} | 392±12.02 ^c | 2439±374 ^c |
| | M1 | 1797±9.19 ^f | 704±91.21 ^b | 2500±100 ^c |
| | M2 | 2560±362 ^{de} | 388±4.94 ^c | 2947±358 ^c |
| | M3 | 2816±0.00 ^d | 223±45.25 ^d | 3039±45.25 ^c |
| | F1 | 7284±206 ^a | 439±12.02 ^c | 7723±194 ^a |
| | F2 | 5249±497 ^b | 626±19.09 ^b | 5874±516 ^b |
| | F3 | 4482±181 ^c | 886±14.14 ^a | 5368±195 ^b |
| DPPH (%) | K | 95.73±0.08 ^a | 94.04±0.08 ^a | |
| | M1 | 96.27±0.85 ^a | 88.45±5.78 ^a | |
| | M2 | 96.63±0.51 ^a | 92.90±1.36 ^a | |
| | M3 | 96.63±0.51 ^a | 87.42±9.78 ^a | |
| | F1 | 96.57±0.25 ^a | 86.94±10.13 ^a | |
| | F2 | 96.99±0.17 ^a | 91.33±2.55 ^a | |
| | F3 | 96.75±0.34 ^a | 88.69±4.60 ^a | |

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 sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir(p<0.05).

Pirinç kepeği örneklerinin TFM içeriği 956-1118 mg GAE/100 g arasında bulunmuştur. En yüksek TFM 800 W ile stabilize edilen M3 örneğinde 1118 mg GAE/100 g olarak tespit edilmiştir. En düşük TFM ise kontrol (K) örneğinde 956 mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Serbest formdaki en yüksek TFM; M3 (696 mg GAE/100 g) örneğinde, bağlı formda en yüksek TFM; F3 (442 mg GAE/100 g) örneğinde saptanmış ve M3, F1, F2 örneklerinin bağlı formlarının TFM içeriği, F3 örneğiyle aynı grupta yer almıştır. M3 örneğinin serbest formunun TFM değeri, kontrole kıyasla % 14.36 lık bir artış gösterirken, F3 örneğinin bağlı formunun TFM değeri kontrole kıyasla % 18.55 lik bir artış göstermiştir. Çizelge 4.5'den görüldüğü gibi, uygulanan stabilizasyon işlemi TFM içeriğini kontrole kıyasla anlamlı bir şekilde arttırmıştır (p<0.05). Bu çalışmada elde edilen bulgular, ekstrüzyon işleminin pirinç

kepeğinin TFM içeriğinin arttığını belirleyen Zhang ve ark. (2018)'in yapmış oldukları çalışmayla benzerlik göstermektedir. Zhang ve ark. (2018) pirinç kepeğini ekstrüzyon yöntemi ile stabilize etmişlerdir. Ekstrüzyon öncesi pirinç kepeğinde TFM içeriğini 756 mg GAE/100 g, ekstrüzyon sonrası ise 811 mg GAE/100 g olarak hesaplamışlardır. Diğer taraftan, Rodchuaheen ve ark. (2016) ham pirinç kepeğinde TFM içeriğini 4.02 mg GAE/g olarak belirlerken, ekstrüde edilmiş pirinç kepeğinde TFM içeriğini 3.29 mg GAE/g olarak hesaplamışlardır. Yapılan ekstrüzyon işlemi kepek örneğinde TFM içeriğini azaltmıştır. Araştırmacılar bu durumu ısı işlem etkisiyle fenolik bileşiklerin yıkıma uğraması şeklinde açıklamışlardır.

Literatürde, fenolik bileşenlerin ısı işlem ile yıkıma uğradığını belirten çalışmalara ilaveten, ısı işlem ile fenolik bileşenlerin arttığını ifade eden çalışmalarda bulunmaktadır. Meral ve Doğan (2013); ısı işlem ile bazı fenolik bileşiklerin serbest hale geldiğini, bazılarının ise yıkıma uğradığını ifade etmiştir. Choi ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, ısı işlem uygulanan ve uygulanmayan mantarların serbest ve bağlı fenolik madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Çalışmada, ısı işlem uygulanan mantarlarda bağlı ve serbest fenolik maddelerin miktarının, ısı işlem görmemiş mantara göre önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Bu araştırmacılar, fenolik bileşenlerin ısı işlem sonrası serbest hale geçmesi nedeniyle böyle bir sonucun ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmada fenolik madde miktarındaki artış, bitki hücre duvarlarındaki matriksin bozulması nedeniyle fenolik bileşenlerin açığa çıkması şeklinde açıklanmıştır (Pinelo ve ark., 2005). Michalska ve ark. (2008), çavdar ekmeğinin üretimi sırasında oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan aktiviteye katkısını araştırdıkları çalışmalarında, Maillard reaksiyonunu ileri aşamalarında meydana gelen ürünlerin, serbest radikal yakalayıcısı olduğunu belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar, kahverengileşme reaksiyonuyla birlikte antioksidan özelliklerin arttığını ifade etmişlerdir. Chuah ve ark. (2008), farklı tür biberlere farklı pişirme teknikleri uygulayarak antioksidan aktiviteyi ve toplam fenolik madde miktarını araştırdıkları çalışmalarında, daha az su kullanılarak yapılan pişirme işleminin antioksidan aktivitenin ve biyoaktif bileşiklerin korunmasına yardımcı olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada antioksidan aktiviteye en az zarar veren pişirme yönteminin, su kullanmaksızın yapılan mikrodalga pişirme işlemi olduğu ifade

edilmiştir. Meral ve Erim Köse (2019), pişirme işleminin ekmeklerin TFM değerini önemli oranda arttırdığını ortaya koymuştur.

Meral, (2017) tarafından yapılan ve ısıtma işleminin uşkun bitkisinin TFM içeriği üzerine etkisinin belirlendiği çalışmada, ısıtma işlem sıcaklığının artmasıyla TFM içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Erim Köse, (2018) tarafından yapılan çalışmada buğday ruşeymi mikrodalga ve dondurarak kurutma yöntemleri ile stabilize edilmiştir. Kontrolle kıyasla mikrodalga yönteminin ruşeym örneklerinde TFM içeriğini azalttığı dondurarak kurutmanın ise TFM içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Ayseli ve Selli, (2018), Türk kahvesini iki farklı sıcaklıkta kavurmuşlar ve kavurma işleminin kahvenin TFM içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada TFM içeriğinin orta ve koyu kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinde sırasıyla, 12.2 mg GAE/L ve 10.49 mg GAE/L olarak tespit etmişlerdir. Sıcaklığın artması TFM içeriğini azaltmıştır. Görüldüğü gibi gıdanın bileşimi ve proses sırasında uygulanan işlemler, ekstraksiyon solventi, ekstraksiyon metodu ve depolama koşulları gibi deneysel koşullar, metodolojideki farklılıklar, gıda üretim prosesi ve proses sırasında uygulanan çeşitli işlemler, farklı araştırmacılar tarafından yapılan araştırma sonuçlarının farklı olmasına neden olmaktadır.

Gıdaların antioksidan aktivitelerini belirlemek için birbirinden farklı prensiplere dayanan birçok ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. Pirinç kepeğinin de sahip olduğu fonksiyonel bileşenler sebebiyle antioksidan özellik gösterdiği birçok çalışmada belirtilmiştir. Antioksidanlarca zengin olan bu gıdaların antioksidan aktivitelerini belirlemek için en az iki farklı yöntemle ölçüm yapılması gerekmektedir (Meral, 2011). Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan FRAP, TEAK ve DPPH yöntemleri ile antioksidan aktivite tayini yapılmış ve analiz bulguları çizelge 4.5' te sunulmuştur.

Çizelge 4.5'den görüldüğü gibi pirinç kepeği örneklerinin toplam FRAP değerleri 1560-3012 $\mu\text{mol TE}$ arasında değişmiştir. En yüksek FRAP değeri (3012 $\mu\text{mol TE}$) M3 örneğinde tespit edilmiştir. En düşük FRAP değeri K örneğinde 1560 $\mu\text{mol TE}$ olarak elde edilmiştir.

Serbest formdaki ekstraktların FRAP değerleri 801-989 $\mu\text{mol TE}$, bağlı formların FRAP değerleri ise 759-2024 $\mu\text{mol TE}$ arasında değişmiştir. Stabilize edilmiş pirinç kepeği ekstraktlarının serbest, bağlı ve toplam FRAP değerleri kontrol ile karşılaştırıldığında, stabilizasyon ile FRAP değerlerinde önemli bir artış meydana

geldiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bağlı FRAP değerlerindeki artış serbest FRAP değerinde meydana gelen artıştan daha yüksektir. M3 örneğinin bağlı FRAP değerinin kontrol örneğinin bağlı FRAP değerinden yaklaşık 2.6 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Zhang ve ark. (2018), ekstrüzyon yöntemi ile stabilize ettikleri pirinç kepeği örneklerinde ekstrüzyon öncesi FRAP değerini 719 mg TE/100 g, ekstrüzyon sonrası ise 796 mg TE/100 g olarak belirlemişlerdir. Öte yandan, Ti ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, pirinç kepeği için ortalama FRAP değeri 732.4 mg TE/100 g olarak belirlenmiş ve stabilizasyon için kullanılan sıcaklığın artmasıyla kepek örneklerinin FRAP değerlerinin kontrole kıyasla düştüğü ortaya konmuştur. Meral (2011), yüksek sıcaklıkların bazı fenolik bileşiklerin degradasyonuna neden olarak antioksidan aktiviteyi azalttığını bildirmiştir. Isıl işlem sırasında gıdaların bazı antioksidan bileşiklerinin miktarının azaldığını gösteren çalışmalar olmasına rağmen bu çalışmada; stabilize edilmiş pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesinin, kontrole kıyasla arttığı tespit edilmiştir. Mikrodalga fırında 800 W enerji gücü ile stabilizasyon en yüksek TFM ve FRAP değerini vermiştir.

Çizelge 4.5’de pirinç kepeği örneklerinin TEAK değerleri verilmiştir. Fırında stabilizasyon işlemi uygulanmış olan F1, F2 ve F3 örneklerinin toplam TEAK değerleri, kontrol örneğinin toplam TEAK değerlerinden önemli oranda yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Mikrodalga fırında stabilize edilen örnekler ise kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır ($p>0.05$).

Serbest formun TEAK değerleri 1797-7284 $\mu\text{mol TE}$ arasında değişmiştir. Mikrodalga ile stabilizasyon sırasında serbest TEAK değerleri artan enerji gücünden önemli ölçüde etkilenmiş ($p<0.05$) ve M1 örneğinin serbest TEAK değerinin kontrolden düşük olduğu belirlenmiştir. M2 ve M3 örneklerinin serbest TEAK değerleri artan enerji gücü ile artmış, ancak M2 örneğinin serbest TEAK değeri kontrole kıyasla önemli bir değişim göstermemiştir ($p>0.05$). M3 örneği ile kontrol örneği arasındaki fark ise istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu durum, bazı antioksidanların muhtemelen stabilizasyon işlemi ile bozulması ancak daha sonra artan mikrodalga gücüyle fenolik bileşiklerin serbest hale geçmesi şeklinde açıklanabilir. Bağlı formun TEAK değerleri, 223-886 $\mu\text{mol TE}$ olarak saptanmıştır. Bağlı formda M2 ve M3 örnekleri hariç TEAK değerlerinin kontrole kıyasla anlamlı bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$).

