

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

**PİRİNÇ KEPEĞİNİN KISA DALGA INFRARED
(KIZILÖTESİ) ENERJİ İLE STABİLİZASYONU VE
STABİLİZE KEPEĞİN GIDA ÜRÜNLERİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Neşe YILMAZ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 13/01/2014

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Neşe YILMAZ tarafından DOÇ. DR. N. BARIŞ TUNCEL yönetiminde hazırlanan “PİRİNÇ KEPEĞİNİN KISA DALGA INFRARED (KIZILÖTESİ) ENERJİ İLE STABİLİZASYONU VE STABİLİZE KEPEĞİN GIDA ÜRÜNLERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. N. Barış TUNCEL

Danışman

Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Gülgün YILDIZ TIRYAKI

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Habib KOCABIYIK

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Emin YILMAZ

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 13/01/2014

Doç. Dr. Zeki KARACA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Doktora tezi TÜBİTAK (Proje No: 111O204) ve ÇOMU BAP (Proje No: 2011/077) tarafından desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Neşe YILMAZ

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde ve akademisyen olarak yetişmemde büyük emeği ve katkısı olan ve desteğini her zaman arkamda hissettiğim saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. N. Barış TUNCEL'e; tezimi değerlendiren, katkı ve yapıcı eleştirileriyle gelişmesini sağlayan saygıdeğer tez komitesi ve jüri yeleri Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ, Doç. Dr. Habib KOCABIYIK, Doç. Dr. Emin YILMAZ ve Doç. Dr. Gülgün YILDIZ TİRYAKİ'ye; her koşulda ve saatte, analizlerimde büyük bir özveri ile bana yardım eden sevgili arkadaşım Ayşen UYGUR'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Hem yurt içi doktora bursiyeri olduğum hem de doktora tezimin bu kapsamda gerçekleşmesine olanak veren proje (111O204) desteği için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK)'a ve lisansüstü proje (2011/077) desteği için Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) komisyonuna teşekkür ederim.

Son olarak, okumamı çok isteyen ve bu uğurda benden hiçbir Őeyi esirgemeyen sevgili aileme, sabırları ve emekleri için sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Neşe YILMAZ

*Bu eserimi, bana sonsuz ve koşulsuz sevgisini veren değerli annem
Fatma YILMAZ'a ithaf ederim.*

SİMGELER VE KISALTMALAR

SYA	Serbest Yağ Asitliği
IR	İnfrared (Kızılötesi)
MW	Mikrodalga
HPLC	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
GC	Gaz kromatografisi
MS	Kütle spektrometresi
NMR	Nükleer manyetik rezonans
TEAC	Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite
ABTS	2,2'-azino-bis (3-etilbenzothiazoline-6-sulfonik asit)
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
UV-VIS	Ultraviyole (morötesi) - görünür bölge
ABS	Absorbans
FAE	Ferulik Asit Eşdeğeri
LOD	Tayin alt sınırı
LOQ	Tespit alt sınırı
M	Molarite
SPE	Katı faz ekstraksiyonu
FLD	Floresans Dedektör
ICP	İndüktif Eşleşmiş Plazma
OES	Optik Emisyon Spektrometresi
n	Gözlem sayısı
KM	Kuru Madde
aw	Su aktivitesi
ΔE	Toplam renk değişimi
SPK	Stabilize Pirinç Kepeği
BHT	Bütillenmiş Hidroksitoluen
rpm	Dakikadaki devir sayısı

FID	Alev iyonizasyon dedektörü
v/v	Hacim/hacim
NAD	Nikotinamid Adenin Dinükleotid
NADP	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat
FAD	Flavin Adenin Dinükleotid
FMN	Flavin Mono Nükleotid
SPE	Katı faz ekstraksiyonu
B	Beyaz ekmek
K	Kepekli ekmek
T	Tam buğday unlu ekmek
GA	Gallik Asit
protoCA	Protokateşik Asit
<i>p</i> -hydBA	<i>p</i> -Hidroksibenzoik Asit
VA	Vanilik Asit
CA	Kafeik Asit
ChA	Klorojenik Asit
SRA	Sirinjik Asit
<i>p</i> -COU	<i>p</i> -Kumarik Asit
FA	Ferulik Asit
SNA	Sinapik Asit
<i>o</i> -COU	<i>o</i> -Kumarik Asit
RA	Rozmarinik Asit
<i>tr</i> -CIN	<i>Trans</i> -Sinamik Asit
DNA	Deoksiribonükleik Asit
RNA	Ribonükleik Asit

ÖZET

PİRİNÇ KEPEĞİNİN KISA DALGA INFRARED (KIZILÖTESİ) ENERJİ İLE STABİLİZASYONU VE STABİLİZE KEPEĞİN GIDA ÜRÜNLERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Neşe YILMAZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. N. Barış TUNCEL

13/01/2014, 142

Bu tez çalışmasında pirinç kepeğinin kısa dalga infrared (kızılötesi) ışınları ile stabilizasyonu, bu işlemin kepeğin besin değeri üzerine etkisi ve stabilize kepeğin bazı fırın ürünlerinde değerlendirilme potansiyeli araştırılmıştır. Sonuç olarak, belli yoğunluktaki infrared enerjinin, pirinç kepeğinin acılaşmasına neden olan enzimatik unsurları etkin bir şekilde inaktive edebildiği ve kepeğe yaklaşık 6 ay raf ömrü kazandırabildiği belirlenmiştir. 600 W 5.2 dakika ve 700 W 3.0 dakika şartlarında stabilize edilen pirinç kepeklerinin serbest yağ asitliği değerlerinde 6 ay boyunca istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte söz konusu şartlarda uygulanan infrared stabilizasyonun enerji sarfiyatı bakımından endüstriyel düzeyde uygulanan stabilizasyon metotları ile rekabet edebilir olduğu tespit edilmiştir.

Infrared stabilizasyonun pirinç kepeğinin tiamin (B_1), E vitamini ve fitik asit miktarlarında istatistiksel olarak önemli kayıplara neden olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Diğer yandan, incelenen stabilizasyon koşullarının pirinç kepeğinin riboflavin (B_2), niasin (B_3), toplam B_6 vitamini, gama-orizanol, diyet lif ve toplam fenol miktarı ile yağ asidi kompozisyonunu istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemediği tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Sonuç olarak, enzim inaktivasyon etkinliği, enerji sarfiyatı ve besin öğelerinin korunması açısından en uygun stabilizasyon koşulunun 700 W infrared gücü ve 3.0 dakika işlem süresi olduğu belirlenmiştir. Bu koşulda stabilize edilen pirinç kepeği, beyaz, kepekli ve tam buğday unlu ekmek ile kraker ürünlerine %2.5, 5.0 ve 10.0 oranında katılarak, söz konusu ürünlerin fiziksel, duyuusal ve besin öğeleri özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Stabilize piriç kepeği katkılı fırın ürünlerinin B vitamini, toplam diyet lif, mineral ve fitik asit miktarlarında önemli düzeyde artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte, beyaz ekmeğ, kepekli ekmeğ ve kraker ürünleri için %10.0 düzeyine kadar stabilize piriç kepeği katkısı toplam tüketici tercihi açısından kabul edilebilir bulunurken, tam buğday ekmeği için %2.5'un üzerindeki katkı dozları tüketici puanlarını önemli derecede düşürmüştür ($p<0.05$).

Anahtar sözcükler: Piriç kepeği, İnfrared (Kızılötesi), Stabilizasyon, Ekmeğ.

ABSTRACT

STABILIZATION OF RICE BRAN WITH SHORT WAVE INFRARED ENERGY AND UTILIZATION OF STABILIZED RICE BRAN IN FOOD PRODUCTS

Neşe YILMAZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Dissertation in Food Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. N. Barış TUNCEL

13/01/2014, 142

Stabilization of rice bran with short wave infrared radiation, the effects of stabilization process on the nutritional properties of rice bran and the potential of utilization of the stabilized rice bran in some bakery products were investigated in the present dissertation. As a result, it was determined that infrared energy at a particular intensity is influentially capable of inactivating the enzymes responsible from the rancidity in rice bran and the shelf life of rice bran can be extended up to 6 months with infrared stabilization. No statistically significant change was observed in the free fatty acid value of rice brans that were stabilized at 600 W for 5.2 min and 700 W for 3.0 min through 6 months ($p>0.05$). In addition, infrared stabilization at the noted conditions was found to be comparable to the industrially employed stabilization methods in terms of energy consumption.

It was observed that infrared stabilization caused statistically significant losses in thiamine (B_1), vitamin E and phytic acid in rice bran ($p<0.05$). On the other hand, it was determined that the employed stabilization conditions have no significant effect on the content of riboflavin (B_2), niacin (B_3), total vitamin B_6 , gamma-oryzanol, dietary fiber, total phenols and fatty acid composition of rice bran ($p>0.05$).

As a result, it was determined that the optimum stabilization condition was 700 W infrared power and 3.0 min process time in terms of enzyme inactivation efficiency, energy consumption and retention of the nutrients. Rice bran stabilized at the noted optimum condition was substituted to white wheat, wheat bran and whole grain wheat breads and cracker at the rate of 2.5, 5.0 and 10.0% and the effects of the substitution on the physical, sensory and nutritional properties of the noted bakery products were investigated. It was

observed that the content of B vitamins, total dietary fiber, minerals and phytic acid of stabilized rice bran substituted bakery products increased significantly ($p<0.05$). Furthermore, white wheat and wheat bran breads and crackers which were substituted with stabilized rice bran up to 10.0% were found acceptable in terms of the overall consumer preference, while substitution levels higher than 2.5% substantially reduced the consumers' scores for whole grain wheat bread ($p<0.05$).

Keywords: rice bran, infrared, stabilization, bread.

İÇERİK	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
BÖLÜM 1- GİRİŞ	1
1.1.Çeltik Üretimi ve İşlenmesi	1
1.2. Pirinç Kepeğinin Besin İçeriği, Acılaşma Sorunu ve Stabilizasyon.....	2
1.3. Infrared (Kızılötesi) Radyasyon.....	5
BÖLÜM 2- ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	10
2.1. Infrared Isıtmanın Gıda Alanındaki Kullanımına Yönelik Önceki	
Çalışmalar.....	10
2.1.1. Infrared kurutma	10
2.1.2. Enzim inaktivasyonu	12
2.1.3. Patojen inaktivasyonu	13
2.1.4. Infrared radyasyonun kullanıldığı diğer gıda işleme metotları.....	14
2.2. Infrared Radyasyonun Gıda Bileşenleri ve Yapısına Etkisi	15
2.3. Pirinç Kepeğinin Stabilizasyonuna Yönelik Önceki Çalışmalar	17
2.4. Stabilize Pirinç Kepeğinin Kullanım Alanları.....	25
BÖLÜM 3- MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1. Pirinç Kepeği	30
3.2. Infrared Stabilizasyon Düzenegi.....	30
3.3. Stabilizasyon Deneme Planı	31
3.4. Deneme Yöntemi ve Süreçleri	32
3.5. Analiz Yöntemleri.....	33

3.5.1. Nem tayini.....	33
3.5.2. Ham yağ tayini.....	33
3.5.3. Ham protein tayini.....	33
3.5.4. Toplam kül tayini	33
3.5.5. Mineral madde kompozisyonu tayini.....	33
3.5.6. Suda çözünebilen ve toplam diyet lif tayini	34
3.5.7. Fitik asit tayini.....	34
3.5.8. Renk değerleri tayini	34
3.5.9. Su aktivitesi tayini	35
3.5.10. Enerji tüketimi.....	35
3.5.11. Serbest yağ asitliği tayini.....	35
3.5.12. Gama-orizanol tayini.....	35
3.5.13. Tokoferol tayini	36
3.5.14. Yağ asidi kompozisyonu tayini.....	37
3.5.15. B grubu vitaminlerin tayini.....	38
3.5.15.1. B grubu vitaminler için ortak ekstraksiyon işlemi	38
3.5.15.2. B ₁ ve B ₂ vitamini	38
3.5.15.3. B ₃ vitamini.....	38
3.5.15.4. B ₆ vitamini.....	39
3.5.16. Fenolik maddeler ve antioksidan aktivite tayini.....	39
3.5.16.1. Ekstraksiyon	39
3.5.16.1.1. Serbest formdaki hedef maddeler	39
3.5.16.1.2. Bağlı formdaki hedef maddeler.....	40
3.5.16.2. Toplam fenol tayini.....	40
3.5.16.3. Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite tayini	40
3.5.16.4. DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikaline karşı antioksidan aktivite tayini.....	41

3.5.16.5. Fenolik asit kompozisyonu tayini.....	41
3.5.17. Duyusal analiz.....	42
3.5.18. Tekstür analizi	42
3.5.19. Ekmek hacmi / Spesifik hacim	43
3.5.20. Pişme kaybı.....	43
3.6. İstatistiksel Analizler	43
3.7. Stabilize Pirinç Kepeği ile Katkılanan Ürünlerin Yapımı	44
3.7.1. Ürün reçeteleri.....	44
3.7.1.1. Beyaz ekmek	45
3.7.1.2. Kepekli ekmek	45
3.7.1.3. Tam buğday unlu ekmek.....	46
3.7.1.4. Kraker.....	46
3.7.2. Ürünlerin yapılışı.....	47
3.7.2.1. Ekmeklerin yapılışı.....	47
3.7.2.2. Krakerlerin yapılışı	47
BÖLÜM 4- ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	48
4.1. Infrared Stabilizasyon Ön Deneme Sonuçları	48
4.2. Enerji Tüketimi	49
4.3. Depolama Boyunca Yapılan Analiz Sonuçları.....	50
4.3.1. Serbest yağ asitliği değeri	50
4.3.1.1. Depolama boyunca ham kepeğin serbest yağ asitliği değerleri	50
4.3.1.2. Infrared ile stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca serbest yağ asitliği değerleri	54
4.3.2. Renk değerleri	63
4.3.3. Su aktivitesi.....	64
4.4. Depolama Sonunda Serbest Yağ Asitliği Değeri En Düşük Bulunan 10 Örnekte Yapılan Analizlerin Sonuçları.....	65

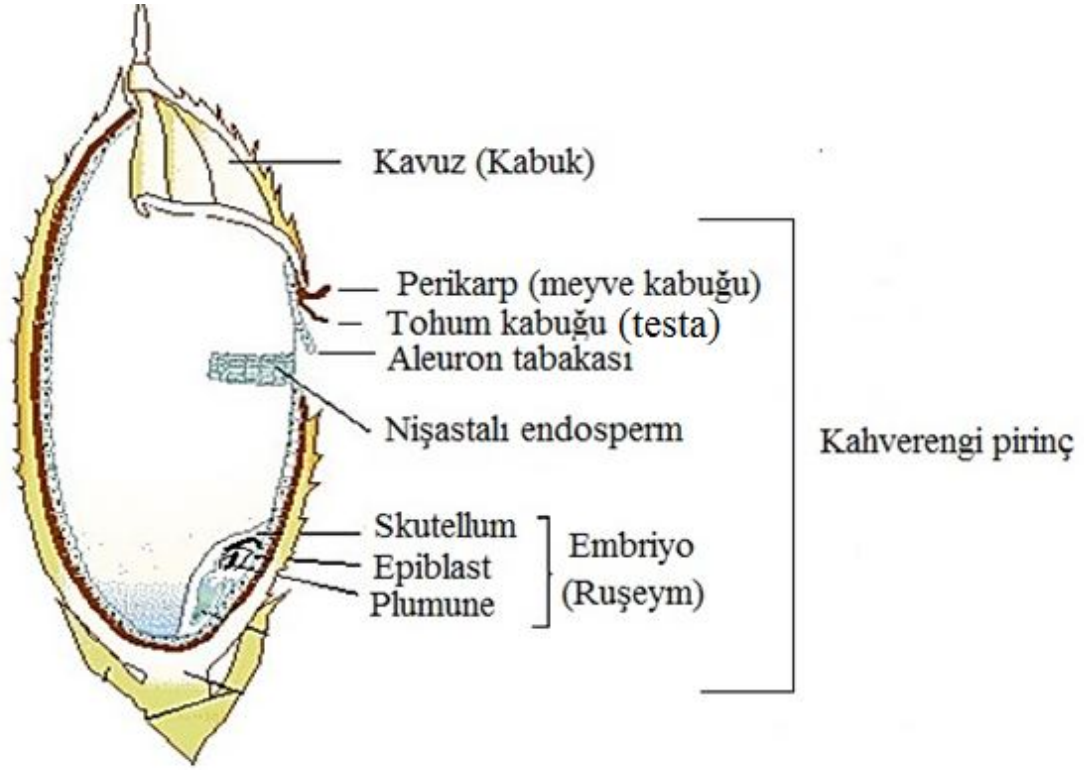
4.4.1. Temel bileşenlerin analiz sonuçları.....	65
4.4.2. Gama-orizanol sonuçları.....	67
4.4.3. Tokoferol sonuçları.....	71
4.4.4. Yağ asidi kompozisyonu sonuçları.....	76
4.4.5. B grubu vitaminlerin sonuçları.....	80
4.4.6. Toplam fenol sonuçları.....	84
4.4.7. ABTS radikaline karşı antioksidan aktivite tayini sonuçları.....	85
4.4.8. DPPH radikaline karşı antioksidan aktivite tayini sonuçları.....	87
4.4.9. Fenolik asit kompozisyonu sonuçları.....	89
4.5. Pirinç Kepeği Katkılı Ürünlerde Yapılan Analizlerin Sonuçları.....	95
4.5.1. Ekmek ürünlerinde yapılan analizler.....	95
4.5.1.1. Temel bileşen analizleri ve ekmeklik özellikler.....	95
4.5.1.2. Renk değerleri sonuçları.....	99
4.5.1.3. Diyet lif sonuçları.....	99
4.5.1.4. Mineral madde sonuçları.....	102
4.5.1.5. Fitik asit sonuçları.....	105
4.5.1.6. B grubu vitaminlerin sonuçları.....	106
4.5.1.7. Tekstür analizi sonuçları.....	110
4.5.1.8. Duyusal analiz sonuçları.....	113
4.5.1.9. Ekmek çeşitlerinin besin öğeleri açısından değerlendirilmesi.....	116
4.5.2. Kraker ürününde yapılan analizler.....	117
4.5.2.1. Temel bileşenlerin analiz sonuçları.....	117
4.5.2.2. Renk değerleri sonuçları.....	120
4.5.2.3. Mineral madde sonuçları.....	120
4.5.2.4. B grubu vitaminlerin sonuçları.....	122
4.5.2.5. Tekstür analizi sonuçları.....	122

4.5.2.6. Duyusal analiz sonuçları.....	123
BÖLÜM 5- SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	125
KAYNAKLAR	127
EKLER.....	II
Çizelgeler	XVII
Şekiller	XVIII
Özgeçmiş.....	XXXI

BÖLÜM 1**GİRİŞ****1.1. Çeltik Üretimi ve İşlenmesi**

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). Dünya nüfusunun temel besin kaynaklarından biri olan çeltik, yeryüzünün hemen hemen her kıtasında yetiştirilmekle beraber, çeltik üretiminin yapıldığı başlıca ülkeler Çin, Hindistan, Endonezya, Bangladeş, Vietnam, Tayland, Myanmar, Filipinler, Brezilya ve Pakistan'dır (FAO, 2011). Bununla birlikte Çin ve Hindistan dünya çeltik üretiminin yaklaşık %50'sini karşılamaktadır (Kahlon, 2009). 2011 yılı verilerine göre dünya çeltik üretimi 722.559.584 tondur (FAO, 2011). Türkiye'de ise 2013 yılı itibariyle çeltik üretimi 900 bin ton olarak bildirilmiştir (TUİK, 2013). Ülkemizde çeltik üretimi özellikle Marmara ve Karadeniz bölgelerinde ve Edirne, Samsun, Çorum, Sinop, Diyarbakır, Kastamonu ve Balıkesir illerinde yoğunlaşmıştır (Gaytancıoğlu, 1997).

Bir çeltik tanesinin başlıca kısımları Şekil 1'de sunulmuştur. Çeltik, hasattan sonra yaklaşık %15-16 nem düzeyine kadar kurutulmakta ve sonrasında işlenmektedir. İşleme sırasında yapılan ilk işlem kavuz (kabuk) tabakasının soyularak kahverengi pirinç elde edilmesidir. Kahverengi pirinç, tam tane olarak düşünülebilir. Beyaz pirinç ise kahverengi pirincin soyulup fırçalanması ile elde edilmektedir. Genel olarak işlenen çeltiklerin randımanı %60 civarındadır. İşleme sırasında oluşan yan ürünler ise; kırık pirinç, ham tane, 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. Yan ürünlerden kırık pirinç ve ham tane pirinç unu ve malt üretiminde kullanılmakta veya talebe göre kırksız pirinç ile paçal yapılarak değerlendirilmektedir. Kavuz, oldukça yüksek miktarda oluşan bir yan ürün olmakla beraber yapısı itibariyle gıda olarak değerlendirilmeye uygun değildir (Saunders, 1985). Çeltik kavuzu yaklaşık olarak %40 selüloz, %30 lignin ve %20 oranında silis içermektedir (Görhan, 2011). Kavuz, enerji elde etmek amacıyla yakıt olarak veya tavuk çiftliklerinde altlık olarak değerlendirilmektedir (Gaytancıoğlu, 1997). Bununla birlikte inşaat ve mobilya sektöründe de kullanılmaktadır. Pirinç kepeği ise çoğunlukla hayvan yemi olarak değerlendirilmekte veya atılmaktadır (Saunders, 1985; Malekian ve ark., 2000).



Şekil . Çeltik tanesinin başlıca kısımları (Anonim, 2013).

1.2. Pirinç Kepeğinin Besin İçeriği, Acılaşma Sorunu ve Stabilizasyon

Pirinç kepeği; perikarp, tohum kabuğu, aleuron tabakası, embryo ve bir miktar endospermden oluşmaktadır (FAO, 1996). Pirinç kepeğinin fiziksel ve kimyasal özellikleri; pirincin çeşidine, çeltik tanesinde kırma aşamasından önce yapılan işlemlere (hasat, kurutma vb.), kırma sisteminin tipine ve kırma sırasındaki fraksiyonlama işlemine bağlıdır (Saunders, 1985). Bununla birlikte pirinç kepeğinin yaklaşık bileşimi %34-62 nişasta, %15-22 yağ, %11-15 protein, %24-29 diyet lifi ve %6.6-9.9 minereldir (Juliano ve Hick, 1996). Pirinç kepeği proteininin verimlilik oranı yüksek olup 2.0 ile 2.2 arasında olduğu bildirilmiştir. Süt proteini olan kazeinde bu oranın 2.5 olduğu düşünüldüğünde pirinç kepeği proteinin değeri daha iyi anlaşılabilir (Connor ve ark., 1976; Kahlon ve Chow, 2001). Pirinç kepeği proteinleri %37-40 albumin, %21-36 globulin, %3-5 prolamin ve %22-36 glutelin olarak sınıflandırılmıştır (Saunders, 1985). Ayrıca pirinç kepeği, tahıl ürünlerinde eksikliği bilinen ve esansiyel bir amino asit olan lizin bakımından da zengindir (Malekian ve ark., 2000; Ramezanzadeh ve ark., 2000). Pirinç kepeğindeki baskın karbonhidratlar; hemisellüloz ve pentozanlar (%8.7-11.4), selüloz (%9-12.8), nişasta (%5-15), ve β -glukandır (%1) (Saunders, 1985; Malekian ve ark., 2000).

Pirinç kepeği yağının yağ asidi kompozisyonuna bakıldığında %19 doymuş, %40 tekli doymamış ve %35 çoklu doymamış yağ asidi içerdiği görülmektedir (Kahlon ve Chow,

2001). En çok bulunan yağ asitleri; palmitik (%12-18), oleik (%40-50) ve linoleik (%30-35) asitler olup, bu üçü toplam yağ asitlerinin %90'ını oluşturmaktadır (Malekian ve ark., 2000). Ramezanzadeh ve ark. (2000), 3-4 kaşık pirinç kepeği yağı tüketiminin esansiyel bir yağ asidi olan linoleik aside olan günlük ihtiyacı karşılayacağını belirtmişlerdir. Ham pirinç kepeği yağı %3-4 mumsu madde (wax) içermektedir (Malekian ve ark., 2000). Pirinç kepeğinin sabunlaşmayan madde miktarı %4 olup diğer yağlara kıyasla yüksektir. Pirinç kepeği yağındaki sabunlaşmayan madde miktarının %43'ü kampesterol, stigmasterol, β -sitosterol vb. bitki sterollerinden, %28'i triterpen alkollerden, %10'u 4-metil sterolden ve %19'u da alifatik alkoller ve diğer hidrokarbonlar gibi daha az polar bileşenlerden oluşmaktadır (Kahlon ve Chow, 2001). Pirinç kepeği yağı önemli miktarda tokoferol, tokotrienol ve gama-orizanol gibi doğal antioksidanlar içermektedir (Xu ve Godber, 1999). Gama-orizanol pirinç kepeği yağı için karakteristik bir madde olup, miktarı tokoferol ve tokotrienollerden 13-20 kat daha fazladır (Bergman ve Xu, 2003). Ayrıca, gama-orizanolün kolesterol düşürücü, kan akışını kolaylaştırıcı ve hormon salınımını düzenleyici etkisi olduğu bildirilmiştir (Xu ve Godber, 1999; Fuh ve Chiang, 2001). Gama-orizanol, ferulik asit esterleri ile triterpen alkollerin bir karışımı olup sabunlaşmayan maddenin %20-30'unu ve pirinç kepeği yağının %1.1-2.6'sını oluşturmaktadır.