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. Bağlı TEAK değerleri, serbest TEAK değerlerinden farklı bir eğilim göstermiştir. Mikrodalga yönteminde stabilizasyon için kullanılan enerji gücü yükseldikçe, bağlı TEAK değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, bağlı TEAK değerlerinde FRAP değerlerine benzer bir eğilim beklediğimizden dolayı şaşırtıcı olmuştur. Bu durum; artan mikrodalga gücü ile, fenolik bileşiklerin termal bozunmasının artması (Ballard ve ark., 2010) ve mikrodalga işlemi sırasında elektromanyetik radyasyonların neden olduğu ısıtma etkisinin, ester ve glikozit bağıyla bağlı bulunan fenolik bileşikleri parçalaması şeklinde açıklanabilir (Hayat ve ark., 2010). Ayrıca, reaksiyon mekanizmalarının karmaşıklığı, antioksidan ve oksidan maddenin fiziksel durumu, test sırasında kullanılan radikal kimyasal yapısı gibi faktörler, antioksidan aktivite ölçüm yöntemleri arasında zayıf bir korelasyona neden olabilmektedir. Bu nedenle antioksidan aktivite ölçümünde birden fazla aktivite ölçüm yönteminin seçilmesi gerekmektedir (Ertürk ve Meral, 2018; Meral ve Erim Köse, 2019).

Pirinç kepeğinin yoğurt formülasyonuna ilave edilerek antioksidan aktivitesinin artırıldığı bir çalışmada; ağırlıkça % 1, % 2 ve % 3 oranında kepek ilave edilen yoğurt örneklerinde TEAK değerleri sırasıyla 0.78, 0.73 ve 1.36 mM TE/g olarak belirlenmiştir (Demirci ve ark., 2017).

Antioksidan aktivite için kullanılan DPPH analizinde sonuçlar % süpürme gücü olarak ifade edilmiş ve elde edilen değerler çizelge 4.5'de verilmiştir. Bu analizde antioksidan aktivite değeri; kararlı bir radikal olan DPPH'nin menekşe renginin, antioksidan madde varlığında açılması ve meydana gelen renk değişiminin absorbansının ölçülmesiyle elde edilmektedir.

Çizelge 4.5'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. Serbest formda değerler % 95.73-96.99, bağlı formda ise % 86.94-94.04 olarak belirlenmiştir.

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 pirinç 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. Demir, (2010) tarafından yapılan çalışmada buğday örneklerinin kepekli fraksiyonları otoklav, mikrodalga, infrared ve ultraviyole stabilizasyon işlemleri uygulanarak stabilize edilmiştir. En düşük antioksidan aktivite kontrol örneğinde % 13.28 olarak tespit edilmiştir. Antioksidan aktivite, otoklav ile stabilize edilen örnekler (% 16.15), mikrodalga ile stabilize edilen örnekler (% 16.75), infrared ile stabilize edilen örnekler (% 17.23) ve ultraviyole ile stabilize edilen örnekler (% 17.63) şeklinde dizilim göstermiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, stabilizasyon işleminin; pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesini arttırıcı 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.

4.6. Pirinç Kepeğinin Fenolik Profili Üzerine Stabilizasyon Yöntemlerinin Etkisi

Çizelge 4.6. Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin fenolik profili ($\mu\text{g/g}$)

| Örnek | Gallik asit | | Klorojenik asit | | Kafeik asit | | Ferulik asit | | Ellajik asit | | <i>p</i> -kumarik asit | | Sinapik asit | |
|-------|-----------------------|-------|-----------------|-------|-------------|-------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|------------------------|-------------------------|--------------|------------------------|
| | Serbest | Bağlı | Serbest | Bağlı | Serbest | Bağlı | Serbest | Bağlı | Serbest | Bağlı | serbest | bağlı | serbest | Bağlı |
| K | 297±2.07 ^a | t.e | 1424±30.59 | t.e | 129±2.12 | t.e | 443±1.70 ^a | 1812±26.79 ^f | 3040±54.09 ^a | 316±5.05 | t.e | 456±6.14 ^c | t.e | 160±5.85 ^f |
| M1 | 87±0.70 ^d | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | 426±9.48 ^b | 2890±20.77 ^c | 315±12.72 ^b | t.e | t.e | 861±1.41 ^c | t.e | 228±5.76 ^c |
| M2 | 98±3.13 ^c | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | 428±2.15 ^b | 3322±96.05 ^d | 338±16.9 ^b | t.e | t.e | 950±69.29 ^c | t.e | 275±13.43 ^d |
| M3 | 116±0.64 ^b | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | 442±2.53 ^a | 4248±67.97 ^a | 878±26.00 ^c | t.e | t.e | 1311±52.07 ^a | t.e | 346±8.17 ^b |
| F1 | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | 449±3.68 ^a | 3860±53.42 ^c | t.e | t.e | t.e | 561±13.93 ^d | t.e | 300±2.12 ^c |
| F2 | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | 437±3.90 ^{ab} | 4070±69.38 ^b | t.e | t.e | t.e | 1145±58.25 ^b | t.e | 330±5.66 ^b |
| F3 | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | t.e | 441±4.89 ^a | 4330±72.88 ^a | t.e | t.e | t.e | 1322±46.11 ^a | t.e | 384±6.95 ^a |

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir ($\mu\text{g/g}$).

K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.6’da ham ve stabilize edilmiş pirinç kepeği örneklerinin fenolik profili sunulmuştur. Kontrol örneğinde, serbest formda klorojenik asit ve kafeik asit tespit edilmiş ve stabilize edilen örneklerde bu fenolik bileşenler bulunamamıştır. Muhtemelen uygulanan ısı işlem fenolikleri yıkıma uğratmıştır. Serbest formdaki kepek ekstraktlarında, gallik asit miktarı 87-297 µg/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda gallik asit miktarı 297 µg/g olarak bulunmuş ve fırında stabilize edilen örneklerde gallik asit tespit edilememiştir. Bu durum, fırında uygulanan ısı işlem nedeniyle fenolik maddelerde meydana gelen tahribatdan kaynaklanmaktadır. Mikrodalga ile stabilize edilen örneklerde, gallik asit miktarı önce 297 µg/g’dan 87 µg/g’a düşmüş, ardından artan mikrodalga gücüyle 87 µg/g’dan 116 µg/g’a yükselmiştir. Mikrodalga fırında, gücün artışıyla gallik asit miktarında meydana gelen artış; mikrodalga fırında meydana gelen ısınma etkisinin bir sonucu olarak, gallik aside dönüşen ve gallik asit içeriğindeki artışa katkıda bulunduğu sanılan bazı gallat türevleriyle ilişkilendirilebilir. Isıl işlem, gallat türevlerinin parçalanmasına ve gallik aside dönüşmesine sebep olabilmektedir (Meral ve Erim Köse, 2019). Hayat ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada mikrodalga işlemi uygulanan mandalinaların fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi araştırılmıştır. Araştırmacılar, toplam gallik asit miktarını 166-181 µg/g olarak saptamışlar ve en yüksek gallik asit miktarını kontrol örneğinde tespit etmişlerdir. Bu araştırmacılar; artan mikrodalga gücünün gallik asit miktarını azalttığını ortaya koymuşlardır. Hayat ve ark.(2010)’un sonuçları bu çalışma ile uyum göstermektedir.

Pirinç kepeğinin ferulik asitlerce zengin olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Yılmaz, 2014). Ti ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada 5 farklı tür ham pirinç kepeğinde ortalama ferulik asit içeriğini 1262.3 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızın sonuçları, ferulik asitin kepekte bol bulunan bir fenolik bileşen olduğunu doğrular niteliktedir. Pirinç kepeği örneklerinin hepsinde ferulik asit tespit edilmiş ve serbest formda 426-449 µg/g arasında, bağlı formda ise 1812-4330 µg/g arasında ferulik asit bulunmuştur. Fırında stabilizasyon işlemi, serbest formdaki ferulik asit miktarında önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Mikrodalga fırında stabilizasyon işlemiyle, serbest fenolik asit fraksiyonunda ferulik asit içeriği 443’ den 428 µg/g’a düşmüş, daha sonra 428’den 442 µg/g’a yükselmiştir. Artan mikrodalga gücü ferulik asitin açığa çıkmasına sebep olmuştur. Bağlı formdaki ekstraktlarda ise ferulik

asit miktarı kontrole kıyasla uygulanan mikrodalga gücü ve konveksiyonel fırında uygulanan sıcaklık derecesi artışıyla önemli oranda artmıştır ($p < 0.05$). Bu durum fenolik bileşenlerin ısı işlem sonucu serbest hale geçmesiyle açıklanabilmektedir (Meral, 2016; Meral ve Erim Köse, 2019). Bağlı fraksiyonların ferulik ve *p*-kumarik asit içeriğinde, sıcaklık 120 °C'den 160 °C'ye ve mikrodalga gücü 600W'den 800 W'a yükseltildiğinde önemli bir artış belirlenmiştir. Daha açık bir ifadeyle en yüksek ferulik ve *p*-kumarik asit içerikleri M3 ve F3 örneklerinde tespit edilmiştir. Ferulik ve *p*-kumarik asitlerin bağlı formlardaki içerikleri, başlangıçtaki içeriklerinden yaklaşık 2.38 ve 2.89 kat daha yüksek bulunmuştur.

Kepek örneklerinin serbest formlarında ellajik asit 315-3040 µg/g arasında tespit edilmiştir. Serbest formda en yüksek ellajik asit kontrol örneğinde saptanmış ve mikrodalga fırında stabilizasyon önce ellajik asit miktarını azaltmış daha sonra artan mikrodalga gücü ile ellajik asit miktarında artış yaşanmıştır. Konveksiyonel fırında stabilize edilen örneklerde ise serbest formda ellajik asit tespit edilememiştir. Ellajik asit bağlı formda sadece kontrol örneğinde 316 µg/g arasında bulunmuş, stabilize edilen örneklerde tespit edilememiştir.

Serbest formdaki ekstraktlarda *p*-kumarik ve sinapik asit tespit edilememiş, bağlı formdaki ekstraktlarda tespit edilmiştir. Bağlı formdaki ekstraktlarda *p*-kumarik asit 456-1322 µg, sinapik asit ise 160-384 µg olarak bulunmuştur. Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi kontrole kıyasla sıcaklık artışı ve mikrodalga gücünün artması kepek örneklerinin tamamında *p*-kumarik ve sinapik asit miktarını önemli oranda artırmıştır.

Tahıllarda fenolik bileşenler genel olarak çözünmeyen fraksiyonda (bağlı) bulunurlar. Bağlı halde bulunan fenolik bileşenler hücre duvarlarına ester bağıyla bağlıdır. Bağlı halde bulunan bileşiklerin hücre duvarları matrisinden salınması için ısı işlem gerekir. Isıl işlem, gıdanın fenolik içeriğini birkaç yolla değiştirebilir. Daha yüksek bir sıcaklıkta fenolik bileşiklerin çözünürlüğü artar, böylece bu bileşiklerin salınımı hızlandırılır. Isıl işlemin fenolik bileşenler üzerine etkisini araştıran çalışmaların sonuçları çelişkilidir. Bazı çalışmalar, ısı işlem sonucu fenolik bileşenlerin yapısında meydana gelen bozulmalar sebebiyle miktarın arttığını ifade ederken bazı çalışmalar ise ısı işlem ile fenolik bileşenlerde azalma veya bir değişiklik olmadığını ifade etmektedir (Meral, 2016). Bu durum birçok nedenle açıklanabilir pirinç kepeğinin yapısı, stabilizasyon için kullanılan sıcaklık ve süre parametreleri, ekstraksiyon

koşulları, analiz metodu vb. sebepler bu durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar ısıtılma işleminin fenolik bileşenlerin miktarını artırabileceğini de göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçları da bunu destekler niteliktedir. Bağlı formda ferulik asit, *p*-kumarik asit ve sinapik asit miktarı kontrole kıyasla artmıştır. Bu durum, hücre duvarlarındaki matriksin bozulması nedeniyle bağlı halde bulunan fenolik bileşenlerin açığa çıkması şeklinde açıklanabilir.

4.7. Pirinç Kepeğinin Protein Fraksiyonları Üzerine Stabilizasyon Yöntemlerinin Etkisi

Protein, nişastayı takiben öğütülmüş pirincin en bol bulunan ikinci bileşendir. Pirinç tanesindeki başlıca protein kaynağı kepek fraksiyonudur. Pirinç proteinleri çözünürlüklerine göre; albumin (% 30.9), globulin (% 24.9) prolamin (% 11.6) ve glutelin (% 32.5) olmak üzere dört fraksiyon halinde gruplandırılmaktadır (Phongthai ve ark., 2017). Fonksiyonel özelliklere sahip olan tahıl proteinlerine olan ilgi, gün geçtikçe artmaktadır. Birçok çalışmaya göre farklı bitkisel kaynaklardan elde edilen proteinler; çözünürlük, emülsifikasyon, köpük bağlama, jelleşme gibi fonksiyonel özellikleri açısından ticari olarak satışa sunulan protein izolatlarıyla eşdeğer durumdadır (Yavuz ve Özçelik, 2016). Pirinç kepeği, ucuz ve hipoalerjenik bir protein kaynağı olmasından dolayı bebek mamalarında, yenilebilir kaplamalarda kullanılmaktadır (Yerlikaya ve ark., 2010). Peng ve ark. (2018) tarafından pirinç kepeği albumin-kitosan nanopartiküllerinin, hidrofobik aktif madde enkapsülasyonu için uygun olabileceği vurgulanmıştır. Aynı şekilde, Zang ve ark. (2019) pirinç kepeğini emülgatör olarak kullanmanın, kepeğin ekonomik değerini arttıracakını bildirmiştir. Pirinç proteinleri ayrıca glutensiz ürünlerde de kullanılmakta ve pirinç proteinlerinin; soya fasulyesi, mısır, buğday gibi diğer bitkisel protein kaynaklarından daha üstün olduğu kabul edilmektedir (Fabian ve Ju, 2011).

Bu çalışmada stabilizasyon işleminin kepek proteinleri üzerine etkisini belirlemek için örneklerden proteinlerin ekstraksiyonu yapılmış ve proteinler çözünürlüklerine göre ayrılmıştır. Çizelge 4.7 stabilizasyon işleminin, kepek örneklerinin protein fraksiyonları üzerine etkisini göstermektedir.

Çizelge 4.7. Stabilizasyon işleminin kepek örneklerinin protein fraksiyonları üzerine etkisi (mg/mL)

| Örnekler | Albumin-Globulin | Prolamin | Glutelin |
|----------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| K | 7.84±0.19 ^{ab} | 3.38±0.01 ^d | 4.45±0.14 ^a |
| M1 | 7.03±0.00 ^c | 2.72±0.00 ^g | 4.23±0.00 ^a |
| M2 | 7.06±0.02 ^c | 2.92±0.08 ^f | 3.89±0.02 ^a |
| M3 | 7.86±0.06 ^{ab} | 3.12±0.01 ^c | 3.68±0.09 ^b |
| F1 | 8.34±0.06 ^a | 3.63±0.03 ^c | 4.27±0.12 ^b |
| F2 | 8.05±0.50 ^{ab} | 4.00±0.02 ^b | 3.75±0.17 ^b |
| F3 | 7.53±0.10 ^{bc} | 4.41±0.07 ^a | 3.68±0.09 ^b |

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir (mg/mL).

K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C.

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.7'den, pirinç kepeği protein fraksiyonları içerisinde albümin-globulin fraksiyonunun en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi kepek tabakasında oranı en yüksek olan protein grubu albumin ve globulinlerdir. Amagliani ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmada; pirinç kepeğinde albümin, globülin, glutelin ve prolamin oranının sırasıyla; % 24-43, % 13-36, % 22-45 ve % 1-5 şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. İki çalışma arasında meydana gelen farklılıklar, muhtemelen çeltik çeşidinden ve ekstraksiyon yöntemlerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

Pirinç kepeği örneklerinde albümin-globulin fraksiyonu için 7.03-8.34 mg/mL arasında değişen değerler elde edilmiştir. En yüksek albümin-globulin içeriği F1 örneğinde, en düşük içerik ise M1 örneğinde belirlenmiştir. Prolamin içeriği 2.72-4.41 mg/mL; glutelin içeriği ise 3.68-4.45 mg/mL arasında değişmiştir. Glutelin miktarı M3, F1, F2 ve F3 örneklerinde anlamlı derecede (p<0.05) azalmıştır. Analiz sonuçları; mikrodalga yöntemiyle stabilizasyon işleminin albumin-globulin ve prolamin miktarını önemli ölçüde azalttığını (p<0.05) ve glutelin miktarını değiştirmediğini (p>0.05) göstermiştir. Buna karşılık, konveksiyonel fırın ile stabilizasyon işlemi, albümin-globulin ve prolaminlerin miktarını önemli ölçüde arttırmış, glutelinlerin miktarını önemli ölçüde azaltmıştır (p<0.05).

Isıl işlem, proteinlerin stabilitesini etkilemektedir. Proteinlerin stabilitesi, termal bozulma ve oksidatif hasar nedeniyle sınırlıdır. Ayrıca ısıl işlem, proteinlerin açılmasına ve denatürasyona neden olmaktadır (Fabian ve Ju, 2011). Wang ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada yağsız pirinç kepeğinden fitaz ve ksilanaz kullanarak protein izolatları elde etmişler ve bu protein izolatlarının denatürasyon sıcaklığını 84.4 °C

olarak bulmuşlardır. Wang ve ark. (1999) tarafından belirtilen bu sıcaklık, bu çalışmada pirinç kepeğini stabilize etmek için kullanılan sıcaklıklardan önemli ölçüde düşüktür. Stabilizasyonda kullanılan yüksek sıcaklıklar, protein yapılarını değiştirdiğinden dolayı protein fraksiyonlarının miktarında azalma meydana gelmesi beklenmektedir. Ayrıca denatürasyonla ortaya çıkan en önemli sonuçlardan birisi, proteinlerin ekstrakte edilebilirliğinde azalma meydana gelmesidir. Bu nedenle protein fraksiyonları miktarında meydana gelen azalmanın, proteinlerin ekstrakte edilebilirliğinin azalmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Örneklerin albumin globulin ve prolamin miktarı; mikrodalga fırında stabilizasyon işlemi ile dalgalanma göstermiştir. 600 ve 700 W ile stabilizasyon, kontrole kıyasla albumin globulin ve prolamin miktarını azaltmış mikrodalga gücünün 800 W'a yükselmesiyle albumin globulin ve prolamin miktarı artış göstermiştir. Bu örneklerdeki albumin globulinlerin miktarındaki artış, polifenol-protein etkileşimlerine bağlanmıştır. Zhou ve ark. (2017), pirinç kepeği albümininin (RAP), epigallokateşin-3-gallat ile oluşturduğu kompleksin (RAPE) termal davranışını incelemişlerdir. Bu araştırmacılar, normalde ısıl direnci düşük olan pirinç kepeği albümininin ısıya karşı dayanıklılığının, epigallokateşin-3-gallat interaksiyonu nedeniyle attığını ortaya koymuşlardır. Epigallokateşin-3-gallatın RAP'e bağlanmasıyla hidrojen ve Van der Waals bağları meydana gelmiş ve bu zayıf kuvvetler, RAP ikincil yapısını önemli ölçüde etkileyerek albüminlerin ısıl işleme karşı dayanıklılığını arttırmıştır (Zhou ve ark., 2017). Protein-polifenol etkileşimlerinin proteinleri kuvvetlendirdiğine dair bulgular; Zhang ve ark. (2010) ve Meral (2011) tarafından da gösterilmiştir. Bu çalışmada 800 W mikrodalga gücü ile stabilize edilen M3 örneğinin en yüksek TFM (Bkz. Çizelge 4.5) içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, daha yüksek TFM'nin M3 örneğinin albümin-globulin fraksiyonunun, ısıya karşı dayanıklılığını arttırdığı iddia edilebilir. Protein fraksiyonlarının miktarlarındaki değişiklikler, yapısal değişikliklere de atfedilebilir (Lamachhia ve ark., 2016).

Prolamin, pirinç tanesinde alkolde çözünen bir protein olduğundan dolayı albümin ve globulinin uzaklaştırılmasından sonra çıkarılır. En yüksek prolamin içeriğinin 4.41 mg/mL ile F3 örneğinde, en düşük prolamin içeriğinin 2.72 mg/mL ile M1 örneğinde olduğu belirlenmiştir. Prolamin fraksiyonlarında örnekler arasındaki farklılık, istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Çizelge 4.7. incelendiğinde

kontrole kıyasla M1 ve M2 örneğinin prolamin içeriğinde azalma, M3 örneğinin prolamin içeriğinde ise artış meydana geldiği görülmektedir. Lamachhia ve ark. (2016), ısıtılma işlemi, özellikle prolaminleri ve düşük moleküler ağırlıklı albümin ve globulinleri etkileyen yapısal değişikliklerle neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar; buğdayı mikrodalga ile muamele ettikleri çalışmalarında, aynı grupta bulunan proteinlerin polimerize olduğunu, dahası normalde tuzlu suda çözünmeyen gluten proteininin tuzlu suda çözünür hale geldiğini ifade etmişlerdir.

Glutelin fraksiyonu için 3.68 ile 4.45 mg/mL arasında değişen değerler elde edilmiştir. En yüksek glutelin içeriği kontrol örneğinde, en düşük glutelin içeriği ise M3 ve F3 örneğinde elde edilmiştir. Fırında stabilizasyon işlemi ve 800 W mikrodalga gücü, glutelin fraksiyonun miktarını düşürmüştü ve bu düşüş istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Konveksiyonel fırında kullanılan ısıtılma işlemi ve mikrodalga fırında elektromanyetik alandan kaynaklanan ısınma etkisine bağlı olarak proteinler muhtemelen denatüre olmuş ve proteinlerin ekstrakte edilebilirliği azalmıştır. Stabilizasyon işleminin pirinç kepeği protein fraksiyonları üzerine etkisini belirlemek için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kusumawaty ve ark. (2016), stabilize edilmiş pirinç kepeğinden elde edilen protein konsantrasyonlarının, stabilize edilmemiş olan pirinç kepeğine benzer özellikler (emülsiyon ve köpük oluşumu) gösterdiğini, bununla birlikte amino asit bileşimi, ısıya kararlılık ve IR spektrumları gibi bazı diğer özelliklerin farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak protein fraksiyonlarının miktarı, artan sıcaklık ve mikrodalga gücü ile değişmiştir. Pirinç kepeği proteinlerinin stabilizasyon işleminden etkilenmesi nedeniyle, beslenme kalitesini korumak için uygun bir stabilizasyon yönteminin seçilmesi önem arz etmektedir.

4.8. 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 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. 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 ^c |
| 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 ^c | 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 sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

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, ısı 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. Rodchuajeen 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).