Pirinç kepeği B vitaminlerince de oldukça zengin bir kaynaktır. B₁, B₂, B₃, B₅, B₆ ve B₁₂ vitaminlerini içerdiği bildirilmiştir (Malekian ve ark., 2000; Lebedzinska ve Szefer, 2006). Pirinç kepeği, toplam tanedeki tiaminin %78'ini, riboflavinin %47'sini ve niasinin %67'sini içermektedir (Saunders, 1985). Diğer taraftan, A ve C vitaminleri bakımından fakir bir kaynaktır (Orthofer, 2005).

Pirinç kepeğinin mineral madde içeriği çeşide, kırma işlemine ve özellikle bitkinin yetiştiği toprak özelliklerine bağlıdır (Saunders, 1990). Bununla birlikte, pirinç kepeğinin potasyum, fosfor ve magnezyum bakımından zengin olduğu ve pirinç tanesindeki demirin %80'inin kepekte bulunduğu bildirilmiştir (Saunders, 1985; Malekian ve ark., 2000; Abdul-Hamid ve ark., 2007). Orthofer (2005), pirinç kepeğinin tüm tahıl tanelerinden daha fazla fosfor içerdiğini belirtmiştir.

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). Kepekteki çözünebilir lif, temel olarak α -1,6-glukan ünitelerinden oluşmuştur (Fuh ve Chiang, 2001).

Pirinç kepeğinde fenolik maddeler de mevcuttur. Pirinç kepeğindeki toplam fenolik madde miktarının buğday kepeğinden fazla olduğu bildirilmiştir (Lai ve ark., 2009). Fenolik asit kompozisyonu bakımından değerlendirildiğinde ise kepeğin özellikle ferulik ve *p*-kumarik asitlerce zengin olduğu söylenebilir (Zhou ve ark., 2004; Qui ve ark., 2010). Pirinç kepeği çeşide göre değişen miktarlarda karotenoid içermektedir. Lutein, zeaksantin, β -karoten ve az miktarda likopen içerdiği bildirilmiştir (Tan ve ark., 2005; Belefant-Miller ve Grace, 2010).

Diğer yandan, pirinç kepeğinde çeşitli anti-beslenme faktörleri de mevcuttur. Bunlar; tripsin ve kemotripsin gibi proteolitik pankreatik enzimlerle stabil kompleksler oluşturarak sindirim problemlerine neden olan tripsin inhibitörleri, kırmızı kan hücrelerinde olumsuz değişimlere neden olan toksik globülin proteinleri (hemaglutinin-lectin) ve mineral, protein ve karbonhidratların çözünürlük, fonksiyonellik ve sindirilebilirlik özelliklerini negatif yönde etkilenen fitatlar olarak sıralanabilir (Deolankar ve Singh, 1979; Ory ve ark., 1981; Fuh ve Chiang, 2001).

Dünyada her yıl 63-76 milyon ton pirinç kepeği, pirinç işleme fabrikalarının bir yan ürünü olarak açığa çıkmakta ve bunun %90'ı hayvan yemi olarak oldukça ucuza satılmaktadır. At yemi katkısı olarak değerlendirildiği de rapor edilmiştir. Amerika'da pirinç kepeğinin %15-20 kadarı pirinç kepeği yağı eldesinde kullanılmaktadır (Kahlon, 2009).

Pirinç kepeğinin gıda olarak değerlendirilmesini sınırlayan temel etken acılaşmadır. Hem doğal olarak pirinç kepeğinde bulunan enzimler hem de mikrobiyal kaynaklı enzimler acılaşmadan sorumludur (Saunders, 1985). Ögütülmemiş bütün çeltik acılaşma bakımından stabildir çünkü lipolitik enzimler çeltiğin tohum kabuğu (testa) kısmında yoğunlaşırken, yağ molekülleri aleuron tabakasında ve embriyoda birikmiştir. Kırma işlemi sırasında bu fiziksel olarak ayrı yerlerde bulunma durumu bozular ve lipaz enzimleri yağ molekülleri ile temas eder. Pirincin çeşit, çevre ve tane yapısına (kısa, orta veya uzun taneli) göre değişmekle beraber pirinç kepeğinde ortalama %12-23 arasında ham yağ bulunmaktadır. Lipaz enzimi hızlı bir şekilde bu yağı hidrolize ederek serbest yağ asidi ve gliserol oluşumuna yol açar. Bunun sonucu olarak pH düşer, asitlik yükselir, kötü aroma ve sabunumsu tat gelişir ve fonksiyonel özelliklerde kayıp meydana gelir. Pirinç kepeğindeki hidrolitik bozunma, kırma işlemi esnasında başlamakta ve enzimatik aktivite devam ettiği sürece çok kısa bir süre içinde kepeğin gıda olarak tüketilemez forma dönüşmesine neden olmaktadır (Malekian ve ark., 2000). Lipaz aktivitesi; nem, sıcaklık, pH, süre ve su aktivitesinden oldukça etkilenmektedir. Pirinç kepeği birden çok tipte lipaz enzimi içermekte ve acılaşmanın boyutu bu enzimlerin tipine, depolama koşullarına, ambalaja ve çevre koşullarına bağlı olarak

değişmektedir. Lipaz enziminin yanı sıra lipoksigenaz enzimi ve otooksidasyon da bozunma etmenidir. Temel bozunma yolu lipazlar aracılığıyla hidrolitik bozunma olan pirinç kepeğinde, bu reaksiyon sonucu oluşan serbest yağ asitleri depolama esnasında oksidatif olarak daha ileri derecelerde bozunma gösterebilmektedir. Oksidasyon reaksiyonu yağ asidi kompozisyonuna bağlıdır ve bu reaksiyondan başlıca lipoksigenaz enzimi sorumludur (Malekian ve ark., 2000). Lipidlerin hidrolitik ve oksidatif olarak bozunması sonucu oluşan ransidite sadece kötü bir koku ve aroma oluşturduğu için değil aynı zamanda gıdanın besin değerini düşürdüğü ve hatta gıda güvenliğini tehdit ettiği için de önemlidir (Shih ve Daigle, 2003). Pirinç kepeğinde bulunan söz konusu enzimler, başta ısı işlem olmak üzere çok çeşitli teknikler ile inaktive edilebilmekte ve bu işleme “stabilizasyon” adı verilmektedir. Böylece pirinç kepeğine belli bir raf ömrü kazandırılabilen ve gıda olarak tüketilebilmesi sağlanmaktadır. Kepeği stabilize ederken, özellikle lipaz ve lipoksigenaz enzimlerinin geri dönüşsüz bir şekilde inaktive olduklarından ve kepeğin besin öğelerinin mümkün olduğunca korunduğundan emin olunmalıdır (Malekian ve ark., 2000).

Stabilizasyon işlemi sadece pirinç kepeğine belli bir raf ömrü kazandırmak için enzim inaktivasyonu amacıyla değil aynı zamanda az miktarda da olsa kepekte mevcut olan tripsin inhibitörleri, pepsin inhibitörleri, hemaglutininler, fitat ve anti-tiamin faktörleri gibi anti-beslenme faktörlerinin inaktivasyonu için de gereklidir. Ham pirinç kepeğinin yem olarak kullanılması, hayvan sağlığı bakımından bazı olumsuz etkilere neden olmuştur (Mujahid ve ark., 2005).

Stabilizasyon metotlarına ilişkin ayrıntılı bilgi önceki çalışmalar bölümünde verilmiştir.

1.3. Infrared (Kızılötesi) Radyasyon

İnfrared ya da kızılötesi radyasyon (IR) ilk defa 1800’lü yıllarda William Herschel tarafından keşfedilmiştir (Skjöldebrand, 2001). IR radyasyon bir elektromanyetik enerjidir (Sakai ve Mao, 2006). IR, elektromanyetik spektrumda görünür ışık (0.38-0.76 μm) ile mikrodalga (MW) (1-1000 mm) bölgeleri arasında yer alır (Skjöldebrand, 2002). IR bölgesi ise 1.8 ile 3.4 μm dalga boyları arasındaki elektromanyetik radyasyonu tanımlar (Fasina ve ark., 2001). IR spektrumu, dalga boyu ve emisyon sıcaklığına göre kendi içerisinde de 3’e ayrılmaktadır: (1) kısa dalga veya yakın IR bölgesi, 0.72-2 μm (3870-1180 °C), (2) orta dalga veya orta IR bölgesi, 2-4 μm (1180-450 °C), (3) uzun dalga veya uzak IR bölgesi, 4-1000 μm (< 450 °C) (Fasina, 2003). Bununla birlikte IR’yi tanımlayan dalga boylarının alt ve üst

sınırları literatürde küçük de olsa farklılıklar göstermekte olup, bu bölgeler arasında keskin bir ayırım yoktur (Datta ve Almeida, 2005).

Pratikte, IR kaynakları çok geniş bir dalga boyu aralığında radyasyon sağlayabilir. Bu nedenle doğru dalga boyu aralığını seçmek önemlidir. Kısa dalga IR kaynakları (örneğin tungsten filamente sahip olan IR kaynakları) 2000 °C'nin üzerinde, orta dalga IR kaynakları (örneğin quartz tüp şeklinde olan IR kaynakları) 700-1150 °C aralığında ve uzun dalga IR kaynakları (örneğin seramik malzemedan üretilmiş olan IR kaynakları) 800 °C'nin altındaki sıcaklıklarda çalışırlar (Datta ve Almeida, 2005; Sakai ve Mao, 2006). IR ısı kaynakları temel olarak gaz ve elektrikle çalışanlar olarak iki gruba ayrılırlar. Elektrikle çalışan IR kaynakları ise quartz, seramik ve halojen gibi farklı malzemelerden yapılmış olup, yaydıkları ışının dalga boyu da buna bağlı olarak değişmektedir (Skjöldebrand, 2001). IR kaynakları tipik olarak 650 ile 1200 °C arasında çalışır. Daha yüksek sıcaklıklar üründe kömürleşmeye neden olmaktadır. Gaz ile çalışan IR kaynaklarının yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen işletme maliyeti elektrikle çalışanlara nispeten düşüktür. Elektrikli IR kaynakları kolay kurulum ve işlem kontrolü sağladığı, çok kısa sürede ve hızla ısı ürettiği ve ısının temiz bir formu olduğu için daha popülerdir. Genel olarak, elektrikli IR kaynaklarının verimliliği %40 ile %70 arasında değişirken, gaz ile çalışan IR kaynaklarında bu oran %30 ile %50 arasındadır (Krishnamurthy ve ark., 2008). Endüstriyel uygulamalar için uygun olan spektral bölge 1.17 ile 5.4 µm arasındadır ve 260 ile 2200 °C sıcaklık aralığına tekabül etmektedir (Sheridan ve Shilton, 1999). Bir IR ısıtıcının tasarımında en kritik özellikler spektral aralığı ve enerji yoğunluğudur. IR kaynağının spektral aralığı uygun optik filtrelerin kullanımı ve ısıtıcı materyalin yüzey sıcaklığının ayarlanmasıyla kontrol edilebilir. Verimli bir IR ısıtma için hedeflenen gıda materyalinin absorpsiyon bölgesini kapsayan spektral bölgenin seçimi kilit önem taşır (Jun ve ark., 2011).

IR'nin en iyi bilinen uygulamaları otomotiv sanayinde araba boyalarının ve kağıt endüstrisinde kağıtların kurutulmasıdır. IR ışınları, tıp alanında basit bir ısıveren lambadan, termal görüntüleme ve termografiye kadar uzanan çeşitli dallarda kullanılmaktadır. Ayrıca, analitik uygulamalarda kimyasal kompozisyonun spektroskopik olarak ölçülmesinde de IR ışınlarından yararlanılmaktadır. Bununla birlikte uzaktaki bir objenin sıcaklığı da, o objenin yaydığı IR radyasyon kullanılarak belirlenebilir (Skjöldebrand, 2001; Atungulu ve Pan, 2011). Bu özellikten yararlanılarak geliştirilmiş termal kameralar, askeri alanlardan ev izolasyon sistemlerine kadar pek çok amaçla kullanılmaktadır. Ayrıca, aynı özellikten yararlanılarak vücut sıcaklığını uzaktan ölçen termometre tipi cihazlar da geliştirilmiştir.

IR radyasyonun temel karakteristikleri; yüksek ısı transfer kapasitesi, doğrudan ürüne ısı nüfuzu ve hızlı işlem kontrolüdür (Skjöldebrand, 2001). Ayrıca, IR ışınları havaya karşı herhangi bir davranış göstermediğinden (boşluk olarak algıladığından) ortam havasını ısıtmaya gerek olmaz ve her hava sıcaklığında çalışılabilir. IR ısıtmada, materyal doğrudan IR ışınlarının yarattığı titreşim ve sürtünmeden dolayı ısınır (Jun ve ark., 2011). Optimum bir ısı işlem için, IR kaynağının sıcaklığı ve etkinliği, materyalin IR radyasyonu yansıtma ve absorplama özellikleri ve IR nüfuz gücü gibi özellikler çok önemlidir (Skjöldebrand, 2001).

Isı kaynağının sıcaklığı, yaydığı IR radyasyonun dalga boyunu belirler. IR kaynağının yüksek sıcaklıkta olması, daha kısa dalga boylu ve nüfuz derinliği daha fazla olan IR ışınları üretmesi anlamına gelmektedir. Bir materyal IR ışınlarını absorpladığında moleküllerinde titreşim ve dönme hareketleri gözlenir ve atomlar arası mesafeler değişir ve absorplanan IR ışınları ısıya dönüşür (Skjöldebrand, 2001). İnfrared radyasyona maruz kalan materyaldeki su molekülleri 60000 ile 150000 MHz frekans aralığında titreşim gösterir. Bu durum, materyal içerisindeki su buharı basıncının artmasına ve materyalin ısınmasına neden olur (Fasina ve ark., 2001).

IR teknolojisi önemli bir potansiyeli olmasına rağmen gıda endüstrisinde gerektiğince değerlendirilememiştir. 1950-1970 yılları arasında ilk defa Amerika, Rusya ve Doğu Avrupa ülkelerinde gıda ve tarım ürünlerinin işlenmesi amacıyla kullanılmaya başlanmış daha sonra İsveç, Tayvan ve Japonya'da da yaygınlaşmıştır (Fasina, 2003). IR ısıtmanın gıda alanındaki ticari uygulamaları temel olarak; ekmek kabuğu, un, kakao, hububatlar, malt, makarna ve çay gibi düşük nemli gıdaların kurutulmasıdır. IR, ayrıca kızartma, pişirme, kavurma ve kurutma gibi işlemlerin bir parçası olarak, çoğunlukla da başlangıç aşamasında yüzey sıcaklığının kısa sürede artırılması amacıyla kullanılmaktadır.

IR ışınları bir materyalle temas ettiğinde, materyal tarafından yansıtılabilir, materyalin içinden geçebilir veya materyal tarafından absorbe edilebilir. İdeal ve mükemmel bir şekilde ısı yayan veya absorbe eden cisim "kara cisim" olarak tanımlanır (Skjöldebrand, 2001). Enerji absorpsiyonunun mekanizması radyant enerjinin dalga boyuna bağlıdır. Örneğin ultraviyole ve görünür ışık bölgesine denk gelen 0.2-0.7 µm dalga boyu aralığı atomların elektronik hallerinde değişime neden olur. Uzun ve orta dalga IR bölgesine denk gelen 2.5-1000 µm dalga boyu aralığı, atomların titreşim hareketlerinde değişime neden olur. MW bölgesine denk gelen 1000 µm'den daha uzun dalga boyları ise atomların dönme hareketlerinde değişime neden olur. Gıdanın temel bileşenleri olan su, protein ve nişasta gibi organik bileşenler 2.5 µm'den daha uzun dalga boylarında yüksek absorpsiyon gösterir

(Sakai ve Hanzawa, 1994). Pek çok gıda maddesi 2.5 μm 'den daha kısa dalga boylarını yansıtır veya geçirir yani absorplamaz (Sandu, 1986).

Gıdaların absorpsiyon özelliklerini açıklamak kolay değildir. Pürüzlü yüzeylerde kısa dalga boylu ışınlar %50 oranında yansıtılır, daha uzun dalga boylu ışınlarda meydana gelen yansıma ise %10'un altına düşebilir. Bu durum doğru IR kaynağı seçiminde oldukça önem taşımaktadır. IR ısıtmada genel olarak kısa (yaklaşık 1 μm) ve orta dalga (yaklaşık 10 μm) boylu ışınlar tercih edilir. Çünkü bu aralıktaki dalga boyuna sahip ışın üreten IR kaynakları istenilen sıcaklığa birkaç saniyede çıkar, yüksek miktarda ve hızlı bir enerji transferi sağlar ve işlemin kontrolü kolay ve hızlıdır (Skjöldebrand, 2001). IR ışınlarının nüfuz gücü gıdanın kimyasal kompozisyonuna, fizikokimyasal durumuna (sıvı-katı-toz, donmuş-donmamış, dispersiyon-emülsiyon-çözelti vb.) ve fiziksel özelliklerine (yoğunluk, gözeneklilik ve su miktarı) bağlıdır (Datta ve Almeida, 2005; Atungulu ve Pan, 2011). IR kaynağının sıcaklığı arttıkça gıdaya aktarılan radyant enerjinin miktarı da artar (Sakai ve Mao, 2006). IR radyasyon kısa dalga boylarında su moleküllerinin içerisinden geçer, uzun dalga boylarında ise gıda yüzeyi tarafından absorplanır (Sakai ve Hanzawa, 1994). Bu nedenle ince tabaka halindeki materyallerin uzun dalga, daha kalın materyallerin ise kısa dalga boyundaki IR radyasyonla işlenmesi daha verimlidir (Krishnamurthy ve ark., 2008).

Gıdanın absorpladığı IR radyasyonun miktarı ise gıdanın bileşenleri tarafından belirlenmektedir. Gıdalar birçok farklı biyokimyasal molekül, biyolojik polimer, inorganik tuzlar ve sudan oluşan karmaşık bir yapıdır. IR radyasyon bu bileşenler tarafından farklı derecelerde absorplanır. Amino asit, polipeptid ve proteinler 3-4 ve 6-9 μm dalga boyu aralığındaki IR bölgede güçlü absorpsiyon gösterirler. Diğer yandan yağlar, tüm IR bölgesinde güçlü bir absorpsiyon göstermekte olup, en yüksek absorpsiyonu 3-4, 6 ve 9-10 μm dalga boyu aralığında göstermektedir. Karbonhidratlar ise 3 ve 7-10 μm dalga boyu aralığında güçlü absorpsiyon gösterir (Sandu, 1986; Datta ve Almeida, 2005; Krishnamurthy, 2008). Gıdanın IR radyasyona karşı gösterdiği absorpsiyon özellikleri maruz kaldığı IR işlemi boyunca da değişkenlik gösterir. Örneğin, ısınmaya bağlı olarak su miktarı azalan gıdanın, başlangıçtaki daha yüksek su içeriğine sahip haline kıyasla IR radyasyonu absorplama yeteneği azalırken yansıtma özelliği artar (Jun ve ark., 2011). Nüfuz derinliği, absorbe edilmeyen radyasyon enerjisinin %37'si olarak tanımlanır. Kısa dalga IR radyasyonunun nüfuz gücü uzun dalgaya kıyasla 10 kat daha fazladır. IR ısıtmada, ısının doğrudan ürüne ulaşması, geleneksel yöntemlerde sıklıkla rastlanan kabuk oluşumu ve heterojen ısınma gibi sorunların da aşılmasını sağlar (Skjöldebrand, 2002).

Bu çalışmanın amaçları;

- Besin içeriği bakımından oldukça zengin bir kaynak olmasına rağmen acılaşıma sorunu nedeniyle çoğunlukla atılan veya yem olarak değerlendirilen bir yan ürün olan pirinç kepeğini kısa dalga IR enerji ile stabilize etmek ve pirinç kepeği stabilizasyonu amacıyla kullanılacak IR radyasyon yoğunluğu ve süre gibi işlem parametrelerini belirlemek,
- Etkili stabilizasyon şartlarının pirinç kepeğinin besin öğeleri üzerine etkisini ortaya koymak,
- Stabilize pirinç kepeğinin (SPK) çeşitli fırın ürünleri içerisinde değerlendirilme olanaklarını araştırmak ve pirinç kepeği katkısının söz konusu ürünlerin fiziksel ve duyusal özellikleri ile besin öğeleri üzerine etkisini belirlemektir.

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Önceki çalışmalar, IR ısıtmanın gıda alanındaki kullanımı, IR radyasyonun gıda bileşenleri ve yapısına etkisi, pirinç kepeği stabilizasyon yöntemleri ve SPK kullanım alanları olmak üzere 4 ana bölümde incelenmiştir.

2.1. Infrared Isıtmanın Gıda Alanındaki Kullanımına Yönelik Önceki Çalışmalar

IR teknolojisi son yıllarda gıda alanında kurutma, haşlama, çözdürme, pastörizasyon, sterilizasyon, kızartma, kavurma ve pişirme işlemleri ve patojen ve enzim inaktivasyonu gibi pek çok amaçla kullanılmaktadır (Krishnamurthy ve ark., 2008).

2.1.1. Infrared kurutma

Kurutma, sözü edilen diğer işlemlere kıyasla IR radyasyonun en çok kullanıldığı işleme tekniğidir.

IR kurutma, güneşte kurutmanın yapay formu olarak düşünülebilir (Chua ve Chou, 2003). Kurutma işleminde IR kullanımı geleneksel sıcak hava ile kurutmaya kıyasla pek çok avantaj sağlamaktadır. Bunlar; kısa işlem süresi, homojen sıcaklık dağılımı, yüksek son ürün kalitesi, işlem kontrolü kolaylığı, düşük enerji tüketimi ve basit alet-ekipman gereksinimidir (Sandu, 1986; Mongpraneet ve ark., 2002; Chua ve Chou, 2003; Krishnamurthy ve ark., 2008). Bununla birlikte IR radyasyonun herhangi bir toksik etkisi rapor edilmemiş olup, çevresel açıdan da temiz bir enerji kaynağıdır (Sandu, 1986). Ancak, IR radyasyonun nüfuz gücünün sınırlı olması ve uzun süreli işlemlerde arpa ve pirinç gibi materyallerde kırılma ve çatlaklara neden olması gibi dezavantajları da mevcuttur (Krishnamurthy ve ark., 2008).

IR ile kurutma işlemi konusunda pek çok araştırma mevcuttur. Kurutulmuş materyallerden bazıları; arpa (Afzal ve Abe, 2000), çeltik veya pirinç (Abe ve Afzal, 1997; Das ve ark., 2004; 2009; Meeso ve ark., 2007; Pan ve ark., 2008a; Laohavanich ve Wongpichet, 2009), elma (Nowak ve Lewicki, 2004; Toğrul, 2005; Timoumi ve ark., 2007), havuç (Toğrul, 2006; Kocabıyık ve Tezer, 2009), kırmızı biber (Nasıroğlu ve Kocabıyık, 2009), patates (Afzal ve Abe, 1999; Doymaz, 2012), mısır (Doymaz ve Pala, 2003; Yılmaz ve Tuncel, 2010), domates ve yan ürünleri (Celma ve ark., 2009; Kocabıyık ve ark., 2013), yabanmersini (Shi ve ark., 2008) ve soğan (Sharma ve ark., 2005; Gabel ve ark., 2006) olarak sıralanabilir. IR kurutmanın ayrıca hububatlar, un, makarna, ekmek kabuğu, malt, çay, et ve balık gibi ürünlerde başarıyla uygulandığı rapor edilmiştir (Skjöldebrand, 2002; Chua ve

Chou, 2003). Bununla birlikte IR ile diğer işleme metotlarının birlikte veya ard arda kullanıldığı kurutma çalışmaları da mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanlar IR-MW (Baysal ve ark., 2003; Chua ve Chou, 2005; Sumnu ve ark., 2005; Tireki ve ark., 2006; Wang ve Sheng, 2006), IR-sıcak hava (Afzal ve ark., 1999; Hebbar ve ark., 2004; Jain ve Pathare, 2004; Kumar ve ark., 2005; Kumar ve ark., 2006; Pathare ve Sharma, 2006; Vishwanathan ve ark., 2010; Yılmaz ve Tuncel, 2010), IR, sıcak hava ve MW (Datta ve Ni, 2002; Kowalski ve Rajewska, 2009) ve IR-dondurarak kurutmadır (Lin ve ark., 2005; Lin ve ark., 2007; Pan ve ark., 2008b; Atungulu ve Pan, 2011; Chakraborty ve ark., 2011).

IR radyasyonun özellikle söz konusu diğer teknikler ile birlikte kullanımının işlem süresini oldukça kısalttığı ve işlem boyunca sarf edilen enerji miktarını kayda değer biçimde azalttığı rapor edilmiştir (Sakai ve Hanzawa, 1994; Afzal ve ark., 1999; Krishnamurthy ve ark., 2008; Yılmaz ve Tuncel, 2010). Hebbar ve ark. (2004) IR-sıcak hava kombinasyonu ile yapılan kurutmada (patates ve havuç), tek başına IR kurutmaya göre %63 daha az enerji harcadığını ve işlem süresinin %48 oranında kısaldığını bildirmişlerdir. Yılmaz ve Tuncel (2010), mısırdaki nemi IR-sıcak hava kombinasyonu ile %29'dan %13'e düşürmek için sarf edilen enerjinin miktarının, tek başına sıcak hava ile %15'ten %13'e düşürülmesi için sarf edilen enerji miktarından daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Afzal ve ark. (1999), arpa kurutmada IR-sıcak hava kombinasyonu kullanımının 40, 55 ve 70 °C'deki sıcak havalı kurutmaya kıyasla sırasıyla %156, %238 ve %245 daha az enerji gerektirdiğini rapor etmişlerdir. Sumnu ve ark. (2005) IR-MW kombinasyonu ile havuç kurutmuşlar ve kuruma süresinde sıcak hava ile kurutmaya kıyasla %98 azalma sağladıklarını rapor etmişlerdir. IR-MW kombinasyonunun kullanıldığı bir başka çalışmada da ekmek içi örneklerinin kuruma sürelerinde %97-99 oranında azalma bildirilmiştir (Tireki ve ark., 2006).