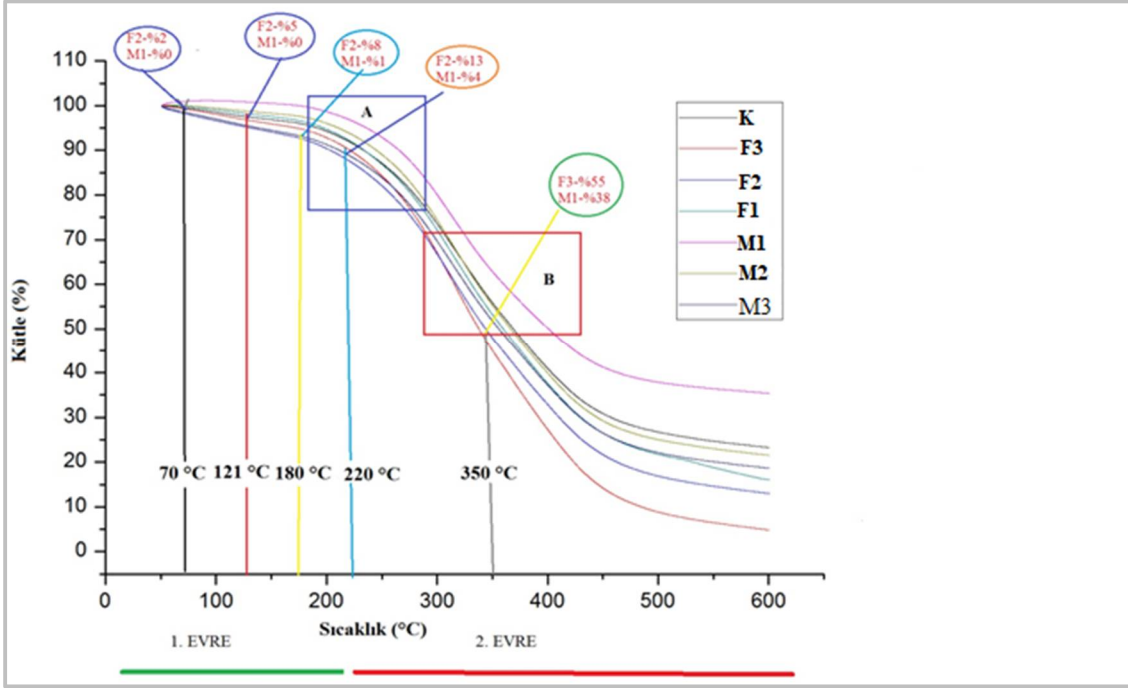
Kim ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada ham pirinç kepeğinde L* a* b* değerlerini sırasıyla 69.2, 3.8, 17.87 olarak belirlemişlerdir. Kuru ısıtma (80 °C) uyguladıkları pirinç kepeği örneklerinde ise L* a* b* değerleri sırasıyla 66.0, 4.8 ve 19.5 olarak tespit edilmiştir. Bu araştırmacıların elde ettiği bulgular, bizim bulgularımızla uyumludur. Irakli ve ark. (2018) pirinç kepeğini infrared enerji ile stabilize etmişler ve stabilizasyon işleminin renk üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar stabilizasyonda kullanılan sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak kontrole kıyasla L* değerlerinde azalma ve a* ve b* değerlerinde ise artış olduğunu ortaya koymuşlardır. Erim Köse, (2018) yaptığı çalışmada buğday ruşeymini mikrodalgada ve dondurarak kurutma yöntemi ile stabilize etmiş ve stabilizasyonun renk üzerine etkisini incelemiştir. Stabilize edilen örneklerde L* değeri azalmış, mikrodalga fırında stabilizasyon a* değerini artırmış, dondurarak kurutma ise azaltmıştır. Aynı çalışmada

b* değeri ise stabilizasyon ile azalma eğilimi göstermiştir. Erim Köse (2018) ve bizim bulgularımız arasındaki farklılıklar, kullanılan hammaddenin, stabilizasyon yöntemlerinin, uygulanan sıcaklık ve süre parametrelerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

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.

4.9. TGA Analiz Sonuçları

Stabilize edilmiş pirinç kepeği unlu mamüller, bebek maması, krema sosları ve et ürünlerinde köpük oluşturma ve emülsifiye edici bir madde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, antioksidan aktiviteye sahip olması ve gluten bulundurmaması nedeniyle yenilebilir kaplamalarda ve glutensiz ürünlerde bileşen olarak kullanılabilmesi ifade edilmektedir (Fabian ve Ju, 2011). Bu nedenle stabilize edilmiş pirinç kepeğinin termal özelliklerinin bilinmesi gerekir. TGA analizi termal stabilite ve oksidatif stabilite hakkında bilgi veren bir analizdir. Bu çalışma sırasında, stabilizasyon işleminin kepek örneklerinde meydana getirdiği değişikliği belirlemek için TGA analizi yapılmış ve sıcaklık artışıyla kütlede meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Ham ve stabilize edilmiş pirinç kepeği örneklerinin termogramları Şekil 4.3'de sunulmuştur.



Şekil 4.3. Pirinç kepeği örneklerinin TG eğrisi, A: en çok kütle kaybının olduğu 1. bölge, B: en çok kütle kaybının meydana geldiği 2. Bölge.

Fernandez ve ark. (2016)' ya göre, tarımsal sanayi atıklarının pirolizi, ağırlık kaybına göre üç aşamaya ayrılmaktadır. İlk aşama; 200°C'nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleşir ve ağırlıktaki ilk düşüş, temel olarak yapıda bulunan suyun uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Yaklaşık % 35-40'luk maksimum ağırlık kaybına karşılık gelen ikinci aşama ise, 200 ila 600 °C arasında meydana gelir. Bu aşamada, CO₂, CO, CH₄ ve H₂O gibi gazlar salınır. 500-600 °C den sonra gelişen aşama ise pasif piroliz olarak adlandırılmaktadır. Gıda üretiminde 500 °C gibi yüksek sıcaklıklar kullanılmadığından dolayı TGA kurvesinin bu bölümü şekil 4.3 üzerinde gösterilmemiştir.

Şekil 4.3'den de görüleceği gibi sıcaklığın artışına paralel olarak kütle kaybı artmıştır. Şekil üzerinde A ve B olarak kodlanan ve kurvenin aşağı doğru yöneldiği bölgeler, yüksek oranda kütle kaybının meydana geldiği bölgelerdir. İlk aşamada (50-200 °C), tüm grupların kütlelerinde bir azalma olmuştur. Bu aşamada meydana gelen kütle kaybı, örneklerde bulunan suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Kütle kaybı stabilizasyon işleminde uygulanan sıcaklık artışına paralel olarak artış göstermiştir. Maksimum kütle kaybı ise 200-500 °C sıcaklık aralığında meydana gelmiştir. İkinci aşamada (200-500 °C) meydana gelen kütle kaybı, muhtemelen

hemiselüloz, selüloz ve ligninin termal bozunmasından kaynaklanmaktadır (Özsin ve Pütün, 2017).

Çizelge 4.9’da pastörizasyon, sterilizasyon, kızartma ve ekmek pişirme işlemlerinin gerçekleştirildiği sıcaklık derecelerinde, pirinç kepeği örneklerinin toplam kütle miktarı verilmiştir. Bahsedilen bu sıcaklık derecelerinde meydana gelen kütle kayıp miktarları ise Şekil 4.3 üzerinde gösterilmiştir. Şekil 4.3 ve çizelge 4.9’dan görüleceği gibi stabilizasyon işlemi pirinç kepeği örneklerinin termal bozunma oranını etkilemiş, ancak 600 W mikrodalga gücü ile stabilize edilen M1 örneğinin termal bozunma oranı kontrol örneğinden düşük bulunmuştur. 70, 121, 180, 220 ve 350 °C’de M1 örneğinin kütle kaybının % 0 ile % 38 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.3). Bu sıcaklıklarda en yüksek kütle kaybı ise F2 ve F3 örneklerinde meydana gelmiştir. Mikrodalga fırında 600 W ile stabilizasyonun, kepek örneklerinde termal bozunmayı geciktirdiği açıkça görülmektedir. Bilindiği gibi mikrodalga yöntemi, elektromanyetik alanda moleküllerin yüksek frekansta hızlı bir şekilde sürtünme hareketi sonucu çok kısa sürelerde yüksek sıcaklıklar elde etmek için avantajlı bir yöntemdir. Bu özelliklerinden ötürü geleneksel kurutma yöntemlerine kıyasla kısa işlem süresi ve daha kaliteli ürün sunar ve gıdaların kalitesi daha fazla korunur. Sonuçlarımız düşük mikrodalga gücünün, kepek örneklerinde termal ayrıştırmayı geciktirdiğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4.9. Kepek örneklerinin gıda proseslerinde kullanılan bazı sıcaklık değerlerinde, kütle miktarı (%)

| Örnekler | Gıda proseslerinde kullanılan bazı sıcaklık değerleri (°C) | | | | |
|----------|--|-----|-----|-----|-----|
| | 70 | 121 | 180 | 220 | 350 |
| K | 99 | 97 | 95 | 92 | 55 |
| M1 | 100 | 100 | 99 | 96 | 62 |
| M2 | 99 | 98 | 97 | 93 | 55 |
| M3 | 99 | 95 | 93 | 88 | 53 |
| F1 | 99 | 98 | 96 | 92 | 53 |
| F2 | 98 | 95 | 92 | 87 | 47 |
| F3 | 99 | 97 | 94 | 90 | 45 |

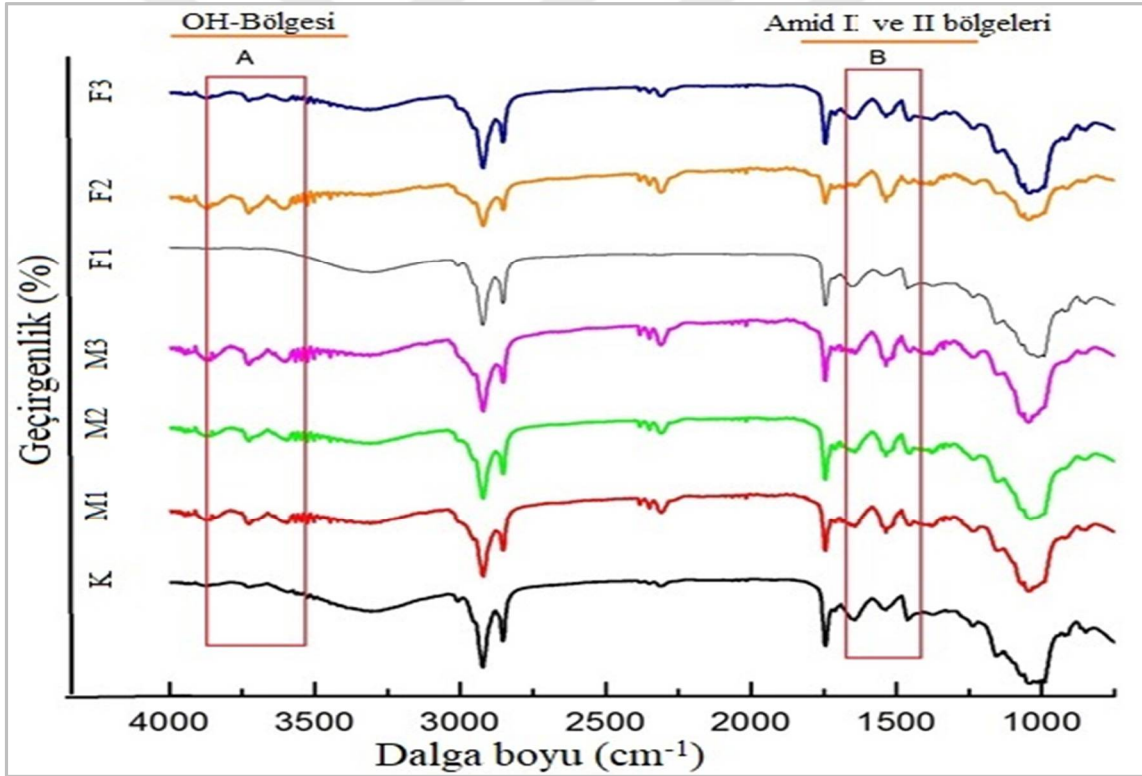
TGA analizinden elde edilen veriler, stabilizasyon sıcaklığının ve mikrodalga gücünün, pirinç kepeğinin termal bozunmasını etkilediğini, kepek örneklerine en az zarar verici stabilizasyon yönteminin, mikrodalga yöntemi olduğunu ortaya koymuştur. Stabilize edilen pirinç kepeği gıda formüllerine dahil edileceği zaman; bu gıdanın

işlenmesi ve üretiminde kullanılan sıcaklık derecelerinde, stabilize pirinç kepeğinin termal davranışı dikkate alınmalıdır.

4.10. FTIR Analiz Sonuçları

FTIR spektroskopisi, örnekteki yapısal değişiklikleri tanımlamak için kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu çalışmada FTIR analizi hem pirinç kepeğinde bulunan fonksiyonel grupları tanımlamak hem de bu fonksiyonel gruplarda stabilizasyon ile meydana gelen değişiklikleri tespit etmek için yapılmıştır.

Ham ve stabilize edilmiş kepek örnekleri spektrumlarının üst üste ve ayrıntılı gösterimi, şekil 4.4’ de verilmiştir. Bu örneklerin üst üste çakıştırılmamış spektrumları ise ek 1’de sunulmuştur.



Şekil 4.4. Pirinç kepeği örneklerinin FTIR spektrumları.