Özellikle sıcak hava ile kurutulmuş sebzelerde sıklıkla rehidrasyon sorunu ile karşılaşmaktadır. Bu açıdan dondurarak kurutma tekniği iyi bir alternatif olmakla beraber oldukça pahalı bir teknolojidir (Krishnamurthy ve ark., 2008). IR ve IR-sıcak hava kurutma teknikleri ile kurutulmuş materyallerin rehidrasyon karakteristiklerinin tek başına sıcak havalı kurutma sistemleri ile kurutulan ürünlerden önemli oranda daha iyi olduğu gözlenmiştir (Kumar ve ark., 2005).

IR kurutmadan bitki ve baharatların kurutulmasında da yararlanılmakta olup, bunlardan vitamin elde edilmesinde faydalanılmaktadır (Chua ve Chou, 2003).

IR kurutma ayrıca gıda analizlerinde de yerini almış olup, hızlı sonuç veren bir nem tayin yöntemi olarak kullanılmaktadır (Hagen ve Drawert, 1986).

2.1.2. Enzim inaktivasyonu

IR ile enzim inaktivasyonu çalışmaları genellikle meyve ve sebzelere depolama öncesi uygulanan haşlama işlemine alternatif olarak uygulanmıştır. Haşlama işleminde polifenoloksidaz, peroksidaz ve katalaz gibi enzimlerin inaktive edilmesi amaçlanmakla beraber, bunlar arasında ısıya en dayanıklı enzim peroksidaz olduğundan pek çok çalışmada inaktivasyon ölçüsü olarak peroksidaz testine rastlanmıştır. IR'nin bu amaçla kullanılmasının bir sebebi de kuru şartlarda enzim inaktivasyonunu mümkün kılması ve klasik haşlamada gözlenen suda çözünen bileşenlerin kaybı, atık su oluşumu ve çeşitli kalite kayıpları gibi dezavantajlarının olmamasıdır (Vishwanathan ve ark., 2013).

Vishwanathan ve ark. (2013), havuç dilimlerine tek başına IR, IR-sıcak hava kombinasyonu ile kuru haşlama uygulamışlar ve bu iki yöntemi geleneksel suda haşlama yöntemi ile işlem süresi, C vitamini kaybı ve rehidrasyon karakteristikleri açısından karşılaştırmışlardır. Mevcut peroksidaz enzimi konsantrasyonunun %90'ının tek başına IR uygulayarak inaktive edilmesi için gerekli sürenin, geleneksel haşlamaya kıyasla daha uzun, ancak C vitamini kaybının daha az olduğunu, bununla birlikte IR-sıcak hava kombinasyonunun hem işlem süresini kısalttığını hem de ürünlerdeki C vitamini kaybını önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (2008), bezelye, havuç gibi gıdalarda dondurma öncesi uygulanan IR işleminin başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, IR radyasyona tabi tutulan havuçlarda yapılan tekstür analizi sonucu yüzeyin ilk yarım milimetresindeki hücrelerin etkilendiği ve tekstür karakteristiklerinin hiç işlem görmemiş havuçlarla aynı olduğu, bu nedenle de dondurulmuş havuç endüstrisi için iyi bir potansiyeli olduğu belirtilmiştir (Galindo ve ark., 2005).

Pan ve Atungulu (2011), geliştirdikleri prototip IR cihazı ile patates, havuç, biber ve soğan gibi sebzelere haşlama işlemi uygulamış ve polifenoksidaz enzimlerinin başarılı bir şekilde inaktive edildiğini bildirmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (2008), soya fasulyelerinde bozunmaya neden olan lipoksigenaz enziminin 60 saniyelik bir ısı işlemi ile %95.5 oranında inaktive edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca termal kondüksiyon ile %70 oranında inaktive edilen lipaz enziminin, 6 dakikalık IR muamelesi sonucu %60 oranında inaktive edildiğini rapor etmişlerdir.

Sawai ve ark. (2003), lipaz ve α -amilaz enzimlerinin IR ile inaktivasyonu üzerine yaptıkları çalışmada belli konsantrasyonlarda hazırladıkları enzim solüsyonlarının hem termal kondüksiyon hem de IR ile muamelesi sonucu inaktivasyonunu incelemişler ve IR

işleminin 60 °C sıcaklıkta termal kondüksiyona neredeyse eşdeğer bir grafik izlediğini belirtmişlerdir. Enzim inaktivasyonunun bu sıcaklık derecelerinde 10 dakika içerisinde tamamlandığı belirtilmiştir.

Zhu ve Pan (2009), IR radyasyona tabi tuttukları elmalarda, radyasyon yoğunluğu, dilim kalınlığı ve işlem süresi faktörlerinin; kuruma hızı, ürün sıcaklığı, nem kaybı, polifenol oksidaz ve peroksidaz enzimleri aktivitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Dilim kalınlığının söz konusu özellikler üzerinde önemli bir etkisi olduğu, ince dilimlenmiş elmalarda enzim inaktivasyonunun ve kurumanın daha hızlı gerçekleştiği belirtilmiştir. Polifenol oksidaz ve peroksidaz enzimlerinin IR ile inaktivasyonunun birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uygunluk gösterdiği ve söz konusu enzimlerde önemli düzeyde bir inaktivasyon sağlamak için elmaların merkez sıcaklığının sırasıyla 60-80 ve 70-90 °C'ye ulaşması gerektiği bildirilmiştir. Lin ve ark. (2009), elma dilimlerini 4000 W/m² yoğunluktaki IR radyasyona 10 dakika boyunca maruz bırakmışlar ve bu şartlarda polifenoloksidaz enzimi inaktivasyonunun gerçekleştiği ve inaktivasyonun birinci derece reaksiyon kinetiğine uygunluk gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bingöl ve ark. (2014), düşük kalorili kızartmalık patates üretiminin bir ön aşaması olarak IR ile kuru haşlama ve geleneksel haşlama yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, 9.43 mm kalınlığındaki patates dilimlerindeki polifenol oksidaz enziminin tamamen inaktivasyonu için gereken işlem süresinin IR ile 200 saniye ve geleneksel haşlama için 16 dakika olduğunu belirtmişlerdir. Daha sonra farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan patates dilimlerinden IR ile muamele edilmiş olanların daha az yağ çektiği gözlenmiştir.

IR ile işlem görmüş soya fasülyesi unlarının 1 yıl boyunca tazeliğini koruduğu, buna karşılık işlem görmemiş unların acılaştığı bildirilmiştir (Krishnamurthy ve ark., 2008).

2.1.3. Patojen inaktivasyonu

IR, hem katı hem de sıvı gıdalarda bakteri, spor, küf ve maya gibi mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanılmaktadır. IR kullanılan mikrobiyal inaktivasyon işlemlerinin etkinliği; IR gücü / yoğunluğu ve dalga boyu, kullanılan IR kaynağı tipi, materyalin kalınlığı ve derinliği, mikroorganizmanın çeşidi ve fizyolojik fazı (üssel büyüme evresi, durağan dönem vb.) gibi pek çok faktöre bağlıdır. Termal inaktivasyon; IR'nin mikroorganizmaların DNA, RNA, ribozom, hücre zarfı ve protein gibi yaşamsal bileşenlerini etkilemesi nedeniyle gerçekleşir. Bakteri, maya ve küfler yapısal ve kompozisyonel açıdan farklılık gösterdiğinden IR radyasyona gösterdikleri direnç de farklıdır (Krishnamurthy ve ark., 2008).

Yang ve ark. (2010), bademleri 130, 140 ve 150 °C’de sadece IR, IR-sıcak hava kombinasyonu ve sadece sıcak hava kullanarak orta düzeyde kavurmuşlardır. *Pediococcus* bakterisinin inaktivasyonunu inceleyen araştırmacılar, IR-sıcak hava kombinasyonu kullanılarak 130, 140 ve 150 °C’de kavruan bademlerde sırasıyla 4.10, 5.82, ve 6.96 log düzeyinde mikrobiyal azalma tespit etmişler ve tek başına sıcak hava ile kavurma işlemine göre söz konusu sıcaklıklarda sırasıyla %38, %39 ve %62 zaman tasarruf etmişlerdir. Farklı metotlarla kavruan bademler arasında duyuusal özellikler açısından istatistiksel olarak önemli bir fark belirleyemeyen araştırmacılar, IR-sıcak hava kombinasyonunun kavurma ve pastörize etme işlemleri için önemli bir potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Huang (2004), *Listeria monocytogenes* ile kontamine edilmiş hindi sosislere IR kullanarak yüzey pastörizasyonu uygulamış ve 103 saniyelik işlem sonucunda söz konusu bakteri popülasyonunda 4.5 log düzeyinde azalma tespit etmiştir. James ve ark. (2002), yumurta yüzeylerine 30 saniye IR uygulayarak *S. enteritidis* mikroorganizmasında 6 log düzeyinde azalma tespit etmişlerdir. Hebbar ve ark. (2003), bal örneğinde doğal olarak bulunan mayaların 8 dakikalık kısa dalga IR uygulaması sonucu tamamen inaktive edildiğini bildirmişlerdir. Bingöl ve ark. (2011), 90 °C’de 10-15 dakika boyunca IR radyasyona maruz bırakılan çiğ bademlerin *Pediococcus* konsantrasyonunda 5 log düzeyinde azalma tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Huang ve Sites (2008), *Listeria monocytogenes* ile kontamine ettikleri sosislere yüzey sıcaklığı 70, 75, 80 ve 85 °C’ye erişinceye kadar IR uygulamışlar ve söz konusu bakteri konsantrasyonunda sırasıyla 1.0, 2.1, 3.0 ve 5.3 log düzeyinde azalma tespit etmişlerdir. 80 ve 85 °C’lik yüzey sıcaklığına ulaştıktan sonra aynı sıcaklıkta sırasıyla 3 ve 2 dakika daha IR radyasyona maruz bırakılan örneklerin *Listeria monocytogenes* konsantrasyonunda ise sırasıyla 6.4 ve 6.7 log düzeyinde azalma belirlenmiştir.

2.1.4. Infrared radyasyonun kullanıldığı diğer gıda işleme metotları

IR radyasyonun, et ve et ürünleri, tahıllar, soya fasüyesi, kakao taneleri ve ceviz gibi ürünlerde kızartma, kavurma, ızgara, ısıtma ve pişirme gibi işlemler için uygulandığı rapor edilmiştir (Krishnamurthy ve ark., 2008).

Skjöldebrand (2002), fırın ürünlerinin pişirilmesi açısından geleneksel yöntem ile IR’yi karşılaştırmış ve IR kullanımı ile pişme süresinin %25-50 kısaldığını, sarf edilen enerji miktarının geleneksel yöntemle kıyaslanabilir olduğunu, pişme kayıplarının %10-15 daha az olduğunu ve pişen ürünlerin duyuusal özelliklerinin geleneksel olarak pişirilmiş ürünlere benzer olduğunu belirtmiştir. IR radyasyonun pişirme sırasında ürünün hem yüzeyinde hem

de merkezinde etkili olduğu ancak kısa dalga boyundaki IR radyasyonun uzun dalga boyuna kıyasla pişirme işlemi için daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir (Skjöldebrand, 2002).

IR'nin ekmek, bisküvi, kraker ve kek gibi pek çok fırın ürününün pişirilmesi amacıyla kullanıldığı bildirilmiştir (Sumnu ve Özkoç, 2011). Sakai ve Mao (2006), uzun dalga IR fırın ile geleneksel fırınları kraker pişirme bakımından kıyaslamışlar ve IR fırının pişme süresini %66.7, sarf edilen enerji miktarını da %54.5 oranında azalttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar IR'nin ayrıca et ürünlerinin pişirilmesi amacıyla kullanıldığını da bildirmişlerdir.

Sumnu ve Özkoç (2011), IR'nin çay yaprakları, kahve çekirdekleri, yer fıstığı, fındık ve susam gibi ürünlerin kavrulması amacıyla kullanıldığını bildirmişlerdir.

IR, donmuş gıdaların hızlı çözündürülmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan bir diğer teknik MW olup, donmuş ve donmamış bölgenin dielektrik özelliklerindeki farktan dolayı gıda yüzeylerinde iç kısımlara göre aşırı ısınma problemi oluşmaktadır. Diğer yandan, su ve buzun IR radyasyonu absorplanma katsayıları birbirine neredeyse eşit olduğundan, IR radyasyon çözündürme işlemi için önemli bir alternatif sunmaktadır. Böylece tekdüze bir çözünme, daha az damlama kaybı ve etlerde istenmeyen renk değişiminin azaltılması sağlanabilmektedir (Sakai ve Mao, 2006). Et ürünlerinin yanı sıra donmuş deniz ürünlerinin ve hazır yemeklerin çözündürülmesinde IR ısıtmadan faydalanılmıştır (Özkoç, 2010).

IR ve MW kombinasyonlu işlemlerin bazı ürünlerde yüzey karamelizasyonu ve çıtır yapı geliştirmek amacıyla kullanıldığı bildirilmiştir (Özkoç, 2010).

2.2. Infrared Radyasyonun Gıda Bileşenleri ve Yapısına Etkisi

Literatürde IR ile yapılan işlemlerin gıda bileşenleri üzerindeki etkisine yönelik oldukça az çalışma bulunmaktadır. Bunların bir kısmına aşağıda değinilmiştir. Bununla birlikte genel olarak IR, geleneksel yöntemlere göre işlem süresini önemli ölçüde kısalttığı için IR ile işlenen gıdalarda besin kayıplarının daha az olduğu söylenebilir (Skjöldebrand, 2002).

Fasina ve ark. (2001), IR ısıtmanın baklagil tanelerinin protein, nişasta ve jelatinize nişasta miktarını etkilemediğini, diğer yandan tripsin inhibitörleri miktarında azalma gözlediklerini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada IR ısıtmanın baklagil tanelerinin kırılabilirlik özelliğini arttırdığı da bildirilmiştir. Kouzeh-Kanani ve ark. (1981), soya fasulyelerinin IR ile 124 °C'ye kadar ısıtılması sonucu üreaz ve tripsin inhibitörlerinin kabul edilebilir

düzeyle kadar düştüğünü, buna karşılık kullanılabilir lisin miktarında önemli bir değişim olmadığını rapor etmişlerdir.

Darıdaki tanen miktarının önemli bir kısmının IR işleme ile denatüre olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, IR pişirme ile ekmek kabuğu ve ette oluşan Maillard reaksiyonunun kızartma, ızgara gibi yöntemlere kıyasla daha iyi kontrol altında tutulduğu belirlenmiştir (Skjöldebrand, 2002). Shi ve ark. (2008), IR ile kuruttukları yabanmersinlerinin sıcak hava ile kurutulanlara göre daha sert tekstürel özelliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir.

IR ile sebze kurutmada klorofil ve renk yıkımının ve C vitamini ile β -karoten kaybının geleneksel kurutma yöntemlerine göre daha az olduğu bildirilmiştir (Sakai ve Mao, 2006). Kocabıyık ve ark. (2013), orta dalga IR kaynağı ile 300, 350, 400, 450 ve 500 IR gücü; 30-35 °C hava sıcaklığı ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında kuruttukları domateslerde %27 ile %75 arasında değişen oranlarda C vitamini kaybı olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada domateslerdeki likopen miktarında ise %29 ile %364 arasında artış gözleyen araştırmacılar, bu sonucu likopenin IR kurutma sonrasında domatesten daha verimli bir şekilde ekstrakte edilmesine atfetmişlerdir. Tuncel ve ark. (2010), IR, sıcak hava ve IR-sıcak hava kombinasyonu ile kuruttukları mısırlarda protein, toplam renk değişimi, β -karoten ve fenolik asit miktarı bakımından önemli bir değişiklik gözlemediklerini belirtmişlerdir. Nimmol ve Devahastin (2011), IR ile kurutulmuş gıdalarda geleneksel metotlara kıyasla daha az C vitamini ve β -karoten kaybı meydana geldiğini, aroma ve rengin de daha iyi korunduğunu tespit etmişlerdir.

Kim ve ark. (2006a), IR kavurmanın yeşil çayın fizikokimyasal özelliklerine etkisini incelemişler ve geleneksel yöntemlere göre toplam fenolik madde miktarını önemli ölçüde daha yüksek bulmuşlardır. Araştırmacılar, bu sonucu polifenoloksidaz enziminin inhibisyonuna ve böylece fenolik bileşiklerin oksidasyonunun ve polimerizasyonunun engellenmesine atfetmişlerdir. IR ile ısıtılan materyallerin toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri genel olarak konvansiyonel metotlara kıyasla daha yüksek bulunmaktadır (Sumnu ve Özkoç, 2011). Bu durum, IR'nin kovalent bağları kırma etkisi göstererek flavonoid, karoten, tanen, aksorbat ve polifenol gibi bileşiklerin açığa çıkmasını sağlamasına atfedilmiştir (Niwa ve ark., 1988). Nitekim, pirinç kavuzlarında kovalent olarak bağlı bulunan fenolik maddelerin IR radyasyon ile bağlarının kırılarak miktarının arttığı ancak sıcak hava ile ısıtmanın bu etkiyi sağlamadığı bildirilmiştir (Lee ve ark., 2003).

Kumar ve ark. (2005), IR ve sıcak hava kombinasyonu ile kuruttukları soğanların tek başına sıcak hava ile kurutulanlara göre pürivik asit, toplam renk değişimi ve esmerleşme indeksi gibi parametreler bakımından daha iyi kalitede olduğunu belirtmişlerdir.

IR radyasyon ile pişirilmiş kek, kurabiye gibi çeşitli fırın ürünlerinin renk, kabuk kalınlığı, hacim, tekstürel ve duyuşal özelliklerine ait çalışmalar (Wade, 1987; Skjöldebrand ve Andersson, 1989; Keskin ve ark., 2004; Shyu ve ark., 2008) bulunmakla beraber IR ile pişirmenin bu ürünlerin besin değerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya ulaşılammıştır.

2.3. Pirinç Kepeğinin Stabilizasyonuna Yönelik Önceki Çalışmalar

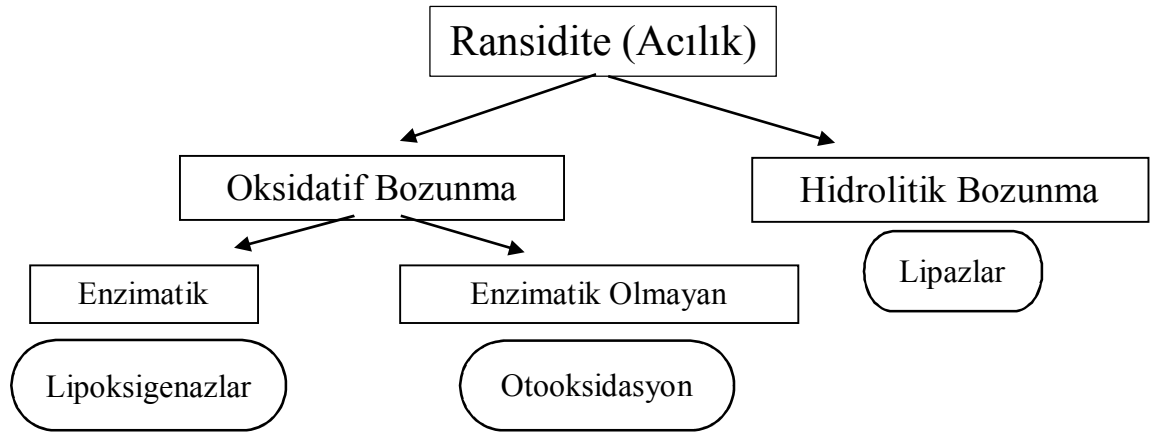
Pirinç kepeği birçok enzim içermektedir. Bunlar arasında kepeğin raf ömrünü etkileyen başlıca enzimler özellikle lipaz ve onunla birlikte lipoksigenaz ve peroksidazdır. Stabilizasyon, enzim inaktivasyonunun yanı sıra yağ ekstraksiyon veriminin artırılması, kepeğin sterilize edilmesi ve renk değişiminin önlenmesi amaçlarıyla da kullanılmaktadır (Orthofer, 2005).

Yağın acılaşmasının ölçüsü olarak en sık kullanılan parametre % oleik asit cinsinden serbest yağ asidi (SYA) değeridir. Yeni öğütölmüş bir çeltikten elde edilen pirinç kepeğindeki SYA değeri %2-3 civarında iken sadece 1 gün içinde bu oran %10'a yükselbilmektedir (Fuh ve Chiang, 2001). SYA değerinin ham pirinç kepeği yağında %5'in altında olması istenir. Rafinasyonda yağ kaybı, SYA değerinin yaklaşık 2-3 katı olduğundan %5'in üzerinde SYA değerine sahip pirinç kepeği yağları ekonomik nedenlerle rafinasyon için tercih edilmemektedir. Çeltik kırmadan sonraki birkaç saat içinde SYA değeri %5'in üzerine çıktığından enzim inaktivasyonu hemen yapılmalıdır (Malekian ve ark., 2000). Duyusal değerlendirmeler, eğitimli panelistlerin ransit ve ransit olmayan tada sahip pirinç kepeği aromasını, SYA değeri %15'in üzerine çıkana kadar ayırt edemediklerini göstermiştir. Bununla birlikte Amerikan standartlarına göre insan tüketimine sunulan pirinç kepeğindeki SYA değeri üst sınırı %4'tür (Sharma ve ark., 2004).

Pirinç kepeğindeki temel bozunma etmenleri Şekil 2'de sunulmuştur. Bunun yanı sıra nadir de olsa ürün kalitesi çok kötü olduğunda mikrobiyolojik bozunma da söz konusu olabilmektedir. Temel bozunma yolu lipazlar aracılığıyla hidrolitik bozunma olan pirinç kepeğinde, bu reaksiyon sonucu oluşan serbest yağ asitlerinden doymamış yapıda olanlar depolama esnasında oksidatif olarak daha ileri derecelerde bozunma gösterebilmektedir. Pirinç kepeği birden farklı tipte lipaz ve yanı sıra fosfolipaz, glikolipaz ve esteraz enzimi içermektedir. Goffman ve Bergman (2003), pirinç kepeklerindeki lipaz aktivitesinin pirinç çeşidine göre önemli derecede değişebildiğini ve mevcut esteraz aktivitesi ile yüksek korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Pirinç kepeği lipazı 40 kDa moleköl ağırlığına sahiptir ve optimum çalışma pH'sı 7.5-8.0 ve optimum sıcaklığı 37 °C'dir (Malekian ve ark., 2000; Orthofer, 2005). Orthofer (2005), lipazın 60 °C'de 15 dakikada inaktive edildiğini

bildirmiştir. Lipaz, enzimatik hidrolize neden olurken lipoksigenaz da enzimatik oksidasyona neden olmaktadır. Oksidatif bozunmaya atmosfer oksijeni, depolama sıcaklık ve süresi ile ambalaj tipi faktörler de etki etmektedir (Şekil 2). Bozunma sonucu, serbest radikaller oluşmakta ve besin öğelerinde kayıp meydana gelmektedir. Uzun süre depolanan pirinç tanelerinde tipik olarak istenmeyen bir aroma maddesi olan hegzanal oluşumu gözlenmiştir. Oksijen varlığında oksidatif bozunma artarken, depolama sıcaklığı arttıkça hem hidrolitik hem de oksidatif bozunma artmaktadır. Bu nedenle kilitli plastik poşetlerde depolanan kepeklerin atmosfer oksijenine maruz kalanlardan daha uzun raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte literatürde vakumlu ambalajda depolanan kepeklerin, kilitli plastik poşetlerle depolananlara kıyasla daha çabuk bozulduğuna dair veriler de mevcut olup, bu durumun kepeklerdeki anaerobik mikroorganizmalardan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Malekian ve ark., 2000).

Pirinç kepeği stabilizasyonu amacıyla pek çok metot uygulanmıştır. Bunların çoğu, kuru ya da nemli ısı işlemdir. Kimyasal kullanımı ve ısınlamanın enzim inaktivasyonunda yetersiz olduğu ve pratik olmadığı bildirilmiştir. Tüm termal metotlardaki temel sorun, kepeklerdeki besin öğelerinin kaybı ve enzimlerin tamamen ve geri dönüşsüz bir şekilde inaktive edilememesidir. Genel olarak nemli ısı işleminin kuru ısı işlemden daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Buharla stabilizasyonun oldukça başarılı sonuçlar verdiği bildirilmesine rağmen, kepeklerde topraklaşmaya neden olması gibi bazı dezavantajları mevcuttur. Ekstrüzyon işlemi etkili bulunmakla beraber yatırım maliyeti çok yüksektir. Ayrıca işletme maliyeti ve gerekli alet ekipman açısından da maliyetli olan ekstrüzyon işlemi, stabilizasyonun ekonomik olmamasına neden olmaktadır (Malekian ve ark., 2000). Bununla birlikte literatürdeki en yaygın pirinç kepeği stabilizasyon metodu ekstrüzyondur.



Şekil . Pirinç kepeğindeki bozunma yolları ve temel etmenleri (Malekian ve ark., 2000).