Ham ve stabilize kepek örneklerinde FTIR analizi sonucu elde edilen bantlar ve bu bantların karşılık geldiği fonksiyonel gruplar aşağıda listelenmiştir.

3000-3500 cm^{-1} 'de meydana gelen bandın, serbest ve bağlı OH gruplarından kaynaklandığı düşünülmektedir. OH grupları, suyla ilgili olan simetrik ve asimetrik

gerilme titreşimleriyle ilgili olabileceği gibi, kepek örneklerinde yüksek miktarda bulunan ligninden de kaynaklanabilmektedir (Ceylan ve Topçu, 2014).

3000-2800 cm^{-1} arasındaki bölge, araştırmacılar tarafından yağ asitleri bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada 2921 ve 2852 cm^{-1} 'de tespit edilen iki bant, muhtemelen yağ asitlerinin yan zincirlerinde bulunan metoksi, metil ve metilen gruplarının C-H bağı gerilmesinden kaynaklanmaktadır (Ceylan ve ark., 2018). 2310 cm^{-1} 'de meydana gelen spektrum; CO_2 olarak tanımlanmıştır (Karataş ve ark., 2016).

2200 ile 1400 cm^{-1} 'de arasında meydana gelen bantlar, onların lipit ve protein bileşenleri olarak kabul edilmektedir (Cocchi ve ark., 2004). Karbonil bölgesinde (1750-1700 cm^{-1}), 1743 cm^{-1} 'de karboksilik aside karşılık gelen keskin bir pik tespit edilmiştir.

1800-1500 cm^{-1} arasındaki bölge, protein ve peptidlerin amid I ve amid II bantlarının hakim olduğu bölgedir. Amid I bölgesi; β -kırmalı (1640-1620 cm^{-1}), α -heliks (1652 cm^{-1}), β -kıvrım (1700-1660 cm^{-1}), ve rastgele dönüşler (random coils) (1643 cm^{-1})'den oluşmaktadır (Sing ve Sogi 2018). Bu çalışmada pirinç kepeği örneklerinde; 1641 cm^{-1} ve 1535 cm^{-1} 'de saptanan bantlar, amid I ve amid II bölgelerine bağlı C=O gerilme, NH bükme ve C-N gerilmesine atfedilmiştir. Bu iki bant; amino asitlerin amido gruplarının titreşim modlarıyla ilişkili olan ve proteinin ikincil yapılarında oluşan modifikasyonları yansıtan bantlar olduklarından önemlidir (Cocchi ve ark., 2004). Şekil 4.4 üzerinde görüleceği gibi bu bölgelerde (1641-1535 cm^{-1}), örneklerin pik yoğunluklarında farklılıklar oluşmuştur. Bu durum; stabilizasyon ile proteinlerin ikincil yapılarında modifikasyonlar oluştuğuna işaret etmektedir. Ling ve ark. (2019), radyo frekans ile stabilizasyonun, pirinç kepeği protein izolatlarının üzerine etkisini belirledikleri çalışmalarında; radyo frekans ısıtma ile β -kırmalı, β -kıvrım ve α -heliks oranında azalma, rastgele kıvrımların oranında ise artış olduğunu tespit etmişlerdir.

1155 ve 1014 cm^{-1} 'de oluşan bantlar; C-O gerilme, 991 cm^{-1} ve 943 cm^{-1} 'deki bantlar ise C-H eğilme titreşimleriyle ilişkilendirilmiştir (Karataş ve ark., 2016).

Çıplak gözle bakıldığında spektrumların birbirine çok benzediği görülmektedir. Bununla birlikte, kontrol ve stabilize örnekler karşılaştırıldığında örneklerin pik yoğunluğunda değişme olduğu ve bazı bantlarda hafif kaymalar olduğu belirlenmiştir. FTIR spektrumlarından elde edilen sonuçlar, stabilizasyon işleminin bantların

yoğunluğunu ve yerini değiştirdiğini göstermiştir. Kontrol ve stabilize pirinç kepeği örnekleri arasındaki en büyük farklar, 3000-3500 cm^{-1} ve 1650-1400 cm^{-1} civarı bantlarda belirlenmiştir. 3000-3500 cm^{-1} bantları arasındaki farklar, stabilizasyon işlemi ile pirinç kepeğinden ayrılan sudan kaynaklanmıştır. 1650-1400 cm^{-1} arasında meydana gelen farklılıklar ise proteinlerdeki değişime işaret etmektedir.





5. SONUÇ

Bu çalışmada, mikrodalga ve konveksiyonel fırında pirinç kepeği örneklerine farklı mikrodalga gücü, farklı sıcaklık ve farklı sürelerde stabilizasyon işlemi uygulanmış ve stabilizasyon işlemi ile pirinç kepeği örneklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Mikrodalga uygulaması ile çok kısa sürelerde etkin bir kurutma sağlanmıştır. Ancak en etkili kurutma konveksiyonel fırında 160 °C'de 10 dk stabilize edilen F3 örneğinde tespit edilmiştir.

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. Çalışma bulgularının önceki çalışma bulgularıyla karşılaştırılması sonucu; pirinç kepeği stabilize edilirken, stabilizasyon kadar depolama sıcaklığının da oksidatif stabilitenin korunmasında önem arz ettiği ve bu anlamda -18 °C'de depolamanın avantajlı olacağı ortaya konulmuştur.

Pirinç kepeği örneklerinde lipaz enzim aktivitesine bakılmış ve stabilizasyon ile % 100 enzim inhibisyonu elde edilememiştir. Stabilize pirinç kepeği örneklerinde en düşük enzim aktivitesi 800 W mikrodalga gücü ile stabilize edilen M3 örneği ve konveksiyonel fırında 160 °C'de stabilize edilen F3 örneğinden elde edilmiştir. Bu çalışmada, pirinç kepeği örneklerinin fitik asit içeriğinde uygulanan stabilizasyon işleminin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Uygulanan stabilizasyon yöntemleri ile pirinç kepeği örneklerinin kontrole kıyasla TFM içeriği artmıştır. TFM değerleri büyükten küçüğe M3 > F1> F3> F2> M1> M2> K olarak FRAP değerleri M3 > F1 > F2> F3> M1> M2> K olarak belirlenmiştir. Mikrodalga 800 W enerji gücü ile stabilizasyon (M3) en yüksek TFM ve FRAP değerini vermiştir. TEAK değerleri ise F1> F2> F3> M3> M2> M1> K olarak belirlenmiştir. DPPH yönteminde ise kontrole kıyasla anlamlı bir fark elde edilememiş tüm örneklerde yüksek süpürme değerleri elde edilmiştir. Uygulanan stabilizasyon yöntemleri TFM ve antioksidan aktivite içeriğini artırmıştır. Sonuçlar, stabilizasyon sürecinin pirinç

kepeğinin antioksidan aktivitesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmadaki bulgular stabilize edilmiş pirinç kepeğinin sağlığı destekleyen fenolikler ve antioksidan aktivite için iyi bir diyet kaynağı olduğunu göstermiştir.

Pirinç kepeği örneklerinin fenolik profili incelenmiş ve kepek örneklerinde en fazla bulunan fenolik asitin ferulik asit olduğu tespit edilmiştir. Stabilize edilen örneklerde ise en yüksek ferulik asit F3 örneğinde tespit edilmiştir. Ferulik asitten sonra tüm örneklerde en yüksek bulunan fenolik asit ise *p*-kumarik asit olmuştur.

Bradford yöntemi ile protein fraksiyonları incelenmiş kepek örneklerinde diğer çalışmalarla paralel olarak en yüksek düzeyde bulunan fraksiyon albümin ve globülin olmuştur. Artan mikrodalga gücü kontrole kıyasla albümin globülin içeriğini azaltmış ancak 800 W ile stabilize edilen M3 örneğinde ise tekrar bir artış yaşanmıştır. Bu sonuç; fenolik bileşenlerle proteinlerin interaksiyona girmesine bağlanmıştır. Sonuç olarak, protein fraksiyonlarının miktarı artan sıcaklık ve mikrodalga gücü ile değişmiştir. Beslenme kalitesinin korunması ve/veya artırılması açısından, pirinç kepeği stabilize edilirken uygun bir sabilizasyon yönteminin seçilmesi önem önem arz etmektedir.

Konveksiyonel fırında ve mikrodalgada gerçekleştirilen tüm sabilizasyon yöntemleri ile kontrole kıyasla örneklerin L^* değerlerinde sabilizasyonun etkisiyle azalma gözlemlenmiştir. Bunun aksine a^* ve b^* değerleri artmıştır. Yani sabilizasyonun etkisiyle tüm örneklerin parlaklıklarının azalarak, kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum maillard reaksiyonu ve kahverengi polimer maddelerin oluşması ayrıca kurutmanın etkisiyle düşük kuru madde içeriğinden kaynaklanmaktadır. Mikrodalga uygulamasında konveksiyonel fırına kıyasla daha yüksek kırmızılık değerleri elde edilmiştir. Bu durum mikrodalga ile stabilize edilen örneklerin daha fazla okside olduğunu göstermektedir.

Uygulanan sabilizasyon yöntemlerinin pirinç kepeği örneklerinin termal özelliklerini nasıl etkilediğini anlamak için TGA analizi yapılmıştır. En yüksek kütle kaybı, F2 ve F3 örneğinde saptanmıştır. Bu sonuçlar, sabilizasyon sıcaklığının ve mikrodalga gücünün, pirinç kepeğinin termal bozulmasını etkilediğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, sabilizasyon sıcaklığındaki ve mikrodalga gücündeki artış, stabilize edilmiş pirinç kepeğinin termal ayrışmasını artırmıştır. TGA sonuçlarına göre kepek örneklerine en az zarar verici sabilizasyon yönteminin mikrodalga yöntemi olduğu ortaya konmuştur.

Pirinç kepeği örneklerine FTIR analizi yapılmış ve stabilizasyon işlemi ile kepek örneklerinin moleküler yapısında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Artan stabilizasyon sıcaklıkları pik yoğunluğunun değilmesine neden olmuştur. Ancak bazı gruplar değişmiş olsa da, gruplarda belirgin bir kayma meydana gelmemiştir. Uygulanan stabilizasyon işlemi pirinç kepeği örneklerinin kontrole kıyasla yapısını değiştirmemiştir. Kontrol ve stabilize pirinç kepeği örnekleri arasındaki en büyük farklar $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ ve $1650-1400\text{ cm}^{-1}$ civarı bantlarda belirlenmiştir. $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ bantları arasındaki farklar, stabilizasyon işlemi ile pirinç kepeğinden ayrılan sudan kaynaklanmıştır. $1650-1400\text{ cm}^{-1}$ bantlarındaki farklılıklar ise proteinlerdeki değişime işaret etmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları; stabilizasyon işleminin pirinç kepeğinin oksidatif stabilitesini, fonksiyonel, moleküler ve termal özelliklerini değiştirdiğini ortaya koymuştur. Mikrodalga ve konveksiyonel fırında stabilizasyon işleminin birbirine göre artı ve eksi yönlerinin olduğu belirlenmiş ancak lipaz aktivitesini düşürme, antioksidan aktiviteyi geliştirme ve termal ayrışmayı geciktirme anlamında mikrodalga fırında stabilizasyon yönteminin konveksiyonel fırında stabilizasyona göre daha üstün olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga ile stabilizasyonun; daha kısa işlem süresi, daha düşük maliyet ve daha etkin bir stabilizasyon sağlaması nedeniyle pirinç kepeğini stabilize etmek için başarıyla kullanılabilereği çalışma sonunda ortaya konmuştur.