Stabilizasyon amaçlı pirinç kepeği ekstrüzyonu için kullanılan tipik koşullar 125-130 °C’de birkaç saniye ve hemen ardından 97-99 °C’de 3 dakika ısıl işlemdir (Malekian ve ark., 2000). Randall ve ark. (1985), bu şartlarda ekstrude edilen pirinç kepeklerini 4.5 ay 32 °C’de depolamış ve ham kepeğin SYA değeri bu sürede %80’in üzerine çıkarken stabilize kepekte herhangi bir artış olmadığını tespit etmişlerdir.

Sharma ve ark. (2004), pirinç kepeğini ısıtma ve ekstrüzyon yöntemleri ile stabilize etmişlerdir. Isıtma için, kepekler ince tabakalar halinde tavalara serpilmiş ve 120 °C’ye ayarlanmış fırında 30 dakika bekletilmiştir. Ekstrüzyon işlemi için ise 135-140 °C aralığında işleme tabi tutulan örnekler daha sonra 50 °C’de 24 saat boyunca kurutulmuş ve nem miktarının düşmesi sağlanmıştır. Her iki stabilizasyon işleminden sonra da kepekler daha ince partiküllü (0.32 mm) olarak öğütülmüş ve polietilen torbalarda ortam sıcaklığında depolanmıştır. 60 günlük depolama sonucunda ham pirinç kepeklerinde SYA değeri %4.05’ten %64.06’ya yükseltmiştir. Bununla birlikte kuru sıcak hava ve ekstrüzyon ile işlenen kepeklerdeki SYA değerleri sırasıyla %3.66’dan %9.15’e ve %3.85’ten %4.10’a yükselmiştir. Sonuçta ekstrüzyon işleminin kuru ısıtmaya göre daha etkili olduğu ve sıcak hava ile işlenen pirinç kepeğinin 30 gün, ekstrude edilen kepeğince 60 gün boyunca SYA değerinde önemli bir değişim gözlenmediği tespit edilmiştir. Stabilizasyon işleminin kepeğin; fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisinin de değerlendirildiği çalışmada indirgen, indirgen olmayan ve toplam şeker miktarının etkilenmediği, toplam yağ ve toplam kül miktarında artış gözlemediği ancak lisin ve fitik asit miktarında her iki stabilizasyon yöntemi sonucunda da önemli oranda kayıp gözlemediği belirtilmiştir. Ekstrude kepeğin, sıcak hava ile işlenen kepeğe göre daha koyu renkli, daha fazla su bağlama kapasitesine, daha düşük protein çözünürlüğüne ve daha düşük yağ absorbe etme yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Escamilla-Castillo ve ark. (2005), pirinç kepeği stabilizasyonu amacıyla kullandıkları ekstrüzyon işlemi üzerine pH’nın etkisini araştırmışlar ve bunun için başlangıç nemi %20, 30 ve 40 olan kepekler kuru ağırlık üzerinden %0, 1, 5 ve 10 düzeyinde hidroklorik asit ve kalsiyum hidroksit ilavesi yapmışlardır. Stabilize edilen kepekler 20-28 °C arasındaki ortam sıcaklığında muhafaza edilmiş ve SYA değerleri takip edilmiştir. 98 günlük depolama süreci sonunda asitlendirilerek ekstrude edilmiş kepeklerin SYA değeri, bazikleştirilerek ekstrude edilmiş ve pH’sı modifiye edilmemiş örneklere nispeten önemli miktarda daha düşük bulunmuştur (p<0.05). SYA değerinin en düşük bulunduğu örnekler başlangıç nemi %40’a ve pH’sı 2.2’ye ayarlanarak ekstrude edilmiş pirinç kepekleri olmuştur.

Kim ve ark. (1987), %9.5, 11 ve 15 başlangıç nemine getirdikleri pirinç kepeklerini 1 gece boyunca dengeye gelmesi için 4 °C’de bekletmiş ve sonra ekstrüzyon işlemine tabi tutmuşlardır. Lipaz enziminin 128 °C üzerindeki sıcaklıklarda tamamen inaktive edildiğini belirten araştırmacılar, ekstrude kepekte kalan lipaz aktivitesinin nem miktarına bağlı olmaksızın ekstruder sıcaklığı ile ters orantılı olduğunu tespit etmişlerdir.

Shin ve ark. (1997), pirinç kepeğini 110, 120, 130 ve 140 °C’de ekstrude ederek 1 yıl boyunca SYA değerini takip etmişlerdir. Ekstruder, ürünün 1.2 saniyede çemberden geçerek işlem sıcaklığında 0, 3 ve 6 dakika beklemesine uygun olarak dizayn edilmiştir. İşlem sonrasında stabilize kepekler plastik torbalara konarak ortam sıcaklığında depolanmıştır. 1 yıl sonunda kepeklerin SYA değerleri kontrol ve 110, 120, 130 ve 140 °C’de işlem görmüş örnekler için sırasıyla %65, 6.5, 4.7, 3.8, 3.2 olarak belirlenmiştir. 110 °C sıcaklıkta işlem gören örneklerin hidrolitik stabilitesi diğer sıcaklıklarda işlem görmüş örneklere göre anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Gama-orizanol ve E vitaminindeki değişimleri de inceleyen araştırmacılar, gama-orizanolün E vitamininden daha stabil olduğunu gözlemlemişlerdir. Hem işlem aşaması hem de bekletme aşaması için sıcaklık yükseldikçe gama-orizanol ve E vitamininde kayıp meydana geldiği tespit edilmiştir.

Fuh ve Chiang (2001), 130 °C’de 20 saniye ekstrude edilen ve 25 °C’de depolanan pirinç kepeklerinin 20 gün boyunca asit değerlerinde önemli bir değişim gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Mujahid ve ark. (2005), stabilizasyon amacıyla ekstrüzyon, kavurma ve antioksidan ekleme gibi yöntemler uygulamışlar ve bu işlemlerin 345 gün ortam sıcaklığında depolanan pirinç kepeklerinin SYA değeri, peroksit sayısı ve iyot sayısı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ekstrüzyon işlemi 135 °C’de 5 saniye boyunca uygulanmış ve işlem öncesi pirinç kepeklerine %6 düzeyinde su eklenmiştir. Kavurma işlemi ise buhar ceketli bir ısıtıcıda 4 aşamalı olarak gerçekleştirilmiş ve en son 105 °C’de 5 dakika bekletilmiştir. Çalışma sonuçları 345 günün SYA ortalaması olarak belirtilmiş ve bu değer ham kepekte 70 iken, ekstrude kepekte 50, kavrulmuş kepekte 60 olarak bulunmuştur. Ekstrude edilmiş kepeklerin peroksit sayısı ham kepek ve diğer metotlar ile stabilize edilmiş kepeklere kıyasla önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). İyot sayısı, genel olarak depolama boyunca artış göstermiştir ki bu sonuç doymamış yağ asitleri miktarının azaldığını göstermektedir. Bununla birlikte iyot sayısı, ekstrude edilmiş kepekte diğer yöntemlerle stabilize edilmiş kepeklere ve ham kepeğe kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca, antioksidan ekleme yönteminin stabilizasyon amacı ile uygulanmaya uygun olmadığı ve antioksidan eklenmiş kepeklerin söz konusu parametreler bakımından ham kepek ile benzer kompozisyona sahip olduğu belirtilmiştir.

Pirinç kepeğinin MW ile stabilizasyonu 1979 yılından bu yana üzerinde çalışılan bir konudur. Ancak, işlem istenilen düzeyde mükemmelleştirilememiştir. MW stabilizasyonda polar su molekülleri elektromanyetik dalgalar ile uyarılırlar ve dönme hareketi yaparlar. Sürtünme ile birlikte artan kinetik enerji ısı oluşumuna yol açar. MW işlemede su molekülleri önemli bir rol oynadığından, etkili bir stabilizasyon için pirinç kepeğinin başlangıçtaki nem miktarı çok önemlidir. MW ısıtma son yıllarda yapılan stabilizasyon işlemleri arasında en başarılı olanlardandır. Zaman ve enerji bakımından tasarruflu olan bu teknik, acılaşmayı önlemede etkili, işlem süresi kısa ve besin değeri üzerinde minimum negatif etkiye sahiptir. Ayrıca kepek rengi üzerinde de önemli bir değişime neden olmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte MW tekniğinin de endüstriyel düzeyde uygulanması sınırlıdır (Malekian ve ark., 2000).

Malekian ve ark. (2000), pirinç kepeğini MW (2450 MHz ve 550 W güçte 3 dakika) ve ekstrüzyon (125-130 °C'de 30 saniye ve takiben 97-99 °C'de 3 dakika) teknikleri ile stabilize etmişler ve 8 haftalık depolama sonucunda MW ile stabilize edilmiş pirinç kepeklerindeki SYA değerinin %3.2'den %3.9'a, ekstrüzyon ile stabilize edilenlerin ise %2.8'den %3.3'e çıktığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, vakum ambalajlama ve kilitli plastik poşette ambalajlamanın depolama boyunca SYA değerine etkisini de incelemişler ve vakum ambalajlamanın diğerine göre önemli bir avantajı olmadığını tespit etmişlerdir. Her iki yöntemle stabilize edilen pirinç kepeklerinin de su ve yağ absorpsiyon kapasitesi ham pirinç kepeğine göre düşük bulunmuştur. Bununla birlikte emülsifikasyon kapasitesi MW ile stabilize edilen pirinç kepeklerinde kontrole göre önemli bir değişim göstermezken, ekstrüde edilen kepeklerde düşmüştür ($p < 0.05$).

Ramezanzedah ve ark. (1999), pirinç kepeğini MW ile stabilize etmişler ve depolama sıcaklığının ve ambalaj tipinin kepeklerin SYA değeri üzerine etkisini araştırmışlardır. %100 güçle 3 dakika boyunca boş çalıştırılan MW fırında, 150 gramlık parçalar halinde nemi deiyonize su ile %21'e çıkartılmış pirinç kepekleri, 3 dakika boyunca 850 W güç ve 2450 MHz frekansta MW işlemine tabi tutulmuş ve stabilize edilmiştir. MW ısıtmadan sonra fırından çıkan örnek sıcaklığı 107 ± 2 °C olarak ölçülmüştür. Ambalaj tipi olarak kilitli plastik poşetler (zip-loc) ve vakum ambalajlar; depolama sıcaklığı olarak da 4-5 °C ve 25 °C denenmiş ve 16 hafta boyunca depolama yapılmıştır. 4 haftalık döngüler ile SYA değeri ölçülmüştür. 16 haftanın sonunda 25 °C'de depolanan ham pirinç kepeklerinin SYA değeri %2.5'tan %54.9'a (vakum ambalajda) ve %48.1'e (kilitli plastik poşetlerde) yükselmiştir. 4-5 °C'de depolanan ham kepek örneklerinde ise SYA değeri daha yavaş artış göstermiş ve 16 haftanın sonunda %2.5'tan; %25.4'e (vakum ambalajda) ve %19.5'e (kilitli

plastik poşetlerde) yükselmiştir. Buna karşılık, MW ile stabilize edilmiş ve 25 °C’de depolanan örneklerin SYA değeri %2.8’den %6.9’a (vakum ambalajda) ve %5.2’ye (kilitli plastik poşetlerde) yükselmiştir. Hem MW ile stabilize edilmiş hem de 4-5 °C’de depolanan kepeklerin SYA değerinde ise önemli bir değişim gözlenmemiştir. Sonuç olarak MW ile stabilize edilmiş kepekler için optimum depolama şartlarının 4-5 °C’de ve kilitli plastik poşetlerde elde edildiği bildirilmiştir.

Araştırmacılar, bir başka çalışmalarında da MW ile aynı şartlarda stabilize edilen kepeğin temel bileşenleri ve yağ asidi kompozisyonundaki değişimi incelemişlerdir. Hem 16 haftalık depolama süresinin hem de MW stabilizasyonunun pirinç kepeğin protein, yağ, linoleik ve linolenik asit içeriklerinde önemli bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte MW stabilizasyonunun kepeklerin rengini koyulaştırdığı ve pişmiş aromaya neden olduğu da belirtilmiştir (Ramezanzedah ve ark., 2000).

Lai ve ark. (2009), pirinç kepeği stabilizasyonu için MW kullanmış ve ön ısıtma yapılan MW fırına ve polietilen MW poşetleri içerisinde ve 100 gramlık parçalar halinde yerleştirdikleri pirinç kepeklerini 120 °C’de 3 dakika (2450 MHz, 550 W) stabilize etmişlerdir. Stabilizasyonun etkinliğini arttırmak için ortam sıcaklığında 1 gece beklettikleri pirinç kepeklerine ikinci defa aynı işlemi uygulayan araştırmacılar, bu şekilde ortam sıcaklığında şartlarda 6 haftalık bir raf ömrü elde edildiğini rapor etmiştir. Bu süre içerisinde SYA değerinin ham kepekte %3.8’den %18.4’e, MW ile stabilize edilen kepeklerde ise %3.1’den %3.6’ya yükseldiğini belirtmişlerdir.

Ahmed ve ark. (2007), pirinç kepeğini tavada kavurma, tavada yağ ile birlikte kavurma ve MW ile ısıtma yöntemleri ile stabilize etmeye çalışmışlardır. Tavada kavurma işlemi için 200 g pirinç kepeği 80 °C’ye gelene kadar düşük sıcaklıkta tutulmuş ve bu sıcaklığa ulaştıktan sonra aroma oluşumu için 7 dakika daha bekletilmiştir. Yağda kavurma işlemi için, 15 mL ayçiçek yağı ile birlikte örnek 7 dakika boyunca kavrulmuştur. MW işlemi ise 6 dakika boyunca uygulanmakla beraber, işlemin hangi güçte veya frekansta yapıldığı belirtilmemiştir. Stabilize edilmiş kepekler kilitli polietilen torbalara konarak ortam sıcaklığında 3 ay depolanmıştır. Isıl işlem görmüş kepeklerdeki SYA değeri 3 aylık depolama süresinin sonunda 1.6-2.5 kat artarken, hiçbir ısıl işleme tabi tutulmayan örneklerde 12-23 kat artmıştır. 3 farklı pirinç çeşidinden elde edilmiş kepek ile çalışan araştırmacılar, literatürdeki diğer çalışmalara kıyasla oldukça düşük SYA değerleri rapor etmişlerdir. 90 günlük depolama işleminin sonunda 3 farklı çeşide ait ham pirinç kepeğinin SYA değerlerinin %0.38’den %6.72’ye, %0.39’dan %8.90’a ve %0.25’ten %2.90’a yükseldiği belirtilmiştir. Araştırmacılar ayrıca, tavada kavrulmuş pirinç kepeklerini deney

farelerinin yemlerine %5 ve 10 oranlarında katmışlar ve hayvanların vücut ağırlık artışı, kalp, böbrek, karaciğer ve testis gibi organlarının ağırlık artışı, hemoglobin düzeyleri ve serum protein düzeylerini inceleyerek %10 düzeyine kadar SPK katkılı yemle beslemenin söz konusu özellikler üzerinde negatif bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir.

Thanonkaew ve ark. (2012), pirinç kepeğini etüvde 150 °C’de 10 dakika bekletme, tavada 150 °C’de 10 dakika kavurma, 130 °C’de 60 dakika buhar verme ve 800 W 2450 MHz’de MW ile ısıtma olmak üzere 4 farklı teknik ile stabilize etmişlerdir. Söz konusu stabilize kepeklerin soğuk pres ile yağı alınarak elde edilen pirinç kepeği yağları ekstraksiyon verimi, asitlik değeri, peroksit sayısı, gama-orizanol, toplam fenol, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite bakımından karşılaştırılmıştır. En yüksek yağ verimi sırasıyla sıcak hava, MW, kavurma, buhar verme ile stabilize edilen pirinç kepeklerinden en az yağ verimi de ham pirinç kepeğinden elde edilmiştir. En düşük SYA değeri ve peroksit sayısı sırasıyla MW, sıcak hava, kavurma ve buhar ile stabilize edilen örneklerde gözlenmiştir. Toplam fenol, flavonoid, gama-orizanol ve antioksidan aktivite bakımından da en yüksek sonuçlar MW veya sıcak hava ile stabilize edilen kepeklerden elde edilmiştir.

“Parboiling” adı ile bilinen çeltik formundaki tanenin buhara maruz bırakılması işlemi, kepek tabakası altındaki nişastanın jelatinize olmasını sağlayarak kırma işlemi sonucunda daha beyaz pirinç, daha az kırık tane ve daha lifli kepek elde edilmesini sağlar. Bu işlem, lipaz enzimlerini inaktive ederek stabilizasyon sağlamakla birlikte antioksidanların kaybına neden olmaktadır (Kahlon, 2009).

Lakkakula ve ark. (2004), pirinç kepeğini ohmik (elektriksel) ısıtma ile (10 g örnek, 100 V/cm² elektrik alan şiddeti ve 1 veya 60 Hz frekanstaki elektrik akımı) stabilize etmişler ve bu yöntemi Ramezanzedah ve ark.’nın (2000) MW yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Genellikle yüksek su ve düşük yağ miktarına sahip gıdalar için kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, elektriksel ısıtmanın pirinç kepeği stabilizasyonunda başarılı olduğu tespit edilmiş ayrıca, pirinç kepeği yağı ekstraksiyon verimini de kontrol örneklere nispeten yükselttiği bildirilmiştir (p<0.05). Kilitli plastik torbalarda ve ortam sıcaklığında depolanan örneklerdeki SYA değeri, 6 haftalık depolama süresinin sonunda ham kepekte %3.96’dan 18.03’e, MW ile stabilize edilen kepeklerde %2.80’den 3.89’a; başlangıç nemi %21’e çıkarılarak 60 Hz’lik elektrik akımına tabi tutulmuş kepeklere ise %3.25’ten %5.47’ye yükselmiştir. Bununla birlikte söz konusu metot, elektriksel iletkenliği düşük olan pirinç kepeğine başlangıç nemi yükseltilmeden uygulandığında iyi sonuçlar vermemiştir. Ayrıca, örnek hacmi çok küçüktür.

Loypimai ve ark. (2009), da lipaz inaktivasyonu için elektriksel ısıtmayı kullanmışlar ve bunun için başlangıç nemini %20, 30 ve 40'a ayarladıkları pirinç kepeklerini 50 Hz alternatif elektrik akımı ve 75, 150 ve 225 V/cm² elektrik alan gücünde stabilize etmişlerdir. Araştırmacılar, 4 °C'de 21 gün depoladıkları ham pirinç kepeğinin SYA değerinin %10'un üzerine çıktığını, buna karşılık farklı koşullarda elektriksel ısıtma ile stabilize edilen kepeklerin SYA değerinin %3 düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir. Başlangıç nemi %30-40'a getirilmiş ve 75-225 V/cm² elektrik alan gücünde stabilize edilen pirinç kepeklerinin fenolik bileşenler, α -tokoferol ve gama-orizanol verimlerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Pirinç kepeğinin gama-ışınları ile 5, 10 ve 15 kGy dozlarda ışınlanarak yağ asidi kompozisyonu ve antioksidan kapasite değişiminin incelendiği bir çalışmada ham pirinç kepeği ile 5 kGy dozunda ışınlanmış pirinç kepeğinin SYA değerlerinde depolama boyunca önemli bir farklılık gözlenmediği bildirilmiştir ($p>0.05$). Işınlama dozunun 10 ve 15 kGy'e yükseltilmesi ise SYA değerinde artışa neden olmuştur ($p<0.05$). Bu sonuç, γ -ışınlamanın söz konusu dozlarda lipolitik enzimleri inaktive edememesine atfedilmiştir. Bununla birlikte 15 kGy düzeyinde ışınlanmış pirinç kepeklerinin linoleik ve linoleik asit miktarının ham kepeğe göre önemli düzeyde düşük bulunduğu bildirilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca ışınlamanın pirinç kepeğindeki gama-orizanol ve E vitamini gibi antioksidanlara da zarar verdiği tespit edilmiştir. Işınlama sonrası yapılan ölçümlerde E vitamininde %50 ile 82 arasında, gama-orizanol miktarında ise %12-33 arasında kayıp gözlenmiştir. Sonuç olarak γ -ışınlamanın pirinç kepeği stabilizasyonu için uygun bir yöntem olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, 52 haftalık depolama süresince de E vitamininde %10 ile 35 arasında, gama-orizanol miktarında ise %39 ile 42 arasında kayıp olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ışınlama dozu arttıkça, toplam tokotrienollerin, toplam tokoferollere kıyasla daha fazla parçalandığı ve gama-orizanolün tokoferol ve tokotrienollere göre ışınlamaya karşı daha stabil bir davranış sergilediği rapor edilmiştir (Shin ve Godber, 1996).

Yukarıda sözü edilen stabilizasyon metotlarının dışında, hidrolitik bozunma hızını düşürmek için soğukta muhafaza, lipaz aktivitesini azaltmak amacıyla pH düşürme ve sodyum metabisülfid gibi kimyasallar ilave etme gibi yöntemlerin de pirinç kepeğinin raf ömrünü arttırmak için kullanıldığı bildirilmiştir (Orthofer, 2005).

Ayrıca, fenilboronik asit (Raghavendra ve Prakash, 2002), çinko, bakır, demir ve nikel gibi metal iyonları (Munshi ve ark., 1993) ve kafeik ve klorojenik asit gibi fenolik asitlerin (Raghavendra ve ark., 2007) pirinç kepeği lipazı üzerinde inhibitör etkisi olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur.

2.4. Stabilize Pirinç Kepeğinin Kullanım Alanları

Pirinç kepeğinin hem *in vitro* hem deney hayvanları hem de insanlar üzerinde yapılan çalışmalar ile pek çok yararlı etkisi ortaya konmuştur. Dolayısıyla kahverengi pirinç tüketimi beyaz pirinç tüketimine göre çok daha sağlıklıdır. Bununla birlikte tüm dünyada beyaz pirincin tüketilme eğilimi çok daha fazladır. Beyaz pirincin pişme süresi 20 dakika iken, kahverengi pirincin pişme süresi 45 dakikadır. Bu nedenle tüketiciler hem kahverengi pirincin besin değeri üstünlüğü hakkında daha fazla bilgilendirilmeli hem de kahverengi pirincin pişme süresini kısaltacak yeni teknikler üzerinde çalışılmalıdır (Kahlon, 2009). Günümüzde yan ürün olarak açığa çıkan pirinç kepeğinin çok az bir kısmı stabilize edilerek değerlendirilmektedir. Bununla birlikte SPK ya da bileşenlerinin ticari formu da mevcuttur. Her durumda, doğrudan hayvan yemi olarak kullanımına kıyasla stabilizasyonun katma değeri oldukça fazladır (Kahlon, 2009).

Pirinç kepeği, açık renkli, hafif tatlı, çokça yağlı ve hafif kavrulmuş fındık aromasına sahip bir üründür (Malekian ve ark., 2000). SPK'nın başta hazır gıdalar, nutrasötikler ve fonksiyonel gıdalar olmak üzere pek çok kullanım alanı mevcuttur. Dünyadaki en yaygın gıda uygulamaları çerez benzeri gıdalar, fırın ürünleri, krakerler, pastalar, hamur geliştiriciler, içecekler, glutensiz gıdalar ve medikal gıdalardır. ABD'nde elde edilen pirinç kepeklerinin %15-20 kadarı pirinç kepeği yağı eldesinde kullanılmaktadır (Kahlon, 2009). Bazı ülkelerde at yemi katkısı olarak da kullanımı mevcuttur. Ayrıca gübre olarak ve yakıt üretiminde kullanıldığı da bildirilmiştir (Abdul-Hamid ve ark., 2007). Latin Amerika ülkelerinde kar amacı gütmeyen bir Amerikan Tarım Bakanlığı projesi olarak, okul öncesi çocuklara pirinç kepeğinden yapılmış besleyici bir içecek dağıtılmaktadır. Pirinç kepeği içeceği, izotonik içecekler, buzlu çay, zenginleştirilmiş meyve suları, mineral destekleri ve sporcu içeceklerinde de kullanılmaktadır. Ayrıca organik olarak üretilmiş pirinçten süte alternatif olarak "pirinç sütü" yapılmakta ve satılmaktadır. Dünyanın çeşitli bölgelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeğinden farklı türlerde pek çok içecek yapılmakta ve tüketilmektedir (Kahlon, 2009). Bununla birlikte ticari olarak mevcut ürün yelpazesi incelendiğinde SPK'nın mevcut hali ile B vitamini kompleksi ve diyet lifi desteği olarak tüketiciye sunulduğu da gözlenmiştir. Ayrıca, farklı partikül çapı ve enzim muameleleri ile özellikle emülsiyon tipi et ürünleri sektöründe tekstür iyileştirici olarak yer bulduğu tespit edilmiştir. Pirinç kepeği protein kompleksi ve pirinç kepeği yağı da ticari olarak mevcut olan ürünler arasındadır.

SPK'nın doğrudan ingrediyan olarak kullanıldığı ürünler genellikle fırın ürünleridir. Sekhon ve ark. (1997), yağı alınmış ve alınmamış SPK'yı %5, 10 ve 15 oranlarında ekmeğe

katmış ve bazı özelliklerini incelemişlerdir. Her iki tip pirinç kepeği için de %5 üzerindeki katkı dozları ekmek hacimlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüşe neden olmuştur ($p<0.05$). %15 dozunda yağı alınmış ve alınmamış pirinç kepeği katkılı ekmeklerin hacimlerdeki azalma oranı sırasıyla %23 ve %15 olarak tespit edilmiş ve bu durum, kepekteki yüksek lif oranına atfedilmiştir. Yağı alınmış pirinç kepeği, ekmeklerin duyuşal olarak kabul edilebilirlik derecesini, yağı alınmamış pirinç kepeğine nispeten daha fazla düşürmüştür ($p<0.05$). Yağı alınmamış pirinç kepeği ile %5 oranında katkılanmış ekmeklerde, ekmeklik kalite ve duyuşal özellikler bakımından kontrole karşı neredeyse hiçbir farklılık gözlenmemiş, %10 oranında katkılı ekmekler de ekmeklik özellikleri ve tüketici beğenilirliği bakımından kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur.

Ajmal ve ark. (2006), tava ekmeğine %5, 10, 15 ve 20 düzeyinde yağı alınmış pirinç kepeği katmışlar ve ekmekleri 24, 48, 72, 96 ve 120 saat boyunca depolamışlardır. Tüm katkı düzeylerinde, ekmeklerdeki protein, kül, lif ve mineral içeriği artmış, nem miktarı önemli düzeyde düşmüş ve yağ miktarında bir değişim gözlenmemiştir. Ekmek hacmi, kabuk rengi, kabuk karakteri, tat-aroma ve tekstür bakımından en iyi sonucu %5 pirinç kepeği (yağı alınmış) katkılı ekmekler vermiştir.

De Delahaye ve ark. (2005), %26 oranında diyet lifi içeren SPK'yı %5 ve %10 oranında pizza hamuruna katarak 60 gün boyunca -18 °C'de depolamışlardır. Pizza hamurları 0., 30. ve 60. günlerde fonksiyonel ve duyuşal özellikleri bakımından incelenmiştir. Kontrol (sadece buğday unu ile yapılmış pizza hamuru) ve %5 ile 10 oranında SPK katkılı pizza hamurlarının reolojik özellikleri (farinogram değerleri) incelenmiş ve kepek katkısı ile gelişme süresinin uzadığı, su kaldırma kapasitesinin ve stabilitenin düştüğü bildirilmiştir. Bununla birlikte katkı dozu ile doğru orantılı olarak, hamurların ham yağ, toplam kül ve suda çözünmeyen diyet lif miktarlarında anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre ise %5 SPK katkılı pizzaların tüketiciler tarafından beğenilirliğinin yüksek olduğu ve bunların 60 gün boyunca -18 °C'de stabil kaldığı bildirilmiştir.

Faccin ve ark. (2009), pastörize edilmiş organik pirinç kepeği içeceği geliştirerek kimyasal ve reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Mineral ve doymamış yağ asidi bakımından oldukça zengin olduğu belirtilen içeceğin tüm esansiyel amino asitleri içerdiği bildirilmiştir. Bu amino asitlerden miktar bakımından en baskın olanları glutamik ve aspartik asit olarak tespit edilmiştir. Üretilen içeceğin pH'sı nötral bölgede olduğundan patojen mikroorganizma riskine karşı kaynar su banyosunda 15 ve 30 dakikalık 2 farklı pastörizasyon işlemi yapılmış ve mikrobiyal güvenlik açısından 15 dakikalık pastörizasyon

işleminin dahi yeterli olduğu belirtilmiştir. Yapılan duyuşal ve kimyasal analizler sonucunda, buzdolabı şartlarında 20 gün raf ömrü olduğu tespit edilen organik pirinç kepeği ieeğinin viskozitesinin ise Newtonian akışkanlara uygunluk gösterdiği belirtilmiştir. Organik pirinç kepeği ieeği, duyuşal olarak panelistler tarafından toplamda 9 üzerinden 6'nın üzerinde puan almıştır. Bu alternatif ieeğin; gluten ve laktoz içermemesi ve şeker ilavesiz üretilmesi nedeniyle her gruptan tüketiciye hitap edebileceği belirtilmiştir. Ayrıca ilek ve kakao aromalı olarak da üretilen pirinç kepeği ieekleri tüketiciler tarafından beğenilmiştir.

Shih ve Daigle (2003), kahverengi pirinç, pirinç kepeği ve pirinç kepeği yağını ağırlık üzerinden %15 oranda kıymaya katarak 15 gün boyunca raf ömründeki değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar, kahverengi pirinç ve pirinç kepeğinin lipid oksidasyonunu anlamlı düzeyde geciktirdiği fakat pirinç kepeği yağının katkılanan diğer ürünlere nispeten daha az etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Nanua ve ark. (2000), %3.6 yağ içeren süte %0.1 dozunda pirinç kepeği yağı katarak sütü konsantre etmişler ve nihayetinde süt tozu yapmışlardır. Süt tozu, 40 gün boyunca 45 °C'de depolanarak oksidatif stabilitesi, renk ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak %0.1 dozundaki pirinç kepeği yağı katkısının süt tozunda oksidasyonu önemli düzeyde geciktirdiği, aromasına negatif bir etki yapmadığı ve renk değerlerinden *b** değerini (sarılık) arttırdığı bildirilmiştir.

Farhoosh ve Esmailzadeh Kenari (2009), pirinç kepeği yağı ve susam yağı ile farklı oranlarda katkılanan ve 180 °C'de patates kızartmak için kullanılan kanola yağının oksidatif stabilitesinin %3 susam ve %3 pirinç kepeği yağı katkısı ile anlamlı düzeyde arttığını bildirmişlerdir ($p<0.05$).

Chotimarkorn ve ark. (2008), SPK'yı metanol ile 12 saat boyunca karıştırmışlar ve karışımı filtre edip, metanolü buharlaştırarak pirinç kepeği ekstraktı elde etmişlerdir. Ekstraktları %0.025, 0.05 ve 0.1 oranında tuna balığı yağına katarak 30 °C'de 30 gün boyunca depoladıkları yağın oksidatif stabilitesini, bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) katılmış yağ ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, pirinç kepeği ekstraktı dozu arttıkça yağların oksidatif stabilitesinin iyileştiği ve depolama boyunca lipid peroksidasyonunun önemli düzeyde geciktiği bildirilmekle beraber, BHT, oksidasyonu geciktirmek bakımından pirinç kepeği ekstraktından daha etkili bulunmuştur ($p<0.05$).

Pirinç kepeği yağı, linoleik ve oleik asit kompozisyonunun dengede olması, linolenik asit miktarının düşük olması ve E vitamini ve gama-orizanol gibi kuvvetli antioksidanlar içermesi nedeniyle oksidatif olarak stabil ve dumanlanma noktası yüksek bir yağ olduğundan diğer bitkisel yağlara kıyasla iyi bir kızartma yağıdır (Shin ve ark., 1997; Orthofer, 2005).

Kızartma uygulamalarında pirinç kepeği yağının yer fıstığı ve pamuk tohumu yağına eşdeğer oksidatif stabilitesi olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kışlanmış kepek yağı salata sosları ve mayonez yapımında da kullanılmaktadır (Orthofer, 2005).

Pirinç kepeğinin sağlığa yararlı etkileri, önemli ölçüde yağında bulunan maddelerden kaynaklanmaktadır. Pirinç kepeği yağının kolesterol düşürücü etkisinin araştırıldığı çalışmalarda, yağı alınmış pirinç kepeği ile beslenen farelerdeki kolesterol düşürücü etki, tam yağlı pirinç kepeği ile yapılan deneylere kıyasla oldukça düşük bulunmuştur (Kahlon ve Chow, 2001). Ayrıca, pirinç kepeğinin kolesterol düşürücü ve kalp hastalıklarına karşı koruyucu etkisinin yulaf kepeğinden daha iyi olduğu da belirtilmiştir (Malekian ve ark., 2000). Pirinç kepeği yağı, Japonya, Kore, Çin, Tayvan, Tayland ve Pakistan gibi Asya ülkelerinde tüketilmektedir. Pirinç kepeği yağının gıda dışında da ve özellikle kozmetik sanayiinde çeşitli uygulamaları mevcuttur (Orthofer, 2005). Adhikari ve ark. (2010), pirinç kepeği yağının enzimatik interestifikasyon yolu ile trans yağ asidi içermeyen margarin yapımında kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, pirinç kepeği yağının biyodizel üretiminde kullanılabilecek iyi bir kaynak olduğu da belirtilmiştir (Ju ve Vali, 2005; Saravanan ve ark., 2008; El Boulifi ve ark., 2013).

Zengin besin öğelerinin yanı sıra pirinç kepeğinin su ve yağ bağlama, emülsifiye etme, ve köpürme gibi fonksiyonel özellikleri de bulunmaktadır. Pirinç kepeğindeki suda çözünebilir lif, katılan ürünün tekstür, jelleşme, kıvamlaştırma ve emülsifiye etme özelliklerini etkilemekte, suda çözünmeyen lif ise pirinç kepeğinin su bağlama kapasitesini yükseltmektedir. Model çalışmalar 100 g kepeğin yaklaşık 200 g su bağladığını belirtmektedir. Bu özellik fırın ürünlerinde nemin tutulmasına ve tazeliğin korunmasına yardım eder. Yüksek yağ bağlama kapasitesi de et ürünleri için istenen bir özelliktir. Böylece sululuk ve ağız hissi iyileşir. Ayrıca yağı alınmamış pirinç kepeği daha az yağ bağlama özelliğine sahip olduğundan donut ve pankek gibi yağda pişen ve fazla yağ çekmesi istenmeyen ürünlerde de kullanılabilir. Model sistemlerde 100 g pirinç kepeğinin 150 g yağ bağladığı bildirilmiştir (Malekian ve ark., 2000).

Pirinç kepeğinin hem su hem de yağ bağlama kapasitesinin %70 soya proteini konsantresi gibi ticari ürünlerle kıyaslanabilir düzeyde olduğu belirtilmiştir (Barber ve Benedito de Barber, 1980). Pirinç kepeği protein konsantratlarının emülsifikasyon aktivitesi, stabilitesi ve kapasitesinin yüksek olduğu bildirilmiştir. En yüksek emülsifikasyon kapasitesi 150 mL/g olarak 10.5 pH'da elde edilmiştir. Bu özelliğinden dolayı gıdalardaki yağ emülsiyonlarında kullanım olanağı bulunmaktadır (Malekian ve ark., 2000). Pirinç kepeği proteinlerinin yenilebilir film yapımında kullanıldığı da belirtilmiştir (Adebiyi ve ark., 2008).

Köpürme, fırın ürünleri, kremler ve bazı tip soslar için kabarmayı sağlamak, tekstürü iyileştirmek ve havayı sistemin içine katarak köpük oluşturmak gibi amaçlarla istenen bir özelliktir. Ekstrude edilmiş ve yağı alınmış pirinç kepeğinin %115.5 oranında köpürme kapasitesine sahip olduğu ve sözü edilen amaçlara ulaşmak için hububat kepekleri içerisinde kullanılabilir en iyi seçenek olduğu belirtilmiştir. Yağı alınmadan ekstrude edilmiş pirinç kepeği ile ham pirinç kepeğinin köpürme özelliği göstermediği bildirilmiştir (James ve Sloan, 1984).

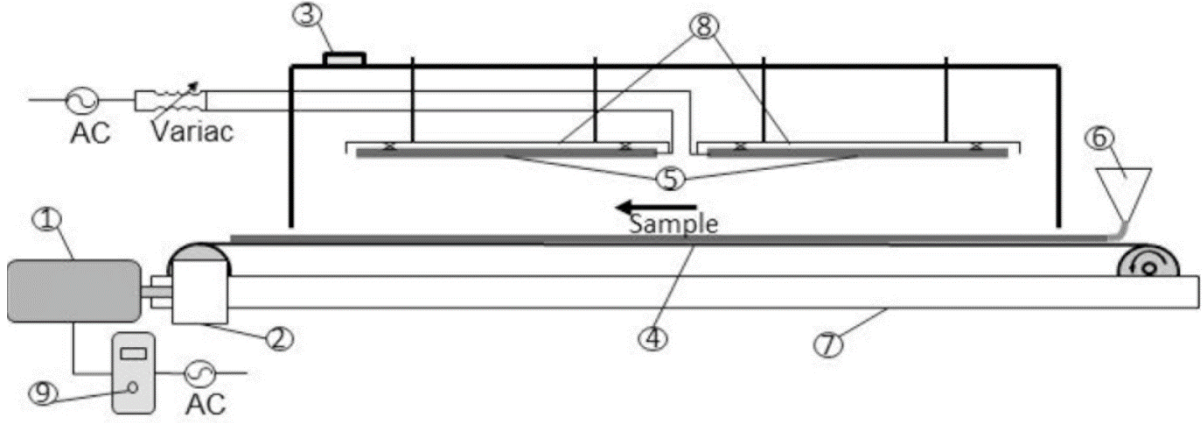
SPK'nın, bileşen olarak kullanıldığı ürünlerin raf ömrüne ve organoleptik özelliklerine herhangi bir negatif etkisi olmadığı rapor edilmiştir. SPK katkı oranı sırasıyla %60 ve %40 olan yemler civciv ve domuz beslenmesinde kullanılmış ve hayvan sağlığı üzerinde negatif bir etkiye neden olmadığı bildirilmiştir (Kahlon, 2009).

BÖLÜM 3**MATERYAL VE YÖNTEM****3.1. Pirinç Kepeği**

Stabilizasyon denemeleri için gerekli olan çeltik örnekleri (Osmancık çeşidi) Çanakkale Umurbey beldesinde faaliyet gösteren Özer Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti.'nin silolarından kuru olarak temin edilmiştir. Bu çeltiklerden pirinç kepeği elde etmek için, laboratuvar tipi çeltik randıman makinesi (Yaşar Makina, Ürün Kodu: CRM-1252T Samsun, Türkiye) iki aşamalı olarak kullanılmıştır. Çeltiklerden öncelikle kavuz uzaklaştırılarak kahverengi pirinç elde edilmiş ve daha sonra kahverengi pirinç fırçalanarak pirinç kepeğinin ayrılması sağlanmıştır. Elde edilen pirinç kepeği kısmen kavuz da içerdiğinden 20 mesh çapa sahip elekten geçirildikten sonra hemen stabilize edilmiştir.

3.2. Infrared Stabilizasyon Düzeneği

Çalışmada kullanılmak üzere tasarlanan IR stabilizasyon düzeneğinin şematik görünümü Şekil 3'te sunulmuştur. Stabilizasyon düzeneği kapalı krom bir kabinden oluşmakta olup, üst kısmında yüksekliği ayarlanabilecek şekilde monte edilmiş her biri 40 cm boyunda 2 adet kısa dalga (1-1.4 µm) IR lamba, alt kısmında her iki tarafından tambura bağlı, antistatik malzemeden üretilmiş teflon kaplı sonsuz bir bant (uzunluk: 2500 mm, genişlik: 200 mm ve kalınlık 0.36 mm), sağ tarafında pirinç kepeklerinin ince bir tabaka halinde bant üzerine dökülmesine olanak veren bir yükleme ünitesi ve sol kısmında tamburu döndüren bir redüktörlü motor ile sistem elemanlarını yönetmeyi sağlayan bir kontrol ünitesi mevcuttur (Şekil 3). Kontrol ünitesi ise, IR lambaların gücünün yani dolayısıyla IR radyasyon yoğunluğunun istenilen düzeyde ayarlanmasına olanak veren bir gerilim değiştirici (220 V, AC dimmer, 4000 W, RTM Elektronik, İstanbul, Türkiye), kullanılan redüktörlü elektrik motorunun dönüş hızının ayarlanmasını sağlayan bir hız kontrol cihazı (elektronik varyatör) (Power Flex 4M, Allen-Bradley-Rockwell Automation, Milwaukee, WI, ABD). ve işlem boyunca tüketilen enerji miktarını belirlemeye yarayan bir elektrik sayacından (EC058, Electromed, Ankara, Türkiye). oluşmaktadır. Stabilizasyon işlemi sırasında pirinç kepeğinden buharlaşacak nemin uzaklaştırılması ve hava sirkülasyonunun sağlanması için düzeneğin üst kısmında bir fan bulunmaktadır.



Şekil . Laboratuvar tipi stabilizasyon düzeneğinin şematik gösterimi.*

*1. Elektrik motor, 2. Redüktör, 3. Fan, 4. Konveyör, 5. Infrared lamba, 6. Yükleme ünitesi
7. Şase, 8. Yansıtıcı, 9. Elektronik varyetör

3.3. Stabilizasyon Deneme Planı

Stabilizasyon işlemine etki eden iki faktör mevcuttur. Bunlar, IR lamba gücü veya radyasyon yoğunluğu ile işlem süresidir. Bu faktörlerden stabilizasyon için kullanılacak IR lamba gücü, 200 ile 900 W arasındaki güçler olarak belirlenmiş söz konusu değerlerin altında ve üstündeki değerler çok düşük veya çok yüksek radyasyon yoğunluklarına denk geldiği için uygun görülmemiştir. Seçilen IR lamba güçlerine denk gelen radyasyon yoğunlukları (birim alan düşen radyasyon miktarı) pyranometre cihazı (CMP 11, Kipp & Zonen, Hollanda) ile ölçülmüştür. Yine ön denemeler sonucu belirlenen işlem süreleri 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.2, 6.3, 7.2, 8.3 ve 10.0 dakikadır. Pirinç kepeğinin IR radyasyonun etkisinde kalma süreleri için hız kontrol cihazının ayar kademelerine bağlı olarak 20 işlem süresi denenmiştir. Bu işlem sürelerinin bazıları çok yakın değerlere sahip olduğu için mümkün olan eşit aralıklarda 9 adet işlem süresi seçilmiştir

Stabilizasyon işleminin her iki faktörü için de kullanılacak aralık tespit edildikten sonra, bu faktörlerin kombinasyonlarından oluşan bir ön deneme yapılmıştır. Ön deneme planı Çizelge 1’de belirtilmiştir. Bununla birlikte bazı stabilizasyon şartlarında pirinç kepeklerinde pişmiş veya yanık tat ve koku ile kavruk renk gözlenmiş ve söz konusu stabilizasyon şartları deneme planından çıkartılarak esas denemede kullanılmamıştır. Esas stabilizasyon denemesi 2 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Pirinç kepekleri stabilize edildikten sonra ortam sıcaklığına kadar soğuması beklenmiş ve her bir stabilizasyon koşulu için her 15 günde bir açılmak üzere 12 ayrı kilitli plastik torbaya paylaşılırak etiketlenmiştir. Kepekler, karanlık, kuru şartlarda ve sıcaklığı klima ile 25 °C’ye ayarlanmış odada 6 ay

boyunca depolanmıştır. Depolama boyunca her 15 günde bir SYA, renk ve su aktivitesi analizleri yapılmıştır.

Çizelge . Stabilizasyon ön deneme planı

Infrared lamba gücü (W)	Karşılık gelen radyasyon yoğunlukları (W/cm ²)	İşlem Süresi (dk)									
		1	2	3	4	5.2	6.3	7.2	8.3	10	
200	480	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
300	872	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
400	1280	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
500	1745	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
600	2155	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
700	2800	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
800	3222	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
900	3691	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	

3.4. Deneme Yöntemi ve Süreçleri

Bu çalışma temel olarak 3 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde ön denemeler ile belirlenerek seçilen şartlarda pirinç kepeği stabilizasyonu yapılmış ve ham ile stabilize kepekler 6 ay boyunca depolanarak her 15 günde bir söz konusu analizler yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde 6 aylık depolamanın sonunda SYA değeri en düşük bulunan 10 pirinç kepeğinin stabilize edildiği şartlar seçilmiştir. Depolamanın etkisini ortadan kaldırmak için söz konusu 10 stabilizasyon koşulunda tekrar stabilizasyon yapılmış ve IR stabilizasyonun pirinç kepeğinin besin öğelerine etkisini belirlemek amacıyla nem, kül, yağ, protein, toplam ve suda çözünebilir lif, fitik asit, tokoferol, gama-orizanol, yağ asidi kompozisyonu, B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminleri, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fenolik asit kompozisyonu analizleri yapılmıştır. Üçüncü bölüm için, söz konusu 10 stabilizasyon koşulu içerisinde, pirinç kepeğinin acılaşmadan dayanabileceği en uzun süreyi sağlayan ve kepeğin besin öğelerinde en az kayba neden olan tek stabilizasyon koşulu seçilmiştir. Taze ham kepek bu seçilen koşulda stabilize edilmiş ve SPK; beyaz ekmek, kepekli ekmek, tam buğday unlu ekmek ve kraker olmak üzere 4 farklı ürüne 3 farklı dozda katkılanmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünü bu ürünlerin yapılması ve farklı dozlarda SPK

katkısının bu ürünlerin fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri ile besin öğeleri üzerine etkisinin incelenmesi oluşturmaktadır.

3.5. Analiz Yöntemleri

3.5.1. Nem tayini

Kepeklerde nem tayini AACC Metot No: 44-15A'ya göre etüvde 130 °C'de yapılmıştır (AACC, 2000). Ekmeklerde nem tayini ise iki aşamalı olarak AACC Metot No: 44-15'e göre yapılmıştır (AACC, 2000).

3.5.2. Ham yağ tayini

Ham yağ tayini solvent olarak petrol eter ve hegzan karışımı kullanılarak Soxhlet düzeneği yardımı ile yapılmış ve örnekler en az 10 saat boyunca düzenekte tutulmuştur.

3.5.3. Ham protein tayini

Protein tayini AACC Metot No: 46-12'ye göre makro Kjeldal yöntemi ile yapılmış ve faktör olarak 5.7 kullanılmıştır (AACC, 2000).

3.5.4. Toplam kül tayini

AACC Metot No: 08-01'e göre kül fırınında yapılmıştır (AACC, 2000).

3.5.5. Mineral madde kompozisyonu tayini

Mineral madde kompozisyonu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Laboratuvarından hizmet alınarak yapılmıştır. 0.3 g örnek 15 mL nitrik asit ile yakılarak 50 mL hacme tamamlanmış ve İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) (Pelkin Elmer, Optima 8000, MA, ABD) ile analiz edilmiştir. Fosfor analizi ise AOAC Metot No: 995.11'e göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır (AOAC, 2000). 0.5 g pirinç kepeği üzerine 0.5 g ZnO eklenerek yaş yakma ve külleştirme işlemi yapılmıştır. Kül, üzerine 5 mL su ve 5 mL hidroklorik asit konarak 5 dakika kaynatılmış ve ardından %50 KOH ile nötrlenmiştir. Elde edilen ekstrakt 100 mL'lik bir balon jøjeye transfer edilerek ölçüsüne tamamlanmıştır. Buradan 0.5 mL ekstrakt alınarak 50 mL'lik balon jøjelere transfer edilmiş, üzerine 20 mL molybdat-askorbik asit solüsyonu eklenerek 15 dakika kaynar su banyosunda bekletilmiştir. Balon jøjeler, soğutulduktan sonra ölçüsüne tamamlanmış ve UV-VIS spektrofotometrede 823 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Hesaplamalar için KH₂PO₄ standart madde olarak kullanılmış ve bilinen fosfor konsantrasyonlarına karşılık gelen absorbanslar grafiğe aktararak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Sonuçlar, mg/100 g kepek veya ekmek olarak ifade edilmiştir.

3.5.6. Suda çözünebilir ve toplam diyet lif tayini

Suda çözünebilir ve toplam diyet lif tayini AACC Metot No: 32-07'ye göre yapılmıştır (AACC, 2000). Enzimatik-gravimetrik ölçüme dayanan bu yöntem için α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimlerinden oluşan ticari enzim kiti (Megazyme International, Bray, Co. Wicklow, İrlanda) kullanılmıştır. Kısaca, 1.000 ± 0.005 g yağı alınmış örnek tartılmış ve üzerine 40 mL MES-TRIS tamponu (pH 8.2) ilave edilerek sırasıyla termostabil α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile belli sıcaklıklarda inkübe edilmiştir. Ekstrakt, sabit tartıma getirilmiş Goosh krozeden süzülüp yıkanarak suda çözünmeyen diyet lif elde edilmiştir. 1 gece boyunca $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulup sabit tartıma geldikten sonra tartılmıştır. Alta geçen süzüntü ise $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılmış %95'lik etanol ile çöktürülerek sabit tartıma getirilmiş başka bir Goosh krozeden filtre edilip yıkanarak suda çözünebilir lif elde edilmiştir. 1 gece boyunca $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulup sabit tartıma geldikten sonra ölçüm yapılmıştır.

3.5.7. Fitik asit tayini

Fitik asit AOAC Metot No: 986.11'e göre yapılmıştır (AOAC, 2000). 2 g pirinç kepeği üzerine 40 mL %2.4'lük HCl ilave edilerek 3 saat ortam sıcaklığında çalkalanmıştır. Filtre edilen ekstraktan 1 mL alınarak üzerine 1 mL $\text{Na}_2\text{EDTA-NaOH}$ çözeltisi eklenmiş ve saf su ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. Ekstrakt, daha önceden 0.5 g anyon değiştirici resin konarak sırasıyla 15 mL 0.7 M NaCl ve 15 mL su ile koşullanmış cam kolondan geçirilmiş ve 15 mL 0.7 M NaCl ile elue edilmiştir. Eluat üzerine 0.5 mL H_2SO_4 ve 3 mL HNO_3 eklenerek yaş yakma yapılmış ve fitat fosforunun serbest kalması sağlanmıştır. Yakılmış ekstrakt 50 mL'lik balon jöjeye transfer edilmiş, üzerine 2 mL molybdat ve 1 mL sulfonik asit solüsyonları ilave edildikten sonra saf su ile ölçüsüne tamamlanmış ve 15 dakika inkübe edildikten sonra UV-VIS spektrofotometre ile 640 nm de absorbansı ölçülmüştür. Standart olarak KH_2PO_4 kullanılmış ve AOAC metodunda yer alan formül üzerinden hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar, mg fitat olarak ifade edilmiştir.