KAYNAKLAR

- Amagliani, L., O'regan, J., Kelly, A.L., O'Mahony, J.A., 2017. The composition, extraction , functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **64**: 1-12.
- Anderson, J.W., Deakins, D.A., Floore, T.L., Smith, B.M., Whitis, S.E., 1990. Dietary Fiber and Coronary Heart Disease. *Critical Reviews Food Science and Nutrition*, **29** (2): 95-147.
- Anonim, 1989. Official Methods ve Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Fourth Edition, Methods: Ca 5a-40, Cd8-53, Ch 5-91.
- Anonim, 2009. TS Çeltik Standardı. 10 Aralık 2013, http://www.egelihracatcilar.com/images/menu11page/celtik_00001031.pdf. 07.01.2019.
- Arab, F., Alemzadeh, I., Maghsoudi, V., 2011. Determination of antioxidant component and activity of rice bran extract. *Scientia Iranica*, **18**: 1402-1406.
- Arslan, D., Özcan, M.M., 2010. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT - Food Science and Technology*, **43**: 1121-1127.
- Aydın, H., 2011. *Bazı Baharatların Farklı Ekstraktlarının Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Aysel, M.T., Selli, S., 2018. Türk kahvesinin kimyasal bileşimi ve duyuusal özellikleri üzerine iki farklı kavurma işleminin etkisi. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **35**(6): 23-32.
- 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.
- Bayram, M., Anlı, E., 2008. Pirinç kepeğinin fonksiyonel etkileri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Ballard, S., Mallikarjunan, P., Zhou, K.Q., O'Keefe, S., 2010. Microwave-assisted extraction of phenolic antioxidant compounds from peanut skins. *Food Chemistry*, **120**: 1185-1192.
- Belefant-Miller, H., Grace, S.C., 2010. Variations in bran carotenoid levels within and between rice subgroups. *Plant Food Human Nutrition*, **65**: 358-363.
- Benzie, I.F., Strain, J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, **239**(1): 70- 76.
- Bergonio, K.B., Lucatin, L.G.G., Corpuz, G.A., Ramos, N.C., Duldulao, J.B.A., 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.

- Brunschwiler, C., Heine, D., Kappeler, S., Conde-Petit, B., Nystrom, L., 2013. Direct measurement of rice bran lipase activity for inactivation kinetics and storage stability prediction. *Journal of Cereal Science*, **58**: 272-277.
- Ceylan, S., Topcu, Y., 2014. Pyrolysis kinetics of hazelnut husk using thermogravimetric analysis. *Bioresource Technology*, **156**: 182-188.
- Ceylan, Z., Sengor, G.F.U., Yilmaz, M.T., 2018. Nanoencapsulation of liquid smoke/thymol combination in chitosan nanofibers to delay microbiological spoilage of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Journal of Food Engineering*, **229**: 43-49.
- Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B., Lee, J., 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry*, **99**: 381-387.
- Chuah, A.M., Lee, Y.C., Yamagaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J., Matoba, T., 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry*, **111**: 20-28.
- Cocchi, M., Foca, G., Lucisano, M., Marchetti, A., Paeon, M.A., Tassi, L., Ulrici, A., 2004. Classification of cereal flours by chemometric analysis of MIR spectra. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **52**: 1062-1067.
- Coloric, M., Veberic, R., Solar, A., Hudina, M., Stampar, F., 2005. Phenolic acids, syring aldehyde ve juglone in fruits of different cultivars of *Juglans regia* L. *Journal of Agricultural ve Food Chemistry*, **53**: 6390-6396.
- Cuendet, M., Hostettmann, K., Potterat, O., 1997. Iridoid glucosides with free radical scavenging properties from *Fragaria bluemi*. *Helvetica Chimica Acta*, **80**: 1144-1152.
- Demir, M.K., 2010. *Bazı Fiziksel Uygulamaların Tam Buğday Ununun Depolama Stabilitesi, Ekmekçilik Kalitesi ve Besinsel Özelliklerine Etkisi Üzerine Araştırmalar* (doktora tezi, basılmamış). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Demirci, T., Aktaş, K., Sözeri, D., Öztürk, H.İ., Akın, N., 2017. Rice bran improve probiotic viability in yoghurt and provide added antioxidative benefits. *Journal of Functional Foods*, **36**: 396-403.
- Erim Köse, Y., 2018. *Stabilizasyon Yöntemlerinin Ruşeym ve Ruşeym Yağının Özellikleri Üzerine Etkisi* (doktora tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Ertürk, B., Meral, R., 2018. Methods for the Determination of Antioxidant Activity. *International Agricultural Science Congress*, 9-12 Mayıs 2018, Van.
- Fabian, C., Ju, Y.H., 2011. A review on rice bran protein: its properties and extraction methods. *Critical Review Food Science and Nutrition*, **51**: 816-827.
- Farag, R.S., Hewedi, F.M., Abu-Raiia, S.H., Elbaroty, G.S., 1992. Comparative study on the deterioration of oils by microwave and conventional heating. *Journal of Food Protection*, **55**: 722-727.
- Fernandez, A., Saffe, A., Pereyra, R., Mazza, G., Rodriguez, R., 2016. Kinetic study of regional agro-industrial wastes pyrolysis using non-isothermal TGA analysis. *Applied Thermal Engineering*, **106**: 1157-1164.
- Fuh, W.S., Chiang, B.H. 2001. Dephytinisation of rice bran and manufacturing a new food ingredient. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **81**: 1419-1425.

- Gaytancıoğlu O., 1997. *Türkiye’de Çeltikte Uygulanan Üretim, Fiyat ve Pazar Politikalarının Değerlendirilmesi* (doktora tezi, basılmamış). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Edirne.
- Garcia-Estepa, R.M., 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, K.G., Apaydın, D., Dülger, G.Ç., 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.
- Ghasemzadeh, A., Karbalaii, M.T., Jaafar, H.Z.E., Rahmat, A., 2018. Phytochemical constituents, antioxidant activity, and antiproliferative properties of black, red, and brown rice bran. *Chemistry Central Journal*, **12**:17.
- Gul, K., Yousuf, B., Singh, A.K., Singh, P., Wani, A.A., 2015. Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food—A review. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, **6**: 24–30.
- Haugh, W., Lantzsch, H.J., 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.
- Hayat, K., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, S., Xia, S., Jia, C., Zhong, F., Zhang, J., 2010. Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. *Food Chemistry*, **123**: 423–429.
- Huang, D., Ou, B., Prior, R.L., 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural ve Food Chemistry*, **53**: 1841-1856.
- Irakli, M.; Kleisiaris, F.; Mygdalia, A.; Katsantonis, D. 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., Erinç, 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.
- Jiang Y, Wang T (2005) Phytosterols in cereal by-products. *JAOCS* **82**: 439- 444.
- Kaya, S., Bakkalbaşı, E., Cavidoğlu, İ. 2017. Fındık, zeytin ve pamuk yağlarında peroksit oluşum kinetiği. *Akademik Gıda*, **15**(1): 36-42.
- Kahlon, T. S., Chow, F. I., Sayre, R. N., 1999. Cholesterol-lowering properties of rice bran, *Cereal Foods World*, **39** (2): 99-103.
- Kahlon, T.S., 2009. *Rice bran: Production, Composition, Functionality and Food Applications, Physiological Benefits*. Boca Raton, Florida. 305-318.
- Karatas, Y., Bulut, Y., Yurderi, M., Ertas, I.E., Alal, O., Gulcan, M., Celebi, M., Kivrak, H., Kaya, M., Zahmakiran, M., 2016. PdAu-MnOx nanoparticles supported on amine-functionalized SiO2 for the room temperature dehydrogenation of formic acid in the absence of additives. *Applied Catalysis B: Environmental*, **180**: 586-595.
- Kim, C.J., Byun, S.M., Cheigh, H.S., Kwon T.W., 1987. Optimization of extrusion rice bran stabilization process. *Journal of Food Science*, **52**: 1355-1357.

- Kim, S.M., Chung, H.J., Lim, S.T., 2014. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. *Journal of Cereal Science*, **60**: 243-248.
- Kusumawaty, I., Fardiaz, D., Andarwulan, N., Widowati, S., Budijanto, S., 2016. The effect of rice bran stabilization on solubility and molecular weight distribution of protein fraction. *International Food Research Journal*, **23**(6): 2487-2492.
- Lai, C.C., Zullaikah, S., Vali, S.R., Ju, Y.H., 2005. Lipase-catalyzed production of biodiesel from rice bran oil. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, **80**: 331-337.
- Lai, P., Li, K.Y., Lu, S., Chen H.H., 2009. Phytochemicals and Antioxidant Properties of Solvent Extracts From Japonica Rice Bran. *Food Chemistry*, **117**: 538-544.
- Lacerda, D.B.C.L., Soares, M.S. Jr., Bassinello, P.Z., Caliar, M., Castro, M.V.L. 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.
- Lakkakuka, N.R., Lima, M., Walker, T., 2004. Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. *Bioresource Technology*, **92**: 157-161.
- Levent, H., Cavuldak, Ö., A. 2017. Geleneksel fermente bir içecek: boza. *Akademik Gıda*, **15** (3): 300-307.
- Ling, B.; Lyng, J. G.; Wang, S. Effects of Hot Air-Assisted Radio Frequency Heating on Enzyme Inactivation, Lipid Stability and Product Quality of Rice Bran. 2018. *LWT-Food Science and Technology*, **91**: 453-459.
- Ling, B., Ouyang, S., Wang, S., 2019. Effect of radio frequency treatment on functional, structural and thermal behaviors of protein isolates in rice bran. *Food Chemistry*, **289**:537-544.
- Malekian, F., Rao, R.M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W.E., Windhauser M.,Ahmedna M., 2000. Lipase and lipooxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. *Bulletin number 870*, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA 70803.
- Mariod, A.A., Adamu, H.A., Ismail, M., Ismail, N., 2010. Antioxidative effects of stabilized and unstabilized defatted rice bran methanolic extracts on the stability of rice bran oil under accelerated conditions. *Grasas Y Aceites*, **61**: 409-415.
- Martysiak –Zurowska, D., Puta, M., Kielbratowska, B., 2019. The effect of convective heating and microwave heating on antioxidant enzymes in pooled mature human milk. *International Dairy Journal* **91**: 41-47.
- Meral, R., 2011. *Fonksiyonel Öneme Sahip Doğal Bileşenlerin Hamur ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi* (doktora tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Meral, R., Doğan, İ.S., 2013. Grape seed as a functional food ingredient in bread-making. *International Journal of Food Science ve Nutrition*, **64**(3): 372-379.
- Meral, R., 2016. Farklı ısı işlem uygulamalarının fenolik bileşenler üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **21**(1): 55-67.
- Meral, R., 2017. Farklı sıcaklık derecelerinin uşkun bitkisinin antioksidan aktivitesi ve fenolik profili üzerine etkisi. *YYUTarım Bilimleri Dergisi*, **27**(1): 88-94.
- Meral, R., Erim Köse, Y., 2019. The effect of bread-making process on the antioxidant activity and phenolic profile of enriched breads. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, **11** (2): 171-181.
- Michalska, A., Amigo-Benavent, M., Zielinski, H., Doloresdel Castillo, M., 2008. Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to