3.5.8. Renk değerleri tayini

Renk değerleri Minolta CR-400 model kolorimetre kullanılarak (Minolta Co., Osaka, Japonya) CIE $L^*a^*b^*$ sistemine göre tayin edilmiştir. Bu değerlerden hesaplanarak elde edilen diğer renk karakteristiklerinin formülleri aşağıda verilmiştir (Chen ve ark., 1997).

$$\text{Kroma (doygunluk)} = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2} \quad (3.1)$$

$$\text{Kırmızılık} = a^* / b^* \quad (3.2)$$

$$\text{Beyazlık değeri} = 100-[(100-L^*)^2+a^{*2}+b^{*2}]^{1/2} \quad (3.3)$$

$$\Delta E (\text{Toplam renk değişimi}) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.4)$$

3.5.9. Su aktivitesi tayini

Ham ve stabilize kepeklerin su aktiviteleri AquaLab (AquaLab4TE, Decagon Devices, ABD) cihazı ile 25 °C sıcaklıkta ölçülmüştür.

3.5.10. Enerji tüketimi

Esas deneme planında yapılan pirinç kepeği stabilizasyonu esnasında tüketilen enerji miktarı, stabilizasyon düzeneğinin kontrol ünitesinde yer alan bir monofaz elektronik elektrik sayacı (Electromed, EC058, Ankara, Türkiye) vasıtası ile ölçülmüştür. Toplam enerji tüketimi IR lambaların ve tamburu döndüren elektrik motorunun harcadığı enerji olarak tanımlanmış ve 1 kg pirinç kepeğini stabilize etmek için harcanan enerji miktarı olarak ifade edilmiştir (kWh/kg).

3.5.11. Serbest yağ asitliği tayini

SYA titrimetrik yöntemle AOCS Metot No: Ca 5a-40'a göre ve kısmen modifiye edilerek yapılmıştır (AOCS, 1997). 5 g pirinç kepeği 40 mL etanol:dietileter (50:50, v/v) ile 10-15 dakika boyunca orbital çalkalayıcıda 200 rpm de karıştırıldıktan sonra 8000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiş ve erlenlere transfer edilen supernatant fenolfitaleyn indikatörlüğünde 0.01 veya 0.05 N potasyum hidroksit ile titre edilmiştir. Analiz sonuçları % oleik asit cinsinden ifade edilmiştir. Hesaplamada kullanılan formül aşağıda gösterilmiştir.

$$\% \text{Serbest yağ asitliği} = \frac{\text{Sarf KOH} * \text{Normalite KOH} (0.01) * 0.282}{\text{Örnek (5 g kepekteki yağ) miktarı}} * 100 \quad (3.5)$$

3.5.12. Gama-orizanol tayini

Gama-orizanol tayini Tuncel ve Yılmaz'a (2011) göre yapılmıştır. 0.5 g kepek santrifüj tüplerine transfer edilmiş üzerlerine 40 mL etilasetat ve diklorometan (50:50, v/v) ilave edilerek 1.5 saat boyunca 40 °C'de orbital çalkalayıcıda karıştırılmıştır. 9000 rpm de 10 dakika boyunca santrifüj edilen ekstraktlardan elde edilen supernatant 40 °C'de döner vakumlu buharlaştırıcıda uçurulmuş ve kalıntı 5 mL diklorometanda çözülerek 0.45 µm membran filtreden süzölmüş ve HPLC viallerine aktarılarak enjeksiyon yapılmıştır. Ayırım

Zorbax Eclipse XDB-C18 (150 mm, 4.6 mm iç çap ve 5 µm partikül çapı) (Agilent, Waldbronn, Almanya) ters faz kolonda gerçekleştirilmiş olup, mobil faz metanol:asetonitril:diklorometan:asetik asitten (50:44:3:3, v/v) oluşmaktadır. Kolon sıcaklığı 40 °C, akış hızı 1 mL/dakika ve enjeksiyon hacmi 5 µL'dir. Dedeksiyon UV dedektör ile 315 nm'de yapılmıştır. Hesaplama, ayrımı yapılan 4 gama-orizanol fraksiyonunun toplam alanı üzerinden yapılmıştır.

Gerek gama-orizanol gerekse de diğer tüm HPLC analizlerinde kalitatif tanımlama standart ve hedef maddenin alıkonma zamanlarının karşılaştırılması ile yapılmış, kantitatif tanımlama ise her bir analit için en az 5 farklı dilüsyonda hazırlanan standart maddenin miktarına karşılık gelen pik alanı ile oluşturulmuş doğrusal kalibrasyon eğrileri üzerinden yapılmıştır. Tespit alt sınırı (LOD) ve tayin alt sınırı (LOQ) değerleri kalibrasyon eğrisi interseptinin standart sapmasının regresyon denkleminin eğimine bölünerek sırası ile 3.3 ve 10 ile çarpılması ile hesaplanmıştır. Geri kazanım değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Geri kazanım} = [(A1-A2)/A3] \times 100 \quad (3.6)$$

Burada, $A1$, standart eklenmiş materyaldeki hedef analit miktarını, $A2$, standart eklenmemiş materyaldeki hedef analit miktarını ve $A3$, eklenen standart miktarını ifade etmektedir.

3.5.13. Tokoferol tayini

Tokoferol tayini için Panfili ve ark.'nın (2003) belirttiği yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Pirinç kepeklerinden yağ ekstraksiyonu için kepekler 1 gece boyunca 25 °C'de orbital çalkalayıcıda petrol eter: kloroform (50:50, v/v) çözücü karışımı ile çalkalanmıştır. Yağ ve solvent karışımı döner vakumlu buharlaştırıcıda 40 °C'de ayrıldıktan sonra, ekstrakte edilen yağ, santrifüjlenerek mumsu maddelerin çökmesi sağlanmıştır. Buradan elde edilen pirinç kepeği yağından 0.5 g santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerine oksidasyonu engellemek için 0.1 g askorbik asit ilave edilmiştir. Tüplere 10 mL etanol, 10 mL NaCl (10 g/L) ve 25 mL hegzan:etil asetat karışımı (9:1, v/v) ilave edilerek 1 dakika hızlıca karıştırılmıştır. İçerik 15 dakika boyunca 40 °C'de orbital çalkalayıcıda 150 rpm de çalkalandıktan sonra düz bir zemin üzerinde 5 dakika bekletilerek faz ayrımının gerçekleşmesi sağlanmış ve daha sonra üst faz döner vakumlu buharlaştırıcı balonuna transfer edilerek 40 °C'de buharlaştırılmıştır. Kalıntı 4 mL %1 isopropanol içeren hegzan ile

çözülerek 0.45 µm membran filtreden süzölmüş ve HPLC viallerine aktararak enjeksiyon yapılmıştır.

Mobil faz hegzan:isopropanol:asetikasit:etilasetattan (98.5:0.1:0.6:0.8, v/v) oluşmakta olup, akış hızı 1.6 ml/dakika ve kolon sıcaklığı 25 °C olarak ayarlanmıştır. Hem UV hem de floresan dedektör kullanılmış olup, UV dedektör 298 nm'ye ve floresan dedektör ise eksitasyon dalga boyu 290 nm, emisyon dalga boyu 330 nm olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrım yapılan kolon ACE Si 5 µm normal faz kolondur (250 cm x 4.6 mm x 5 µm) (Advanced Chromatography Technologies, Aberdeen, İskoçya). Enjeksiyon hacmi 5 µL dir. Alfa, beta, gama ve delta tokoferoller kalitatif ve kantitatif olarak analiz edilmiştir. Validasyon prosedürü ICH (1996) esas alınarak uygulanmıştır.

3.5.14. Yağ asidi kompozisyonu tayini

Yağ asitleri kompozisyonu tayini ISO 5508 No.'lu metoda göre yapılmıştır (EN ISO, 1995). Pirinç kepeklerinden yağ ekstraksiyonu için kepekler 1 gece boyunca 25 °C'de orbital çalkalayıcıda petrol eter:kloroform (50:50, v/v) çözücü karışımı ile çalkalanmıştır. Yağ ve solvent karışımı döner vakumlu buharlaştırıcıda 40 °C'de ayrıldıktan sonra, ekstrakte edilen yağ, santrifüjlenerek mumsu maddelerin çökmesi sağlanmıştır. Buradan elde edilen pirinç kepeği yağından 60 mg deney numunesi alınarak üzerine 10 mL n-heptan ve 0.5 mL metanol ile hazırlanmış potasyum hidroksit ilave edilmiştir. Kuvvetlice çalkalandıktan sonra 1 saat bekletilmiş ve ayrılan üst faz viallere transfer edilmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu tayini alev iyonizasyon dedektörlü (FID) gaz kromatografisi (Agilent 1100, Waldbronn, Almanya) ile yapılmıştır. Ayrım, DB-23 [(%50-Siyanopropil)-methilpolisilohegzan] (60 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kolonda gerçekleştirilmiştir. Inlet sıcaklığı 250 °C, dedektör sıcaklığı 280 °C olarak ayarlanmıştır. Kolon fırını sıcaklığı ise 1 dakika 130 °C tutulduktan sonra dakikada 6.5 °C arttırılarak 170 °C'ye, dakikada 2.75 °C arttırılarak 215 °C'ye çıkartılmış, 215 °C'de 12 dakika tutulduktan sonra, dakikada 40 °C artacak şekilde 230 °C'ye çıkartılmıştır. Son olarak 230 °C'de de 5 dakika tutulmuş ve analiz 40.89 dakikada sona ermiştir. Enjeksiyon hacmi 0.2 µL olup, taşıyıcı gaz akışı 1.7 mL/dakikadır. Split uygulaması 1/10 oranında gerçekleştirilmiştir. Yağ asitlerinin tanımlanması yüksek saflıktaki yağ asidi standartlarının metil esterlerinin alıkonma zamanları ile pirinç kepeği yağı ekstraktlarının alıkonma zamanı karşılaştırılarak yapılmıştır. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

3.5.15. B grubu vitaminlerin tayini**3.5.15.1. B grubu vitaminler için ortak ekstraksiyon işlemi**

Ekstraksiyon için, 5 g pirinç kepeği üzerine 40 mL 0.1 N HCl ilave edilmiş ve iyice karıştırıldıktan sonra 30 dakika 121 °C’de otoklavlanmıştır. Soğutulduktan sonra örnek pH’ları 2.5 M sodyum asetat ile 4.5’a ayarlanmış ve 100 mg Claradiastaz enzim karışımı ilave edilerek 48 saat boyunca 37 °C’de çalkalayıcılı inkübatörde (Jeio Tech, IS-971R, Seoul, Kore) inkübe edilmiştir. Süre sonunda kaba filtreden süzülen ekstraktların hacmi kaydedilmiş ve tüm B vitamini analizleri için bu filtrat kullanılmıştır.

3.5.15.2. B₁ ve B₂ vitamini

B₁ ve B₂ vitaminleri için Arella ve ark.’nın (1996) yöntemi kullanılmıştır. B₁ vitamini için, 1 mL pirinç kepeği ekstraktı üzerine 1 mL %1’lik potasyum ferrisiyanid ve 24 mL 3.75 M sodyum hidrositten oluşan karışımdan 3 mL ilave edilerek tiokrom oluşumu sağlanmıştır. Bu türevleme işleminden hemen sonra ekstrakt 0.45 µm membran filtreden süzülerek enjeksiyon yapılmıştır. B₂ vitamini için ise yukarıda belirtilen şekilde elde edilen filtrat 0.45 µm membran filtreden süzüldükten sonra doğrudan enjekte edilmiştir. Hem B₁ hem de B₂ vitamini için aynı kolon ve mobil faz kullanılmış ancak 2 ayrı enjeksiyon yapılmıştır. Mobil faz, metanol:0.05 M sodyum asetat tamponu (30:70, v/v) karışımından oluşmakta olup, her iki analizde de izokratik elüsyon yapılmıştır. Kromatografik ayırım, Agilent Zorbax Eclipse C18 (250 mm x 4.6 mm x 5 µm) kolonda gerçekleştirilmiştir. Her iki analiz için de enjeksiyon hacmi 20 µL, akış hızı 1 mL/dakika ve kolon sıcaklığı 40 °C’dir. B₁ vitamini için floresans dedektörde eksitasyon ve emisyon dalga boyu sırasıyla 366 ve 435 nm olarak ayarlanırken, B₂ vitamini için sırasıyla 422 ve 522 nm olarak ayarlanmıştır.

3.5.15.3. B₃ vitamini

B₃ vitamini analizi için pirinç kepeği ve ekmeklerde matriks etkisinden dolayı 2 farklı metot kullanılmıştır. Ham ve stabilize pirinç kepekleri yukarıda belirtildiği gibi ekstrakte edildikten sonra elde edilen ekstrakt 0.45 µm membran filtreden süzülerek doğrudan enjeksiyon yapılmıştır. Mobil faz 7.2 mM hegzansülfonik asit:metanol (93:7, v/v)’den oluşmaktadır. Ayırım Agilent Zorbax Eclipse C18 (250 mm x 4.6 mm x 5 µm) kolonda gerçekleştirilmiştir. Kolon fırını sıcaklığı 20 °C’ye ayarlanmıştır. Analiz boyuca 1 mL/dakika sabit akış hızı kullanılmıştır. Enjeksiyon hacmi 20 µL’dir. Pikler UV dedektörde ve 254 nm de tanımlanmıştır.

Farklı dozlarda pirinç kepeği katkılı ekmek ve kraker ürünleri için ise yukarıda belirtilen yöntem, örnek matriksinin hedef analit ile girişim yapması dolayısıyla kullanılamamış ve bu ürünlerde B₃ vitamini analizi AACC Metot No: 86-50A'ya göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır (AACC, 2000).

3.5.15.4. B₆ vitamini

B₆ vitamini Esteve ve ark.'nın (1998) yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. B₆ vitamini aktivitesi gösteren 3 farklı madde (pidoksamin dihidroklorid, pidoksal hidroklorid ve pidoksin hidroklorid) için de kalibrasyon eğrileri oluşturulmuş, matriks etkisi dolayısıyla girişim yapmayan maddelerin kalitatif ve kantitatif analizi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan mobil faz 0.01 M H₂SO₄ olup, ayırım Agilent Zorbax Eclipse C18 (250 mm x 4.6 mm x 5 µm) kolonda gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon hacmi 20 µL'dir. Kolon fırını sıcaklığı 20 °C ve akış hızı analiz boyunca 1 mL/dakikadır. Dedeksiyon floresan dedektör ile ve eksitasyon ve emisyon dalga boyları sırasıyla 290 ve 395 nm'ye ayarlanarak yapılmıştır.

3.5.16. Fenolik maddeler ve antioksidan aktivite tayini

3.5.16.1. Ekstraksiyon

Tahıl ve tahıl bazlı ürünlerde antioksidan özellik de gösteren fenolik maddeler serbest formlarının yanı sıra, selüloz, lignin ve protein gibi yapılara ester bağları üzerinden bağlı formda da bulunduğundan her iki form için de ayrı ayrı ekstraksiyon yapılmıştır. Bu şekilde elde edilen ekstraktlar toplam fenol, antioksidan aktivite ve fenolik asit kompozisyonu tayinlerinde kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemleri Tuncel ve Yılmaz'ın (2011) yöntemi esas alınarak yapılmıştır.

3.5.16.1.1. Serbest formdaki hedef maddeler

30 g kepek üzerine 250 mL hegzan:klorofom (50:50, v/v) karışımı ilave edilerek 3 saat boyunca 40 °C'de orbital çalkalayıcıda (Jeio Tech, IS-971R, Seul, Kore) karıştırılmış ve daha sonra kepekler filtre edilip etüvde 40 °C'de kurutularak yağdan arındırılmıştır. Yağı alınmış ve kurutulmuş pirinç kepeklerinden 5 g alınarak üzerine 40 mL aseton:metanol:su (45:45:10, v/v) ve 50 µL konsantre HCl ilave edilmiş ve 1 saat 40 °C'de orbital çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Kepekler filtre edildikten sonra elde edilen filtrat, döner vakumlu buharlaştırıcı balonlarına transfer edilmiştir. Kalıntı kepek üzerine tekrar aynı miktarda ekstraksiyon solventi konarak 30 dakika daha ekstraksiyon yapılmış ve ikinci filtrasyon aşamasından sonra elde edilen filtratlar birleştirilerek serbest formdaki hedef maddeler ekstrakte edilmiştir. Ekstrakta bulunan metanol ve aseton 40 °C'de döner vakumlu

buharlaştırıcıda tamamen uçurulduktan sonra kalan sulu ekstrakt deiyonize su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. 10 mL'lik sulu ekstrenin 5 mL'si HPLC ile fenolik asit analizleri için ayrı bir test tüpüne, 5 mL'si ise üzerine 10 mL metanol eklenerek spektrofotometrik analizler (toplam fenol ve antioksidan aktivite) için ayrı bir test tüpüne aktarılmıştır.

3.5.16.1.2. Bağlı formdaki hedef maddeler

Serbest formdaki hedef maddeleri alınan kalıntı üzerine 80 mL 4 N sodyum hidroksit eklenerek 4 saat boyunca 4 °C'de orbital çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Çalkalama işleminin ardından ekstraktların pH'ları buz soğukluğunda 6 N HCl ile ivedilikle 1.5-2.0 aralığına ayarlanmış ve ayırma hunilerine transfer edilerek yaklaşık 400 mL etil asetat ile ekstrakte edilmiştir. Etil asetat fazına alınan hedef maddeler, etil asetat döner vakumlu buharlaştırıcıda 40 °C'de tamamen uçurulduktan sonra 10 mL suda çözündürülmüştür. 10 mL'lik sulu ekstrenin 5 mL'si HPLC ile fenolik asit analizleri için ayrı bir test tüpüne, 5 mL'si ise üzerine 10 mL metanol eklenerek spektrofotometrik analizler (toplam fenol ve antioksidan aktivite) için ayrı bir test tüpüne aktarılmıştır.

3.5.16.2. Toplam fenol tayini

Toplam fenol tayini Singleton ve ark.'nın (1999) Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır. Kısaca, 100 µL örnek ekstraktı üzerine 900 µL deiyonize su konarak 1 mL'ye tamamlanmış, üzerine 5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 4 mL sodyum karbonat (75 g/L) ilave edilmiştir. Test tüpleri içerisinde 10 mL'ye bu şekilde tamamlanarak hazırlanmış ekstraktlar, 1 dakika karıştırıldıktan sonra 2 saat boyunca karanlıkta inkübe edilmiştir. 2 saatin sonunda örnek absorbansları UV-VIS spektrofotometrede (Agilent, Waldbronn, Almanya) ile 765 nm de belirlenmiştir. Sonuçlar, mg ferulik asit eşdeğeri olarak ve yağsız kuru madde pirinç kepeği üzerinden hesaplanmıştır.

3.5.16.3. Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite tayini

Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite tayini için Re ve ark.'nın (1999) yöntemi kullanılmıştır. ABTS (2.2' - azino - bis (3 - etilbenzothiazoline - 6 - sulfonik asit)) radikal çözeltisi oluşturmak için 0.0384 g ABTS tartılmış ve bir miktar deiyonize suda çözündürüldükten sonra 2 mL 12.25 mM potasyum persülfat eklenerek yine deiyonize suyla 10 mL'ye tamamlanmıştır. ABTS çözeltisi bu şekilde 1 gece (12-16 saat) radikal oluşumu için bekletildikten sonra UV-VIS spektrofotometrede 734 nm dalgaboyunda 0.700 ± 0.020 absorbans verecek şekilde tuzlu fosfat tamponu (pH 7.4) ile seyreltilmiştir. Örnek ekstraktları da yine tuzlu fosfat tamponu ile uygun oranda seyreltilerek kullanılmıştır. Antioksidan

kapasite ölçümü için, 1 mL ABTS radikali üzerine 3 farklı konsantrasyonda ve en az 2 paralel olacak şekilde örnek ekstraktı ilave edilmiştir. Altıncı dakikanın sonunda 734 nm de ölçülen absorbansın % inhibisyonu, kullanılan ekstrakt miktarının konsantrasyonuna karşılık gelecek şekilde grafiğe aktarılmıştır. Kalibrasyon eğrisi için 5, 10, 15 ve 20 µmol konsantrasyonda hazırlanmış Trolox standart çözeltileri kullanılmıştır. Sonuçlar, mikromol Trolox eşdeğeri olarak ve yağsız kuru madde pirinç kepeği üzerinden ifade edilmiştir.

3.5.16.4. DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikaline karşı antioksidan aktivite tayini

DPPH radikaline karşı antioksidan aktivite tayini Kırca ve Arslan'ın (2008) kullandığı yöntemle yapılmıştır. Metanol ile hazırlanmış 600 µL 1 mM DPPH radikalinin üzerine her bir örnek için 3 farklı konsantrasyonda ekstrakt ilave edilmiş ve toplam hacim metanol ile 6 mL'ye tamamlanarak 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Örneklerin absorbans ölçümleri 15 dakika karanlık şartlarda inkübe edildikten sonra UV-VIS spektrofotometre ile 517 nm de yapılmıştır. DPPH radikalinin % inhibisyonu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A_{\text{kör}} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{kör}}] \times 100 \quad (3.7)$$

Burada, $A_{\text{kör}}$, sadece DPPH ve metanol ile hazırlanmış körün (600 µL DPPH ve 5.4 mL metanol) absorbansını, A_{ekstrakt} ise pirinç kepeği ekstraktının DPPH radikali ile muamelesi sonucunda elde edilmiş absorbansı sembolize etmektedir. Hesaplamalar, her bir örnek için söz konusu 3 farklı ekstrakt konsantrasyonuna karşılık bu konsantrasyonlarda elde edilen % inhibisyon değerleri grafiğe aktarılarak yapılmıştır. Sonuçlar, %50 inhibisyona neden olan etkili konsantrasyon (EC_{50}) olarak ve mg yağsız kuru madde üzerinden ifade edilmiştir.

3.5.16.5. Fenolik asit kompozisyonu tayini

Fenolik asit kompozisyonu ters faz yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) ile Tuncel ve Yılmaz'a (2011) göre yapılmıştır. Bu metot ile gallik (GA), protokateşik (protoCA), *p*-hidroksibenzoik (*p*-hydBA), vanilik (VA), kafeik (CA), klorojenik (ChA), sirinjik (SRA), *p*-kumarik (*p*-COU), ferulik (FA), sinapik (SNA), *o*-kumarik (*o*-COU), rozmarinik (RA) ve *trans*-sinamik (*tr*-CIN) asitler olmak üzere toplam 13 fenolik asit aynı kromatogramda ve tek enjeksiyon ile belirlenebilmektedir. Metot hem serbest hem de bağlı formdaki ekstraktlara uygulanmış olup, serbest formdaki ekstraktlara saflaştırma amacıyla

ayrıca katı faz ekstraksiyonu (SPE) uygulanmış ancak bağlı formadaki ekstraktlar için buna gerek duyulmamıştır. SPE işlemi, 4 aşamada gerçekleştirilmiş olup, 1 mL metanol ile koşullanan C18 kartuşlara 1 mL örnek yüklenmiş, kartuşlar 1 mL %2'lik HCl ile yıkandıktan sonra tutunan fenolik asitler 1 mL metanol ile elue edilmiştir. Ayırım için Agilent Zorbax Eclipse XDB C18 kolon (150 mm x 4.6 mm x 5 µm) kullanılmıştır. Analizler 23 °C'de yapılmış olup analiz boyunca akış hızı 1 mL/dakika olarak sabit tutulmuştur. Mobil faz; A (metanol:su:formik asit, 10:88:2, v/v) ve B (metanol:su:formik asit, 90:8:2, v/v)'den oluşmaktadır ve gradiyent elüsyon kullanılmıştır. Gradiyent koşullar 0. dakika, %100 A; 0-25 dakika, %80 A; 25-50 dakika, %50 A; 50-54 dakika, %50 A; 54-63 dakika, %0 A; 63-70 dakika, %100 A olarak uygulanmıştır. Enjeksiyon hacmi 5 µL'dir. Sonuçlar, her bir fenolik asit için ayrı ayrı oluşturulan kalibrasyon eğrilerine göre hesaplanmıştır.

3.5.17. Duyusal analiz

3 farklı dozda pirinç kepeği ile katılan beyaz, kepekli ve tam buğday ekmekleri ve krakerler ile bu ürünlerin kontrol gruplarına (pirinç kepeği eklenmemiş) tüketici testi yapılmıştır. Tüketici testi, Meilgaard ve ark.'na (1999) göre 7 noktalı hedonik skala kullanılarak ve en az 50 kişi üzerinde yapılmıştır. Skalada 7 “çok çok beğendim”, 6 “çok beğendim”, 5 “beğendim”, 4 “fena değil”, 3 “pek beğenmedim”, 2 “beğenmedim”, 1”hiç beğenmedim” izlenimlerini karşılamaktadır. Tüketici testleri söz konusu her bir ürün için ayrı oturumlarda yapılmıştır. Ayrıca, panelistlerden ürünleri en beğendiklerinden en az beğendiklerine göre sıralamaları istenmiştir.

3.5.18. Tekstür analizi

Tekstür analizleri, tekstürometre cihazı (Brookfield, CT3-4500, Massachusetts, USA) ile yapılmış olup, ekmekler için 2 döngülü toplam profil analizi uygulanmış, kraker için bu mümkün olmadığından sadece kırma testi yapılmıştır.

Ekmekler, ekmek kesme makinesi ile standart olarak dilimlendikten sonra toplam 25 mm kalınlığındaki iki ekmek dilimi üst üste konarak orta kısmına silindirik prob (TA4/1000, D = 38.1 mm) ile %40 sıkıştırma uygulanmıştır. Tüm ekmek çeşitlerinde tekstür analizleri 6 tekerrürlü olarak ve ekmekler piştikten 3 saat sonra yapılmıştır. Kullanılan parametrelerden trigger (tetikleyici) kuvveti 10 g, ön test hızı, test hızı ve geri dönüş test hızı 1 mm/s, veri elde etme oranı 20 pps dir. Ekmekler için incelenen parametreler, sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), esneklik (resilience), bağlayıcılık (cohesiveness), elastikiyet (springiness), sakızimsılık (gumminess) ve çiğnenebilirlik (chewiness) olmuştur.

Krakerlerde ise, tek döngülü kırma testi yapılmış ve sertlik özelliği incelenmiştir. Kullanılan test parametrelerinden mesafe 7 mm, tetikleyici kuvveti 450 g, ön test hızı 1 mm/s, test ve geri dönüş test hızları 2 mm/s dir. Standart olarak yuvarlak şekilde üretilmiş krakerler TA-JTPB fikstürünün üzerinde sabitlendikten sonra TA7 kırma probu kullanılarak kırılmıştır.

3.5.19. Ekmek hacmi / Spesifik hacim

Ekmeklerde spesifik hacim, darı tohumları ile ekmeklerin hacimsel yer değişimi esas alınarak ekmek hacim ölçme makinesinde (Şimsek Laborteknik, Ankara) belirlenen ekmek hacimlerinin, ağırlıklarına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve sonuçlar mL/g olarak verilmiştir.

3.5.20. Pişme kaybı

Pişme kaybı, ekmek ağırlığının hamur ağırlığından çıkarılması ile bulunan değer in hamur ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmış ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. Analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

3.6. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler MINITAB (Versiyon 16.1, Statsoft, Inc., Tulsa, OK, ABD) ve NCSS (Number Cruncher Statistical System, Kaysville, UT, ABD) paket programları kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Pirinç kepeğinin depolanması boyunca SYA değerlerine etki eden 3 faktör bulunmaktadır. Bunlar; IR gücü, işlem süresi ve depolama süresidir. Bu faktörlerinin üçü birden dikkate alınarak yapılan istatistiksel değerlendirmede, gözlem sayılarının eşit olmamasından dolayı (kepeklerde yanma, pişmiş tat koku vb. istenmeyen etkilerin görüldüğü stabilizasyon koşulları esas deneme planından çıkarıldığı için) istatistiksel hata büyümüş ve gerçekte önemli olan farklılıklar önemsiz olarak bulunmuştur. Bu nedenle, işlem süresi ve depolama süresinin etkileri her bir IR gücünde bireysel olarak iki yönlü varyans analizi ile incelenmiş ve kullanılan model aşağıda belirtilmiştir:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + S_j + (PS)_{ij} + e_{ijk} \quad (3.8)$$

Burada, Y_{ijk} k. pirinç kepeğinin i. işlem süresinde ve j. depolama süresinde ölçülen değeri olup, μ , genel popülasyon ortalamasını, P_i işlem süresinin etkisini, S_j depolama

süresinin etkisini, $(PS)_{ij}$ işlem ve depolama süresi interaksiyonu etkisini ve e_{ijk} da random hatayı ifade etmektedir.

IR gücünün kepeklerin SYA değerine etkisi, işlem ve depolama süresinin etkisi dikkate alınmadan tek yönlü ANOVA analizi ile de incelenmiştir. Tek yönlü ANOVA analizi ayrıca, çalışmanın ikinci bölümünde 6 aylık depolama süresinin sonunda SYA düzeyinin en düşük bulunduğu 10 örneğin besin öğeleri açısından karşılaştırılması ve üçüncü bölümde farklı dozda pirinç kepeği katkılı ürünlerde pirinç kepeği katkı dozunun etkisinin belirlenmesi amacıyla da kullanılmıştır. Tek yönlü ANOVA analizi için kullanılan model aşağıda belirtilmiştir:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (3.9)$$

Burada, Y_{ij} , i. pirinç kepeğinin j. gözlem değerini, α_i , IR gücünün (2. bölümde belli bir süre ve IR gücünde uygulanan stabilizasyon koşulununun ve 3. bölümde pirinç kepeği katkı dozununun) etkisini ve e_{ij} de random hatayı ifade etmektedir.

Söz konusu faktörler arasında farklılığın önemli olduğu ($p < 0.05$) ortalamaların çoklu karşılaştırılması, ayırma gücü ve yorumlama kolaylığı dikkate alınarak Tukey veya Student Newman Keul testleri ile MSTAT-C veya NCSS paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Ekmeklerde yapılan varyans analizlerinde, incelenen beyaz, kepekli ve tam buğday ekmeği çeşitlerinin reçete ve yapıdan kaynaklanan doğal farklılıkları nedeniyle çeşitler arası karşılaştırma yapılmamış, her bir ekmek çeşidi için katkılanan pirinç kepeği dozu tek faktör olarak ele alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bununla birlikte varyans analiz sonuçlarına ek olarak, kümeleme analizi yapılarak tüm ekmekler birarada da değerlendirilmiştir.

Duyusal analiz (tüketici testi) verileri kategorik veriler olduğundan varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı olan Kruskal Wallis testi ile analiz edilmiş, çoklu karşılaştırma için ise Dunn testi kullanılmıştır.

Tüm sonuçlar “ortalama \pm standart hata” olarak ifade edilmiştir ve ortalamalar en az 3 tekrardan oluşmaktadır.

3.7. Stabilize Pirinç Kepeği ile Katkılanan Ürünlerin Yapımı

3.7.1. Ürün reçeteleri

Yapılan ön denemelerde %10.0'dan fazla SPK ilavesinin, ürünlerin tat, aroma ve işlenebilirlik özellikleri üzerinde negatif etkide bulunduğu gözlenmiştir. Bu nedenle tüm

ürünler un ağırlığı üzerinden %2.5, 5.0 ve 10.0 düzeyinde SPK ile katkılanmıştır. Reçeteler her bir ürün için aşağıda sunulmuştur.

3.7.1.1. Beyaz ekmek

Beyaz ekmek reçetesi Çizelge 2’de sunulmuştur. Beyaz ekmekler ticari, rafine ve katkısız buğday unu ile üretilmiş olup, ekmeklere un ağırlığı üzerinden belirtilen dozlarda SPK katkısı yapılmıştır.

Çizelge . Beyaz ekmek reçetesi

Bileşenler	Kontrol	%2.5	%5.0	%10.0
Rafine buğday unu (g)	400	400	400	400
Pirinç kepeği (g)	0	10	20	40
Ayçiçek yağı (g)	5	5	5	5
Tuz (g)	6 (%1.5)	6 (%1.5)	6 (%1.5)	6 (%1.5)
Şeker (g)	4 (%1)	4 (%1)	4 (%1)	4 (%1)
Kuru maya (g)	5	5	5	5
Su	240	245	250	260

3.7.1.2. Kepekli ekmek

Kepekli ekmek reçetesi Çizelge 3’te sunulmuştur. Kepekli ekmekler, beyaz ekmek için kullanılan ticari, rafine ve katkısız buğday unu ile üretilmiş olup, tüm ekmeklerde %10 düzeyinde buğday kepeği katkısı ve ilaveten belirtilen dozlarda SPK katkısı mevcuttur.

Çizelge . Kepekli ekmek reçetesi

Bileşenler	Kontrol	%2.5	%5.0	%10.0
Rafine buğday unu (g)	400	400	400	400
Buğday kepeği (g)	40 (%10)	40 (%10)	40 (%10)	40 (%10)
Pirinç kepeği (g)	0	10	20	40
Ayçiçek yağı (g)	5	5	5	5
Tuz (g)	6 (%1.5)	6 (%1.5)	6 (%1.5)	6 (%1.5)
Şeker (g)	4 (%1)	4 (%1)	4 (%1)	4 (%1)
Kuru maya (g)	5	5	5	5
Su	260	265	270	280

3.7.1.3. Tam buğday unlu ekmek

Tam buğday unlu ekmek reçetesi Çizelge 4’te sunulmuştur. Tam buğday unlu ekmek, %50 ticari, rafine ve katkısız buğday unu ve %50 ticari tam buğday unu (α -amilaz, hemisellüloz ve lipaz katkı) ile üretilmiştir.

Çizelge . Tam buğday unlu ekmek reçetesi

Bileşenler	Kontrol	%2.5	%5.0	%10.0
Rafine buğday unu (g)	200	200	200	200
Tam buğday unu (g)	200	200	200	200
Pirinç kepeği (g)	0	10	20	40
Ayçiçek yağı (g)	5	5	5	5
Tuz (g)	6 (%1.5)	6 (%1.5)	6 (%1.5)	6 (%1.5)
Şeker (g)	4 (%1)	4 (%1)	4 (%1)	4 (%1)
Kuru maya (g)	5	5	5	5
Su	260	265	270	280

3.7.1.4. Kraker

Kraker reçetesi Çizelge 5’te sunulmuştur.

Çizelge . Kraker reçetesi

Bileşenler	Kontrol	%2.5	%5.0	%10.0
Rafine buğday unu (g)	250	250	250	250
Endüstriyel katı yağ (g) (şortening)	50	50	50	50
Pirinç kepeği (g)	0	6.25	12.5	25
Tuz (g)	5 (%2)	5 (%2)	5 (%2)	5 (%2)
Şeker (g)	5 (%2)	5 (%2)	5 (%2)	5 (%2)
Kuru maya (g)	5	5	5	5
Su	110	112.5	115	120

3.7.2. Ürünlerin yapılışı

3.7.2.1. Ekmeklerin yapılışı

Maya, şeker ve su (35-40 °C) karıştırılarak 15 dakika bekletildikten sonra tuz hariç diğer ingrediyenler ile birleştirilmiştir. Karışım, masa üstü tipi bir karıştırıcıda (Kitchen aid, Michigan, ABD) 10 dakika boyunca 1. devirde (yavaş) ve 5 dakika boyunca da 4. devirde (hızlı) karıştırılarak hamur oluşturulmuştur. Tuz, ilk 5 dakikadan sonra ilave edilmiştir. Hamur, ortam sıcaklığında 15 dakika dinlendirildikten sonra, şekil verilerek tavalara alınmış ve bu şekilde 30-35 °C’de 1 saat fermente edilmiştir. Fermente hamurlar, 200-210 °C’de ve yaklaşık 20-25 dakika elektrikli fırında (Inoksan FPE 110, Bursa, Türkiye) pişirilmiştir. Tam buğday unlu ekmeğin için ise karıştırma işlemi 5 dakika yavaş devir ve 5 dakika hızlı devir olacak şekilde yapılmıştır. Kullanılan rafine buğday unu, buğday kepeği ve tam buğday unu ticari formda temin edilmiş olup, tam buğday unu α -amilaz, hemisellüloz ve lipaz enzimlerini içermektedir. Bununla birlikte diğer materyallerde herhangi bir katkı bulunmamaktadır. Rafine buğday unu, tam buğday unu, buğday kepeği ve pirinç kepeğinin su absorplama oranı sırasıyla %60, %70, %50 ve %50 olarak belirlenmiştir. Sadece kraker ürünü için eklenen pirinç kepeğinin %40’ı kadar su ilave edilmiştir.

3.7.2.2. Krakerlerin yapılışı

Tüm ingrediyenler masa üstü tipi bir karıştırıcıda (Kitchen aid, Michigan, USA) 1. devirde (yavaş) 20 dakika boyunca karıştırılmıştır. Kraker hamuru 10 dakika dinlendirildikten sonra erişte makinesinde (Imperia, Moncalieri, İtalya) eşit kalınlıklarda yassılaştırılmış ve uzatılmıştır. Bu şekilde açılan kraker hamuruna yine eşit bir şekilde yuvarlak olarak şekil verilmiştir. Yuvarlak şekilli krakerler, tepsiye dizilerek 15 dakika fermente edilmiş ve 200-210 °C’de ve yaklaşık 20-25 dakika elektrikli fırında (Inoksan FPE 110, Bursa, Türkiye) pişirilmiştir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Infrared Stabilizasyon Ön Deneme Sonuçları

Yapılan ön denemelerde planlanan bazı stabilizasyon şartlarında pirinç kepeklerinde pişmiş veya yanık tat ve koku ile kavrulmuş renk gözlenmiştir. Ham pirinç kepeğinin rengi krem / sütlü kahve rengi olup, piyasada mevcut ticari formdaki stabilize pirinç kepeklerinin rengi ve genel görünümü de ham kepeğe oldukça yakın niteliktedir. Ayrıca ticari stabilize pirinç kepeklerinde kahverengi renk ve duyuşsal olarak pişmiş tat ve koku özelliği gözlenmemiştir. Stabilizasyonun, ürünün görsel ve duyuşsal özelliklerinden taviz verilmeden yapılması amaçlandığından, söz konusu olumsuz stabilizasyon şartları deneme planından çıkartılmış ve esas denemede kullanılmamıştır. Esas stabilizasyon denemesi 2 tekerrürlü olarak Çizelge 6'da sunulan koşullarda yapılmıştır. İstenmeyen etkilerin, radyasyon yoğunluğu ve işlem süresi ile orantılı olarak arttığı gözlenmiştir.

Çizelge . Pirinç kepeğinin IR ile stabilizasyonu için ön denemeler neticesinde seçilen koşullar

Infrared lamba gücü (W)	Karşılık gelen radyasyon yoğunluğu (W/cm ²)	İşlem Süresi (dk)									
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.2	6.3	7.2	8.3	10.0	
200	480 ± 3	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
300	872 ± 4	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
400	1280 ± 4	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
500	1745 ± 6	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)
600	2155 ± 8	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
700	2800 ± 5	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
800	3222 ± 3	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
900	3691 ± 4	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

* (+) ile gösterilen şartlar esas stabilizasyonun yapıldığı, (-) ile gösterilen şartlar ise ön denemeler sonucunda pişmiş / yanık tat-koku gözlenen ve esas stabilizasyon denemesine dahil edilmemiş şartlardır.

4.2. Enerji Tüketimi

Esas deneme planında uygulanan stabilizasyon koşullarında tüketilen enerji miktarı Çizelge 7’de gösterilmiştir. Yüksek IR lamba gücünde kısa süre ile yapılan stabilizasyon işlemi esnasında tüketilen enerji miktarının, düşük IR lamba gücünde uzun süre ile yapılan stabilizasyon esnasında tüketilen enerji miktarından daha düşük olduğu gözlenmiştir. Stabilizasyonun en başarılı olduğu koşullar olan 600 W IR gücünde 5.2 dakika ve 700 W IR gücünde 3.0 dakika koşullarında tüketilen enerji miktarı 0.0946 ve 0.0364 kWh/kg olarak belirlenmiştir. Saunders’ın (1985) rapor ettiği verilere göre pirinç kepeği stabilizasyonunun en yaygın yöntemi olan ekstrüzyon yönteminde (tipik koşullar: 130 °C’de birkaç saniye ve 97-99 °C’de 3.0 dakika bekletme) tüketilen enerji miktarı 0.076 kWh/kg’dır. Bununla birlikte ekstrüzyon, yüksek yatırım ve işletme maliyeti gerektiren bir teknik olarak anılmaktadır (Malekian ve ark., 2000). Enerji tüketimi açısından IR stabilizasyonun ekstrüzyon tekniği ile rekabet edebilir düzeyde olduğu gözlenmiştir. IR stabilizasyon için sarf edilen enerji miktarı her ne kadar IR kaynağının tipine ve sayısına, işlem bandı boyutlarına ve kepek besleme kapasitesine göre değişim gösterebilirse de IR ile pirinç kepeği stabilizasyonunun enerji maliyeti açısından endüstriyel düzeyde de kullanılabileceği düşünülmektedir.

Çizelge . Pirinç kepeği stabilizasyonu için gerekli enerji tüketimi (kWh/kg)

İşlem süresi (dk)	IR gücü (W)							
	200	300	400	500	600	700	800	900
1.0	0.0017	0.0020	0.0024	0.0030	0.0035	0.0041	0.0045	0.0052
2.0	0.0067	0.0079	0.0097	0.0121	0.0139	0.0161		
3.0	0.0150	0.0177	0.0223	0.0273	0.0314	0.0364		
4.0	0.0261	0.0315	0.0394	0.0485	0.0558			
5.2	0.0441	0.0528	0.0678	0.0820	0.0946			
6.3	0.0659	0.0793	0.1003	0.1232				
7.2	0.0862	0.1026	0.1310	0.1594				
8.3	0.1145	0.1358	0.1748	0.2113				
10.0	0.1652	0.1955	0.2500					

4.3. Depolama Boyunca Yapılan Analiz Sonuçları

4.3.1. Serbest yağ asitliği değeri

SYA değeri stabilizasyon etkinliğinin en önemli ölçüsüdür. Pirinç kepeği yağının hidrolitik bozunmasının bir ürünü olan SYA, 15 günlük periyotlarla 6 ay boyunca takip edilmiştir. Ham ve farklı koşullarda stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin SYA değerleri (% oleik asit cinsinden) Çizelge 8’de sunulmuştur.

4.3.1.1. Depolama boyunca ham kepeğin serbest yağ asitliği değerleri

Pirinç kepeğinin SYA değerindeki artış, çeltiğin pirince işlenmesi sırasında başlamaktadır. Bu nedenle SYA değeri kırma işleminin hemen ardından tayin edilmiştir. Tao ve ark. (1993), doğrudan insan tüketimine sunulacak pirinç kepeklerindeki SYA değerinin %5’in altında olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte bu çalışmada laboratuvar tipi çeltik kırma makinesinden elde edilen ham kepektaki SYA değeri kırma işleminin hemen ardından ölçülerek %4.32 olarak bulunmuştur. Farklı kırma işlemlerinin etkisini incelemek amacıyla endüstriyel olarak kırılmış çeltikten ayrılan pirinç kepeği de ivedilikle analiz edilmiş ancak yine benzer bir sonuç (%4.09-4.25) bulunmuştur. Bu çalışmada laboratuvar tipi çeltik kırma makinesinden elde edilen ve kilitli plastik poşetlerde 25 °C’de depolanan ham pirinç kepeğinin SYA değeri 6 ayın sonunda %4.32’den %43.08’e yükselmiştir. Ham kepeğin 6 aylık depolama boyunca SYA değerleri Şekil 4’te gösterilmiştir. SYA değerlerinin depolama boyunca logaritmik bir artış izeldiği gözlenmiştir.

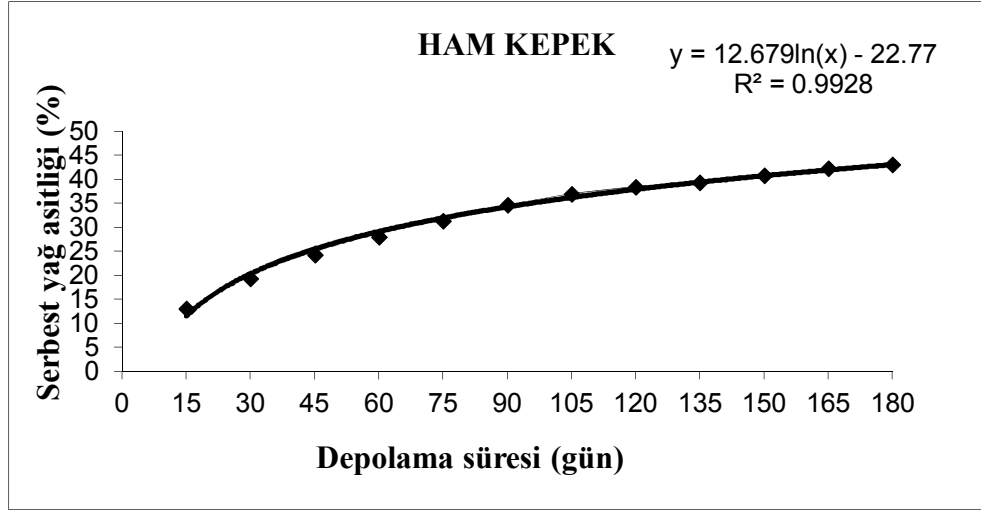
Literatürde ham pirinç kepeklerinin SYA değerinin depolama boyunca değişimine ait oldukça değişken veriler mevcuttur. Escamilla-Castillo ve ark. (2005), ham pirinç kepeğinde SYA değerinin 98 günlük depolama sonucunda %0.14’ten %5.39’a; Ramezanzadeh ve ark. (1999), 25 °C’de 4 hafta (~30 gün) depolamanın sonucunda %2.5’tan %34.4’e yükseldiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte Malekian ve ark. (2000), 8 haftalık (56 gün) depolamanın sonucunda ham pirinç kepeğindeki SYA değerinin %3.7’den %22.2’ye, Mujahid ve ark. (2005) ise 345 günün sonunda %9.50’den %96.80’e yükseldiğini belirtmişlerdir. Ham pirinç kepeğinin SYA değerlerine ait sözü edilen sonuçların yüksek varyasyon göstermesi; pirincin çeşidi, mevcut enzim kompozisyonu ve çeşidi, kepeğin mikrobiyal florası, uygulanan SYA tayin metodu, kırma ve depolama koşulları gibi etkenlerin farklılığına atfedilmiştir.

Çizelge . Ham ve farklı koşullarda stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin 6 ay depolama boyunca SYA değerleri

		Depolama süresi (gün)											
IR gücü (W)	İşlem Süresi (dk)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Ham pirinç kepeği	-	13.15 ± 1.78	19.41 ± 1.69	24.31 ± 3.00	28.13 ± 2.82	31.44 ± 3.62	34.70 ± 3.96	37.07 ± 2.83	38.45 ± 2.87	39.37 ± 2.51	40.82 ± 2.30	42.28 ± 2.75	43.08 ± 2.97
200	1.0	10.41 ± 0.62	15.74 ± 1.58	20.98 ± 1.88	24.82 ± 2.00	28.11 ± 3.59	33.19 ± 4.58	35.97 ± 1.09	39.74 ± 2.59	41.41 ± 2.77	40.38 ± 2.23	42.98 ± 2.11	44.22 ± 1.60
	2.0	9.43 ± 0.04	14.34 ± 2.82	19.31 ± 2.71	23.21 ± 2.85	27.09 ± 4.14	32.00 ± 5.72	37.53 ± 2.44	37.00 ± 4.85	39.82 ± 3.47	40.18 ± 2.22	41.32 ± 2.66	43.29 ± 1.96
	3.0	9.40 ± 0.33	14.34 ± 2.37	19.14 ± 2.85	22.59 ± 2.77	26.55 ± 3.64	31.31 ± 5.95	35.40 ± 3.38	37.22 ± 4.17	38.86 ± 3.25	41.29 ± 3.03	41.87 ± 2.80	42.61 ± 1.79
	4.0	9.31 ± 0.12	14.33 ± 2.71	18.59 ± 2.20	23.34 ± 2.72	26.64 ± 2.88	31.41 ± 5.80	35.79 ± 3.54	37.09 ± 5.31	39.32 ± 2.24	40.55 ± 1.62	42.03 ± 2.27	42.89 ± 1.07
	5.2	8.48 ± 1.04	14.04 ± 3.90	18.24 ± 1.66	21.33 ± 5.38	24.17 ± 6.59	36.01 ± 0.24	33.80 ± 11.70	35.20 ± 13.10	36.50 ± 13.70	37.70 ± 14.00	38.10 ± 12.70	38.90 ± 13.10
	6.3	7.88 ± 0.72	12.67 ± 2.14	15.67 ± 3.79	20.12 ± 4.56	24.45 ± 5.48	27.83 ± 7.78	30.42 ± 7.70	31.11 ± 6.61	32.24 ± 7.16	35.28 ± 7.68	35.43 ± 7.18	36.58 ± 6.86
	7.2	9.01 ± 0.87	14.63 ± 2.72	18.49 ± 4.25	22.19 ± 3.83	24.79 ± 3.38	28.98 ± 8.18	30.74 ± 7.44	32.95 ± 8.13	34.02 ± 7.62	36.24 ± 8.15	37.06 ± 7.82	37.40 ± 7.31
	8.3	8.52 ± 0.89	13.74 ± 3.89	16.77 ± 5.43	22.38 ± 6.56	25.72 ± 7.38	28.95 ± 8.84	32.34 ± 8.05	33.03 ± 8.81	34.26 ± 9.33	34.26 ± 9.76	35.34 ± 8.22	36.91 ± 8.40
	10.0	11.57 ± 0.84	19.22 ± 3.35	19.85 ± 5.51	27.38 ± 6.20	34.50 ± 11.50	29.70 ± 10.90	32.80 ± 10.70	35.00 ± 11.10	35.17 ± 9.76	36.30 ± 10.00	37.31 ± 9.12	37.85 ± 8.72
300	1.0	10.44 ± 0.68	14.85 ± 3.00	19.23 ± 1.96	24.08 ± 3.31	29.65 ± 6.70	31.25 ± 5.51	35.24 ± 3.63	37.66 ± 3.56	39.07 ± 1.55	40.64 ± 2.46	40.83 ± 2.05	41.51 ± 2.11
	2.0	10.04 ± 1.06	14.83 ± 4.16	18.43 ± 4.25	22.01 ± 4.64	28.70 ± 7.90	30.60 ± 7.18	34.97 ± 5.92	34.94 ± 3.80	38.55 ± 5.26	39.64 ± 3.31	41.33 ± 3.70	42.35 ± 2.81
	3.0	9.97 ± 2.15	15.15 ± 5.44	19.30 ± 5.67	23.58 ± 5.58	29.40 ± 10.10	31.72 ± 7.50	35.28 ± 5.52	38.47 ± 6.37	38.83 ± 5.03	41.11 ± 4.70	42.01 ± 3.50	42.18 ± 4.22
	4.0	9.88 ± 1.66	14.77 ± 4.88	18.27 ± 4.17	22.27 ± 4.57	28.47 ± 8.10	31.01 ± 7.31	34.54 ± 5.71	36.55 ± 4.54	38.53 ± 4.07	40.84 ± 4.32	41.12 ± 3.63	39.63 ± 4.94
	5.2	7.77 ± 2.21	12.60 ± 5.15	14.93 ± 5.99	19.64 ± 6.90	24.70 ± 10.30	27.20 ± 10.10	29.90 ± 10.30	31.70 ± 10.70	33.10 ± 9.57	34.10 ± 9.18	36.28 ± 8.61	37.14 ± 7.42