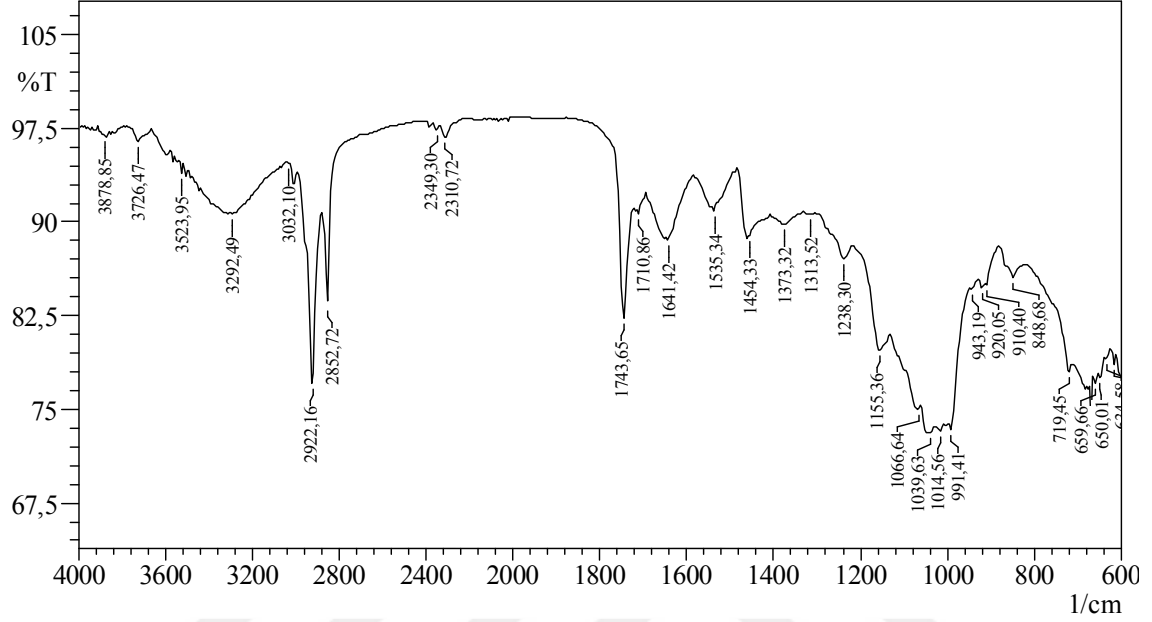
- the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of Cereal Science*, **48**: 123-132.
- Mujahid, A., Ikram U.H., Musaddiq, A., Abrar, H.G., 2005. Effect of various processing techniques and different levels of antioxidant on stability of rice bran during storage. *Journal of the Science Food and Agriculture*, **85**: 847–852.
- Norhaizan, M.E., Ng, S.K., Norashareena, M.S., Abdah, M.A., 2011. Antioxidant and cytotoxicity effect of rice bran phytic acid as an anticancer agent on ovarian, breast and liver cancer cell lines. *Malays J Nutr* **17** (3): 367-375.
- Ozgul-Yucel, S., A. Proctor, 2004. Rice Bran Free Fatty Acid Determination by Diffuse Reflectance Infrared Spectroscopy. *Journal of American Oil Chemistry Society*, **81**: 221-224.
- Özsin, G., Pütün, A.E., 2017. Kinetics and evolved gas analysis for pyrolysis of food processing wastes using TGA/MS/FT-IR. *Waste Management*, **64**: 315-326.
- Pang, Y., Ahmed, S., Xu, Y., Beta, T., Zhu, Z., Shao, Y., Bao, J., 2018. Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. *Food Chemistry*, **240**: 212–221.
- Patil, S.S., Kar, A., Mohapatra, D., 2016. Stabilization of rice bran using microwave: Process optimization and storage studies. *Food and Bioproducts Processing*, **99**: 204-211.
- Peng, S., Li, Z., Zou, L., Liu, W., Liu, C., McClements, D.J., 2018. Enhancement of curcumin bioavailability by encapsulation in sophorolipid-coated nanoparticles: an in vitro and in vivo Study. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **66**: 1488-1497.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Sinerio, J., Nunez, M.J., 2005. A thermal treatment to increase the antioxidant capacity of natural phenols: catechin, resveratrol and grape extract cases. *European Food Research and Technology*, **221**: 284-290.
- Pradeep, P.M., Jayadeep, A., Guha, M., Singh, V., 2014. Hydrothermal and biotechnological treatments on nutraceutical content and antioxidant activity of rice bran. *Journal of Cereal Science*, **60**: 187–192.
- Phongthai, S., Homthawornchoo, W., Rawdkuen, S., 2017. Preparation, properties and application of rice bran protein: A review. *International Food Research Journal*, **24**(1): 25-34.
- Puminn, O., 2003. *Broiler Performance and Mineral Utilization of Enzyme Supplemented Defatted Rice Bran Diet During Heat Stress* (PhD Thesis) The University of Tennessee, Knoxville.
- Rafe, A., Sadeghian, A. 2017. Stabilization of Tarom and Domesiah cultivars rice bran: Physicochemical, functional and nutritional properties. *Journal of Cereal Science*, **74**: 64–71.
- Ramezanzadeh, F.M., Rao, R.M., Windhauser, M., Prinyawiwatkul, W., Tulley, R., Marshall, W.E. 1999. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47** (8): 3050-3052.
- Ramezanzadeh, F. M., Rao, R. M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W. E., Windhauser, M., 2000. Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**: 464-467.
- 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., Pannala, 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.
- Rose, D.J., Pike, O.A., 2006. A simple method to measure lipase activity in wheat ve wheat bran as an estimation of storage quality. *Journal of the American Oil Chemist Society*, **83**(5): 415-419.
- Saldamlı, İ., 2007. *Gıda Kimyası* (3. Baskı). Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Saunders, R. M., 1990. The properties of rice bran as a food stuff. *Cereal Foods World*, **35**(7): 632–636.
- Schlemmer, U., Frolish, W., Prieto, R.M., 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.
- Sharma, H.R., Chauhan, G.S., Agrawal, K., 2004. Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating ve extrusion cooking. *International Journal of Food Properties*, **7**: 603–614.
- Shin, T.S., Godber, J.S., Martin, D.E., Wells, J.H., 1997. Hydrolytic stability ve changes in E vitamers ve oryzanol of extruded rice bran during storage. *Journal of Food Science*, **62**: 704-728.
- Singh, T.P., Sogi, D.S. 2016. Inhibition of lipase activity in commercial rice bran of coarse fine and superfine cultivars. *Cogent Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1146055>. 15.03.2019.
- Singh, T.P., Sogi, D.S., 2018. Comparative study of structural and functional characterization of bran protein concentrates from superfine, fine and coarse rice cultivars. *International Journal of Biological Macromolecules*, **111**: 281–288.
- 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.
- Tan, J., Baisakh, N., Oliva, N., Parkhi, V., Rai, M., Torrizo, L., Datta, K., Datta, S.K., 2005. The Screening of Rice Germplasm Including Those Transgenic Lines with Accumulate β -carotene in Their Polished Seeds for Their Carotenoid Profile. *Int. Journal of Food Science and Technology*, **40**: 563-569.
- Thanonkaew, A., Wongyai, S., McClements, D.J., Decker, E.A., 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.
- Ti, H., Li, Q., Zhang, R., Zhang, M., Deng, Y., Wei, Z., Chi, J., Zhang, Y., 2014. Free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of milled fractions of different indica rice varieties cultivated in southern China. *Food Chemistry*, **159**: 166–174.
- Wang, M., Hettiarachchy, N.S., Qi, M., Burks, W., Siebenmorgen, T., 1999. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **47**: 411–416.
- 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.

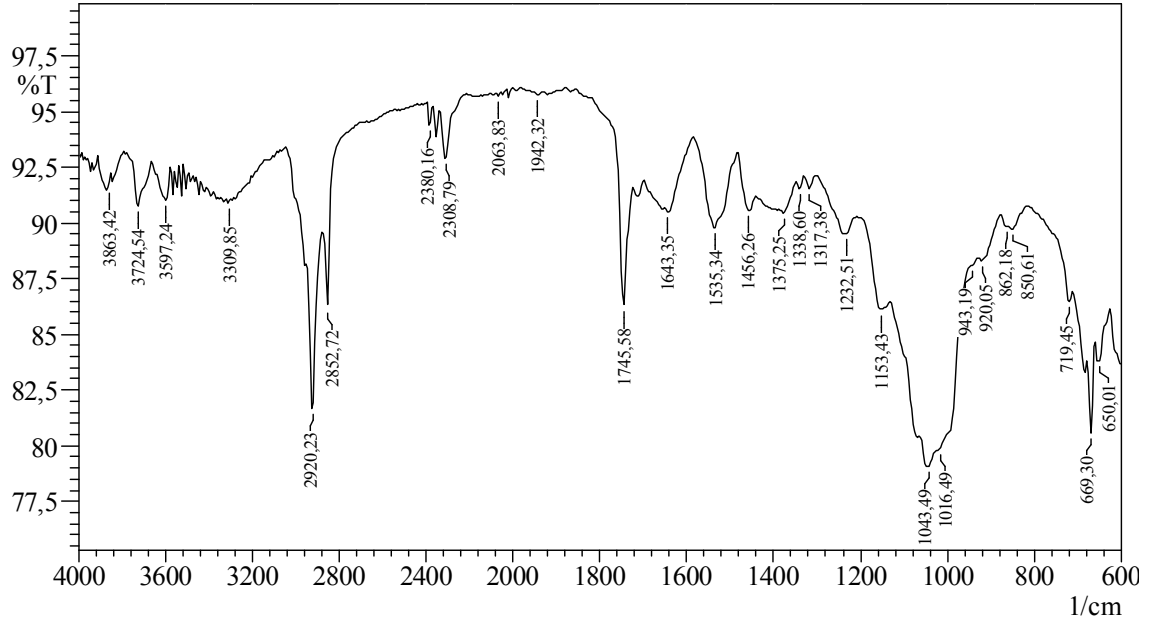
- Yavuz, M., Özçelik, B., 2016. Bitkisel protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri. *Akademik Gıda*, **14**(4): 424-430.
- Yau, J.C., Bockholt, A.J., Smith, J.D., Rooney, L.W., Waniska, R.D., 1999. Maize endosperm proteins that contribute to endosperm lysine content. *Cereal Chemistry*, **76**: 668-672.
- Yerlikaya, O., Kınık, Ö., Akbulut, N., 2010. Peyniraltı suyunun fonksiyonel özellikleri ve peyniraltı suyu kullanılarak üretilen yeni nesil süt ürünleri. *Gıda*, **35**(4): 289-296.
- Yılmaz, N., Tuncel, N.B., 2011. Pirinç kepeği: kompozisyonu, acılaşma sorunu, gıdalarda kullanımı ve fizyolojik etkileri. *Akademik Gıda*, **9**: 46-52.
- Yılmaz, N., Tuncel, B.N., 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.
- Zang, X., Yue, C., Wang, Y., Shao, M., Yu, Y., 2019. Effect of limited enzymatic hydrolysis on the structure and emulsifying properties of rice bran protein. *Journal of Cereal Science* **85**: 168–174.
- Zhang, M., Zhang, R.F., Zhang, F.X., Liu, R.H., 2010. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *J. Agric. Food Chem.* **58**:7580–7587.
- Zhang, R., Khan, S.A., Chi, J., Wei, Z., Zhang, Y., Deng, Y., Liu, L., Zhang, M., 2018. Different effects of extrusion on the phenolic profiles and antioxidant activity in milled fractions of brown rice. *LWT- Food Science and Technology*, **88**: 64-70.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard C., 2004. The Distribution of Phenolics Acids in Rice. *Food Chemistry*, **87**: 401-406.
- Zhou, Z.K., Xu, J.J., Liu, Y.Q., Meng, D.M., Sun, X.L., Yi, H., Gao, Y.J., Sun, G.Y., Strappe, P., Blanchard, C., Yang, R., 2017. Thermal stability improvement of rice bran albumin protein incorporated with epigallocatechin gallate. *Journal of Food Science*, **82**: 350–357.

EKLER

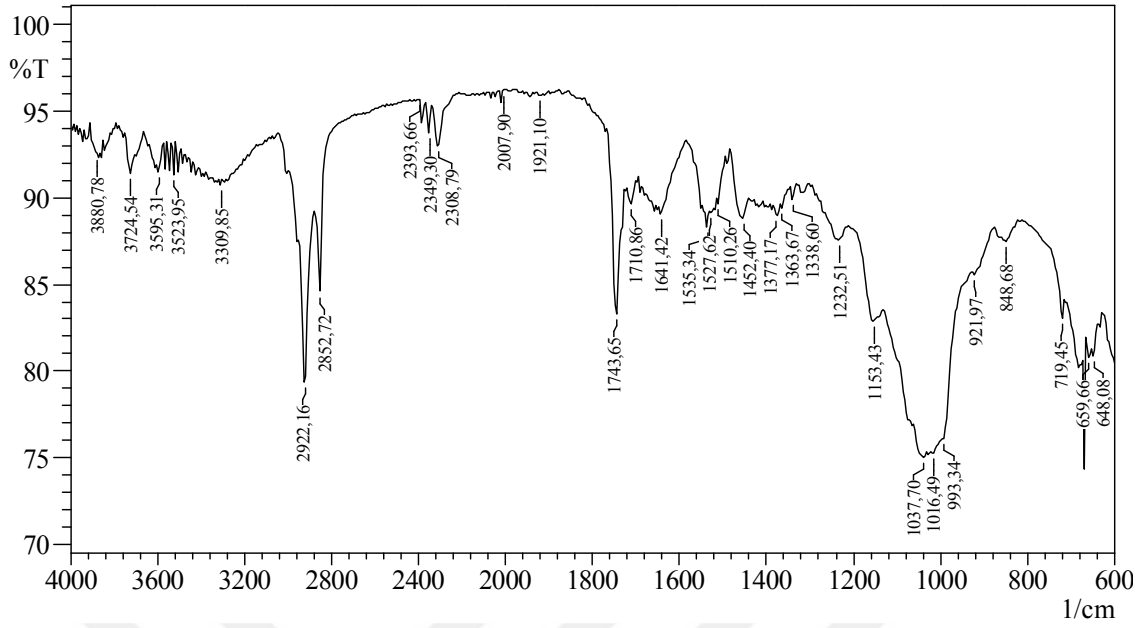
Ek 1. Pirinç kepeği örneklerinin FTIR spektrumları



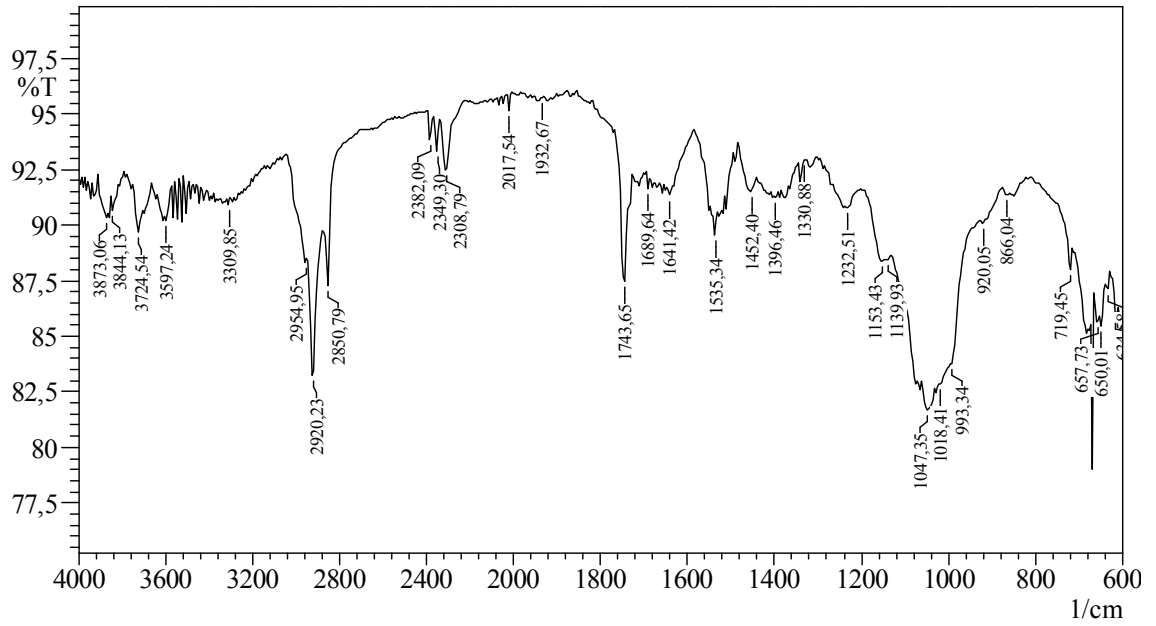
Şekil 1. Kontrol örneğinin FTIR spektrumu



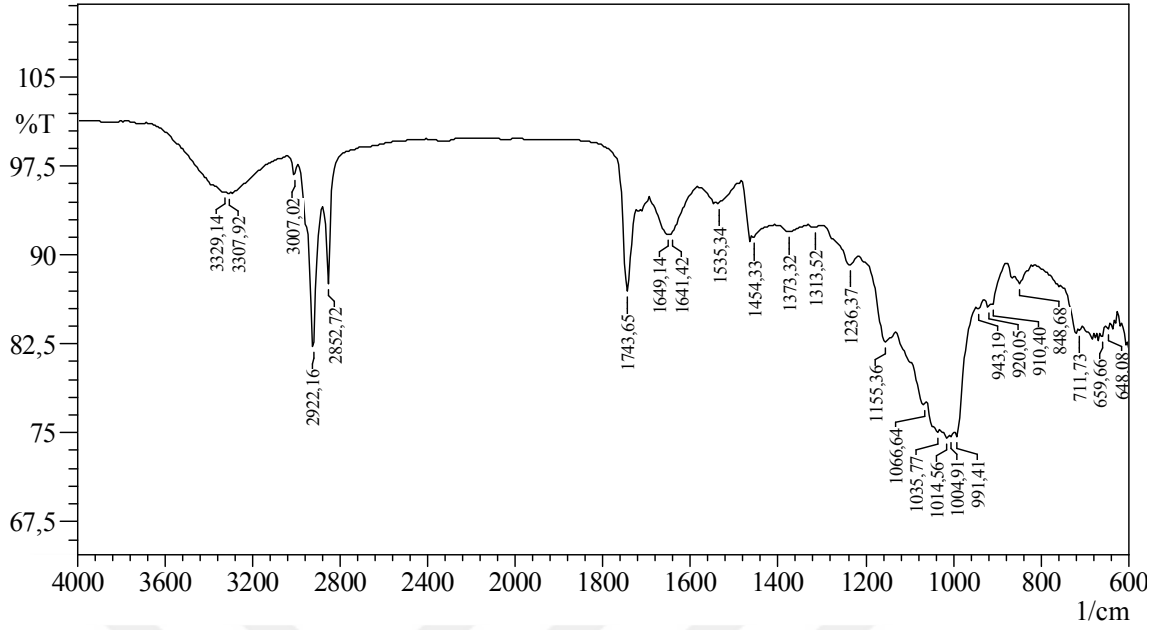
Şekil 2. M1 örneğinin FTIR spektrumu



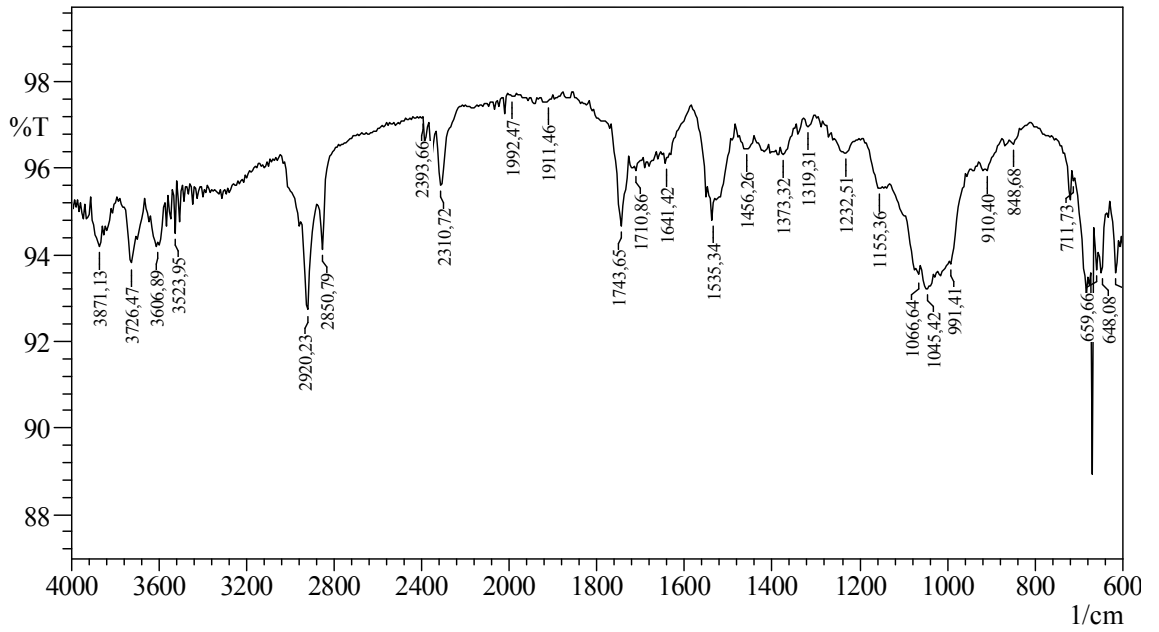
Şekil 3. M2 örneğinin FTIR spektrumu



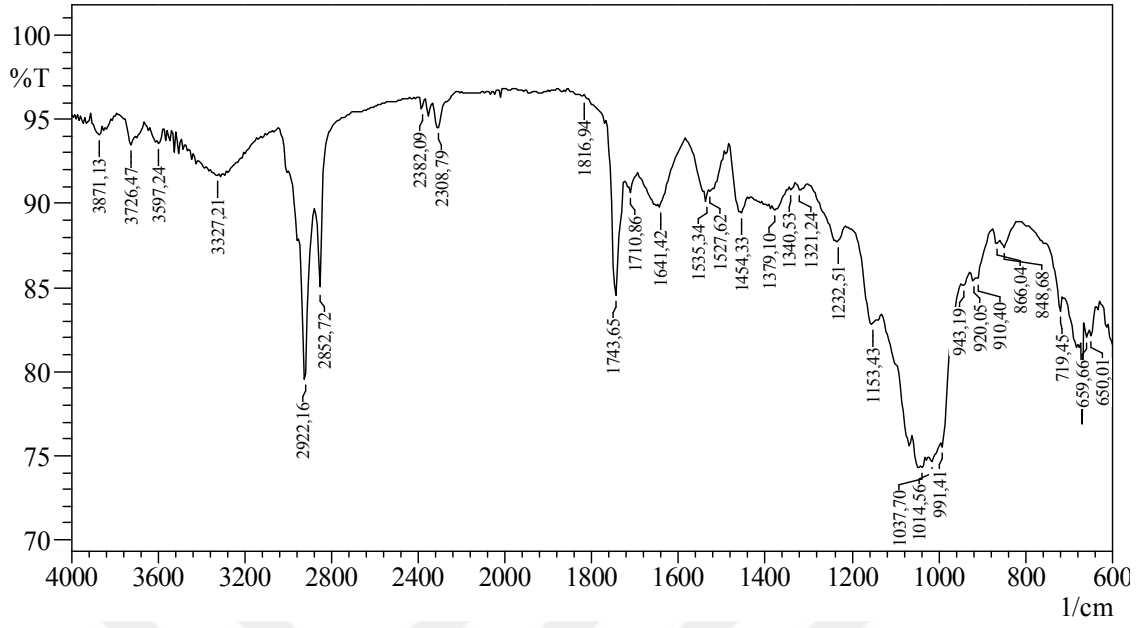
Şekil 4. M3 örneğinin FTIR spektrumu



Şekil 4. F1 örneğinin FTIR spektrumu



Şekil 5. F2 örneğinin FTIR spektrumu



Şekil 6. F3 örneğinin FTIR spektrumu

ÖZ GEÇMİŞ

Burcu ERTÜRK, 1993 yılında Mersin’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mersin’de tamamladı. 2012 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nü kazandı ve 2016 yılında fakülte ikincisi olarak 84.09 ortalama ile mezun oldu. Aynı yıl Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 19/06/2019

Tez Başlığı / Konusu:

**FARKLI STABİLİZASYON KOŞULLARININ PİRİNÇ KEPEĞİNİN
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

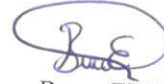
Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 71 sayfalık kısmına ilişkin 19/06/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinalite raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7 (Yedi) dir..

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinalite Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.



Burcu ERTÜRK

19.06.2019

Adı Soyadı: Burcu ERTÜRK

Öğrenci No: 169101096

Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği

Programı: Gıda Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Dr. Öğr. Üyesi Raciye MERAL


(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR


Doç. Dr. Serhat KARACA
Enstitü Müdür Yrd.

(Unvan, Ad Soyad, İmza)