	6.3	7.26 ± 0.97	11.56 ± 2.73	13.66 ± 3.80	17.67 ± 4.30	21.85 ± 6.58	24.90 ± 5.95	26.74 ± 7.49	28.67 ± 8.29	31.99 ± 7.33	32.06 ± 8.71	34.16 ± 8.24	36.31 ± 8.20
	7.2	6.89 ± 0.08	10.56 ± 1.09	13.34 ± 2.16	17.62 ± 2.76	22.71 ± 5.15	25.40 ± 5.03	27.72 ± 5.74	29.40 ± 7.67	31.33 ± 7.54	32.65 ± 7.82	34.65 ± 7.12	38.12 ± 7.33
	8.3	7.15 ± 0.29	11.20 ± 0.48	14.87 ± 2.26	19.47 ± 2.86	23.90 ± 4.60	27.31 ± 5.95	31.44 ± 5.34	33.31 ± 5.67	33.36 ± 8.46	34.74 ± 7.84	35.67 ± 7.47	37.38 ± 7.35
	10.0	5.40 ± 0.14	7.64 ± 0.60	10.02 ± 2.22	14.09 ± 3.02	18.77 ± 4.98	20.49 ± 6.08	24.21 ± 6.06	27.09 ± 7.39	30.53 ± 6.84	31.89 ± 5.90	33.36 ± 7.17	35.66 ± 7.67
400	1.0	8.60 ± 0.70	11.80 ± 2.11	15.77 ± 2.83	20.19 ± 2.70	23.91 ± 4.02	27.97 ± 5.44	30.26 ± 1.67	35.03 ± 4.30	36.78 ± 2.57	38.11 ± 2.04	40.34 ± 2.11	39.94 ± 1.47
	2.0	7.50 ± 0.33	9.86 ± 1.54	14.50 ± 3.06	17.64 ± 2.79	21.63 ± 3.90	25.68 ± 4.36	28.59 ± 1.18	31.72 ± 3.84	34.75 ± 2.03	37.29 ± 1.83	39.94 ± 0.48	39.37 ± 1.12
	3.0	6.44 ± 0.84	8.16 ± 1.14	11.41 ± 2.07	14.79 ± 1.82	17.77 ± 0.75	22.51 ± 0.05	26.74 ± 1.24	31.69 ± 0.04	33.38 ± 0.67	36.08 ± 0.74	37.29 ± 1.79	38.69 ± 0.67
	4.0	5.80 ± 0.45	6.35 ± 0.01	8.40 ± 0.12	10.69 ± 0.89	14.27 ± 1.42	18.79 ± 1.70	21.98 ± 1.69	26.13 ± 1.88	29.07 ± 2.42	31.99 ± 2.56	34.63 ± 3.74	36.48 ± 3.95
	5.2	4.52 ± 0.13	5.58 ± 0.29	6.55 ± 0.01	8.87 ± 0.03	11.01 ± 0.46	15.32 ± 1.80	18.51 ± 1.10	20.86 ± 3.08	23.10 ± 4.83	26.60 ± 5.50	28.79 ± 5.11	31.42 ± 3.62
	6.3	4.78 ± 0.19	6.20 ± 0.05	7.46 ± 0.24	9.66 ± 0.39	12.14 ± 0.96	16.88 ± 2.98	17.93 ± 3.65	20.11 ± 6.61	23.92 ± 6.46	26.24 ± 6.55	29.43 ± 6.92	31.85 ± 6.65
	7.2	4.68 ± 0.25	5.70 ± 1.05	7.05 ± 2.38	9.81 ± 3.84	12.84 ± 5.02	17.58 ± 8.10	20.10 ± 10.20	22.04 ± 9.77	23.31 ± 9.81	25.80 ± 10.30	28.26 ± 9.45	30.51 ± 7.53
	8.3	4.65 ± 0.25	5.73 ± 0.63	6.55 ± 1.38	8.87 ± 2.39	10.88 ± 3.77	15.51 ± 5.62	17.89 ± 7.31	19.09 ± 8.50	21.31 ± 8.60	22.45 ± 8.28	24.42 ± 8.30	26.20 ± 8.71
	10.0	4.10 ± 0.23	5.05 ± 0.22	5.82 ± 1.09	7.59 ± 1.38	9.46 ± 2.18	12.02 ± 3.04	14.11 ± 5.28	15.87 ± 7.09	18.18 ± 6.58	20.92 ± 6.84	23.26 ± 7.49	24.43 ± 6.84
500	1.0	6.37 ± 0.35	8.87 ± 1.77	11.92 ± 1.64	16.06 ± 0.28	19.04 ± 0.14	23.08 ± 0.56	28.43 ± 3.03	31.16 ± 4.27	33.47 ± 6.75	35.06 ± 6.43	36.96 ± 7.33	39.39 ± 6.75
	2.0	5.38 ± 0.34	6.87 ± 1.61	9.07 ± 3.35	12.37 ± 4.93	14.82 ± 5.81	19.84 ± 9.52	22.63 ± 7.75	22.90 ± 2.60	29.28 ± 6.58	29.71 ± 7.27	31.46 ± 7.49	34.74 ± 6.66
	3.0	4.52 ± 0.06	4.91 ± 0.94	6.36 ± 1.80	7.73 ± 3.04	9.20 ± 3.99	11.92 ± 5.91	12.44 ± 5.27	17.56 ± 9.63	18.70 ± 9.75	21.10 ± 10.10	23.40 ± 10.10	26.39 ± 9.08
	4.0	3.99 ± 0.13	4.61 ± 0.89	4.91 ± 0.49	5.62 ± 0.98	6.23 ± 1.27	9.27 ± 2.64	10.89 ± 3.05	12.66 ± 4.68	15.91 ± 5.71	18.74 ± 6.46	20.59 ± 8.41	21.13 ± 8.30
	5.2	4.00 ± 0.45	4.26 ± 0.78	5.21 ± 1.24	5.60 ± 1.45	7.53 ± 3.12	10.00 ± 4.89	11.02 ± 5.45	14.00 ± 7.74	17.12 ± 7.53	19.12 ± 8.69	21.56 ± 7.49	20.78 ± 6.91
	6.3	3.82 ± 0.14	3.79 ± 0.23	3.89 ± 0.20	4.48 ± 0.46	4.63 ± 0.58	5.86 ± 1.22	6.69 ± 1.56	9.36 ± 3.26	11.95 ± 4.48	12.51 ± 3.66	14.04 ± 3.34	16.98 ± 5.52

	7.2	3.81 ± 0.01	3.79 ± 0.15	3.86 ± 0.44	4.02 ± 0.35	4.35 ± 0.53	5.27 ± 1.14	5.44 ± 1.12	6.43 ± 1.67	7.20 ± 1.61	8.32 ± 2.26	9.65 ± 2.65	11.93 ± 3.15
	8.3	3.65 ± 0.04	3.48 ± 0.30	3.77 ± 0.39	3.54 ± 0.45	4.09 ± 0.98	4.95 ± 1.59	5.31 ± 1.93	5.78 ± 1.76	6.44 ± 2.83	7.82 ± 3.53	9.97 ± 3.24	11.17 ± 3.43
600	1.0	6.55 ± 0.26	9.25 ± 1.41	12.83 ± 2.28	15.67 ± 2.94	20.62 ± 5.03	23.60 ± 5.56	28.27 ± 6.09	29.56 ± 5.40	33.03 ± 6.86	34.05 ± 5.34	35.23 ± 4.99	36.42 ± 4.81
	2.0	4.47 ± 0.59	4.95 ± 0.77	5.32 ± 0.06	6.23 ± 0.10	7.54 ± 0.07	9.96 ± 1.05	11.42 ± 0.58	15.07 ± 1.67	15.61 ± 2.93	18.63 ± 4.64	23.64 ± 1.10	23.09 ± 3.84
	3.0	4.19 ± 0.53	3.88 ± 0.30	4.14 ± 0.34	4.57 ± 0.63	5.63 ± 1.43	6.49 ± 1.55	7.80 ± 1.73	9.84 ± 2.86	10.76 ± 3.66	12.79 ± 4.87	14.94 ± 4.95	17.45 ± 4.71
	4.0	3.94 ± 0.32	3.63 ± 0.35	3.65 ± 0.23	3.51 ± 0.58	3.91 ± 0.49	4.50 ± 0.87	4.67 ± 0.83	5.10 ± 1.13	6.03 ± 1.98	6.73 ± 2.32	9.44 ± 2.88	10.10 ± 3.51
	5.2	4.19 ± 0.66	3.39 ± 0.25	3.40 ± 0.39	3.27 ± 0.41	4.40 ± 0.24	3.97 ± 0.47	4.03 ± 0.75	4.31 ± 1.45	4.48 ± 1.49	4.60 ± 1.54	4.56 ± 1.79	5.87 ± 2.91
700	1.0	5.79 ± 0.36	7.30 ± 1.88	9.71 ± 2.51	11.72 ± 4.47	16.33 ± 6.94	18.39 ± 7.91	20.17 ± 7.39	24.67 ± 7.94	29.80 ± 10.40	30.25 ± 8.22	32.32 ± 7.87	33.34 ± 7.49
	2.0	4.13 ± 0.65	3.81 ± 0.14	4.12 ± 0.39	4.40 ± 0.79	4.97 ± 0.97	6.00 ± 1.53	6.86 ± 2.32	7.90 ± 2.44	7.05 ± 1.02	7.32 ± 0.34	7.64 ± 0.22	8.01 ± 0.29
	3.0	3.82 ± 0.20	3.86 ± 0.04	3.77 ± 0.09	3.75 ± 0.12	3.77 ± 0.66	4.08 ± 0.20	4.63 ± 0.15	5.21 ± 0.56	5.64 ± 0.56	5.64 ± 0.70	6.51 ± 1.29	6.81 ± 1.87
800	1.0	5.13 ± 0.63	6.45 ± 2.23	9.02 ± 3.55	12.29 ± 6.09	15.71 ± 7.95	17.51 ± 9.24	18.68 ± 8.30	23.40 ± 11.80	26.00 ± 12.30	25.08 ± 9.24	30.40 ± 10.20	32.67 ± 9.69
900	1.0	4.65 ± 0.25	5.88 ± 1.10	7.40 ± 2.68	9.40 ± 4.45	13.13 ± 7.16	14.39 ± 7.22	17.10 ± 7.28	19.25 ± 8.20	21.67 ± 9.02	25.06 ± 8.44	27.08 ± 6.99	33.23 ± 0.27



Şekil . Ham pirinç kepeğinin 6 ay depolama boyunca SYA değerleri (% oleik asit cinsinden)

4.3.1.2. Infrared ile stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca serbest yağ asitliği değerleri

IR gücü (radyasyon yoğunluğu), işlem süresi, depolama süresi ve bu 3 faktörün interaksiyonunun, stabilize kepeklerin SYA değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur ($p < 0.05$). Söz konusu 3 faktörün birlikte değerlendirildiği (interaksiyon) istatistiksel tablo Ek 1’de sunulmuştur. Bununla birlikte kepekte istenmeyen etkilerin görüldüğü stabilizasyon koşullarının esas deneme planından çıkarılması nedeniyle gözlem sayıları eşit olmadığından, istatistiksel olarak hatanın büyüdüğü ve gerçekte önemli olan farkların bu değerlendirmede istatistiksel olarak önemsiz bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca böyle bir değerlendirme, oldukça karmaşık ve anlaşılmaz bir sonuç yorumunu da beraberinde getirdiğinden IR ile stabilize edilmiş kepeklerin SYA değerinin depolama boyunca değişimi her bir IR gücünde ayrı ayrı değerlendirilmiş ve aşağıda sunulmuştur.

Farklı IR güçlerinde stabilize edilmiş kepekler ile ham kepeğin SYA değerleri; işlem süresi ve depolama süresi faktörleri göz önüne alınmaksızın 2 örnek t-testi ile karşılaştırıldığında, 200 W haricindeki tüm IR güçleri için, stabilize kepeğin SYA değeri ham kepeğinkinden önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca, IR gücünün stabilize edilen pirinç kepeklerinin SYA değerleri üzerine etkisi, işlem süresi ve depolama süresi faktörleri göz önüne alınmaksızın Çizelge 9’da sunulmuştur. Çizelge 9’da görüldüğü üzere stabilizasyonda kullanılan IR gücünün kepeklerin SYA değerleri üzerinde gözle görünür derecede önemli bir etkisi mevcuttur ($p < 0.05$). 700 W IR gücüne kadar, IR gücü artışına paralel olarak kepeklerin ortalama SYA değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Burada 800 ve 900 W güçlerinde stabilize edilen kepeklerde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde

daha yüksek SYA değeri gözlenmesinin nedeni 800 ve 900 W güçlerinde 1.0 dakikadan daha uzun süre stabilizasyon yapılamaması, daha uzun işlem sürelerinde kepeklerde gözle görünür bir kararma ve pişmiş koku gözlenmesidir. Çizelge 9'dan da görüldüğü üzere 500, 600 ve 700 W IR gücü ile stabilize edilen kepeklerin SYA değeri, diğer IR güçleri ile stabilize edilen kepeklerinkinden istatistiksel olarak önemli ölçüde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

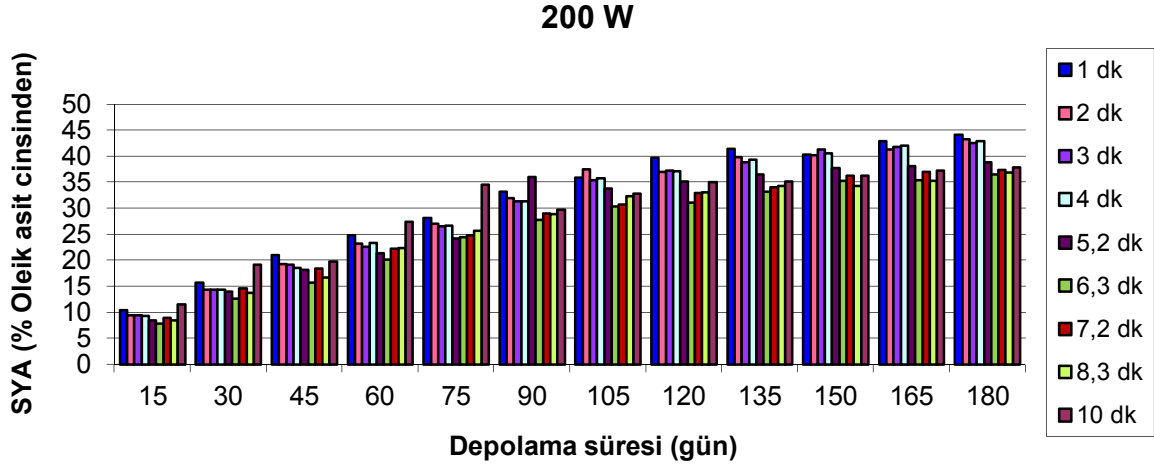
Çizelge . Farklı IR gücünde (radyasyon yoğunluklarında) stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin ortalama SYA değerleri (% oleik asit cinsinden)*

IR gücü (W)	Ortalama SYA (% Oleik asit cinsinden)**	n
200 W	28.91 ± 0.81 ^A	216
300 W	26.84 ± 0.82 ^A	216
400 W	19.69 ± 0.78 ^B	216
500 W	12.60 ± 0.74 ^C	192
600 W	10.82 ± 0.88 ^C	120
700 W	10.26 ± 1.20 ^C	72
800 W	18.53 ± 2.50 ^B	24
900 W	16.52 ± 2.20 ^B	24

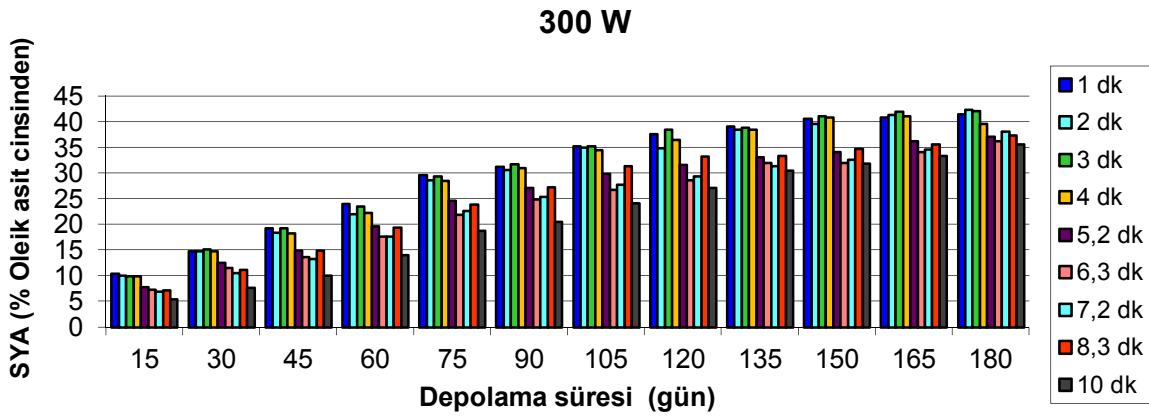
*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Student Neuman Keul's testine göre farklıdır ($p<0.05$).

** Ortalama ± standart hata

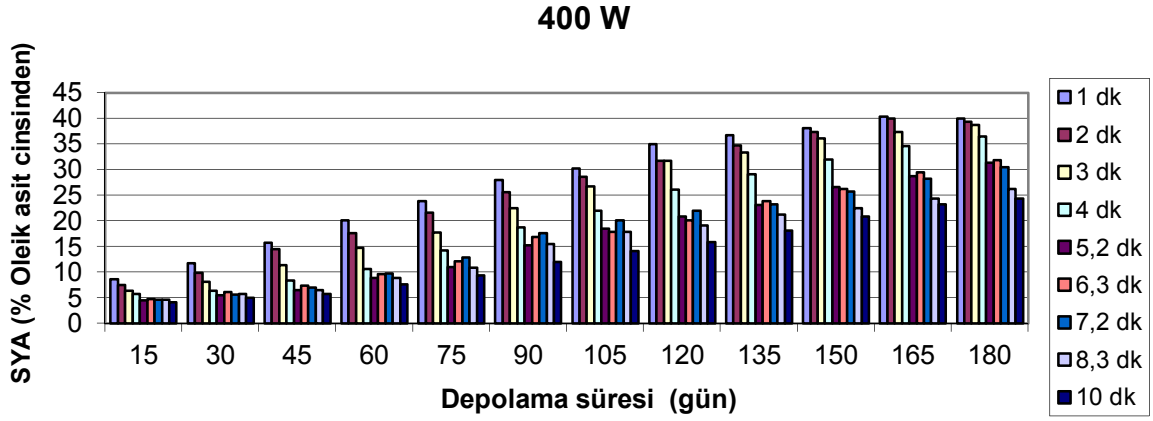
Her bir IR gücü için farklı işlem sürelerinde stabilize edilen pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri Şekil 5-12'de sunulmuştur.



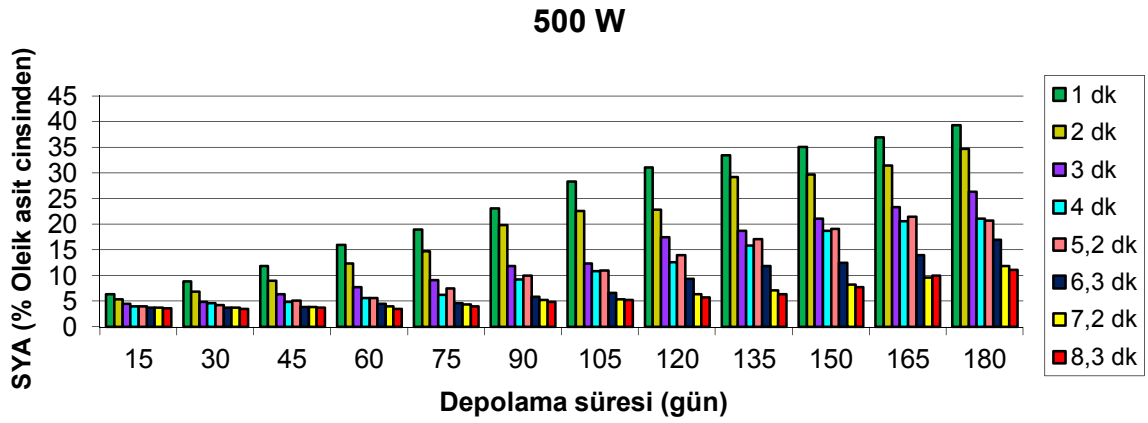
Şekil . 200 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



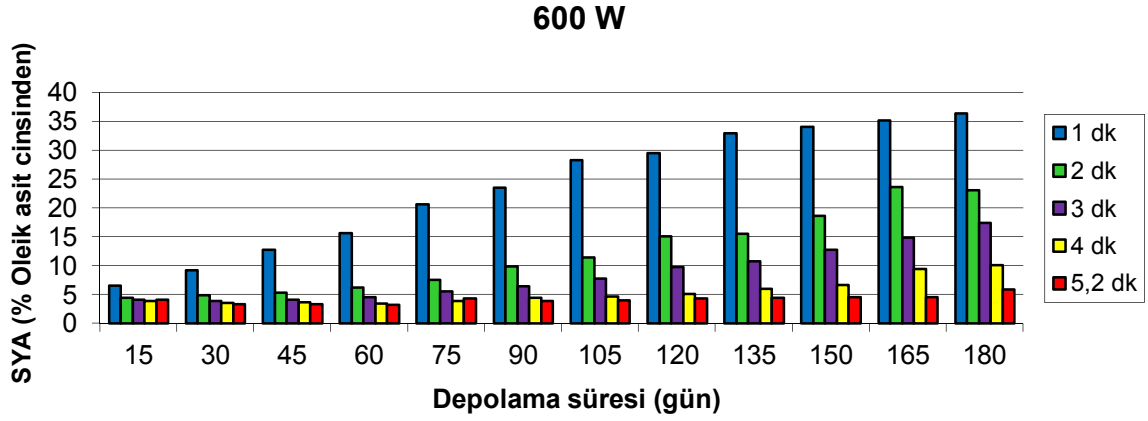
Şekil . 300 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



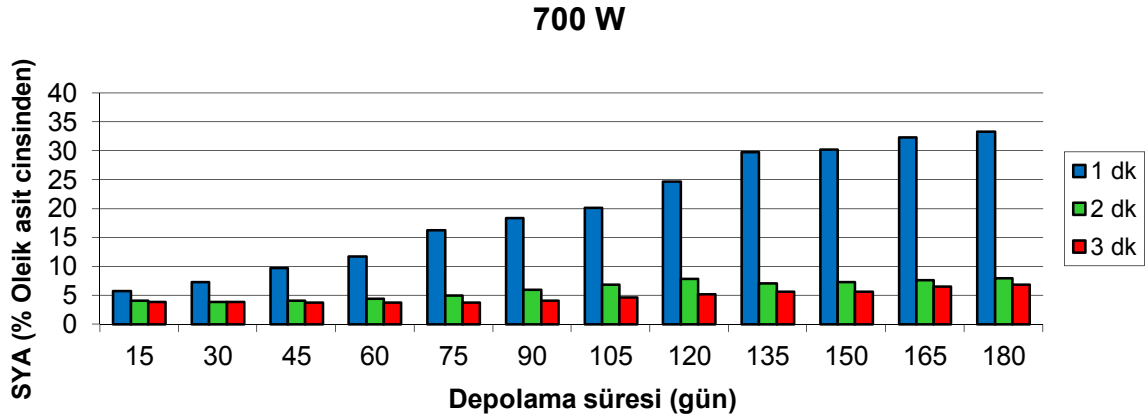
Şekil . 400 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



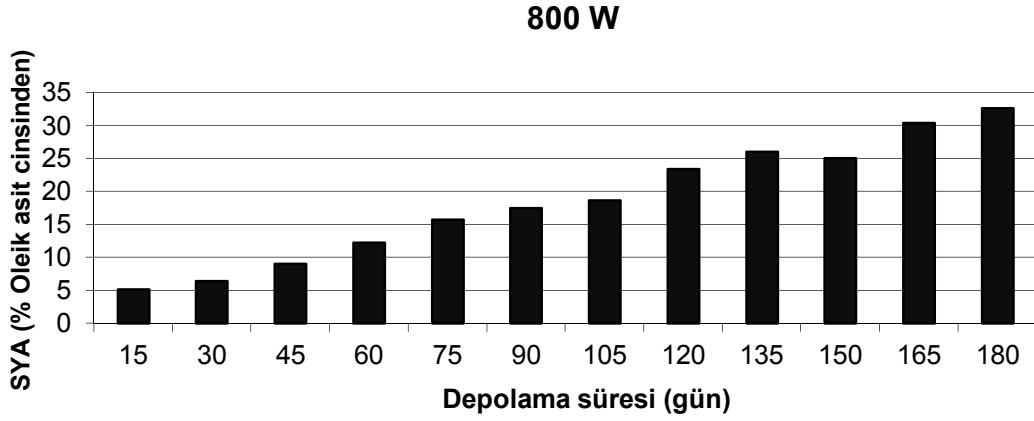
Şekil . 500 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



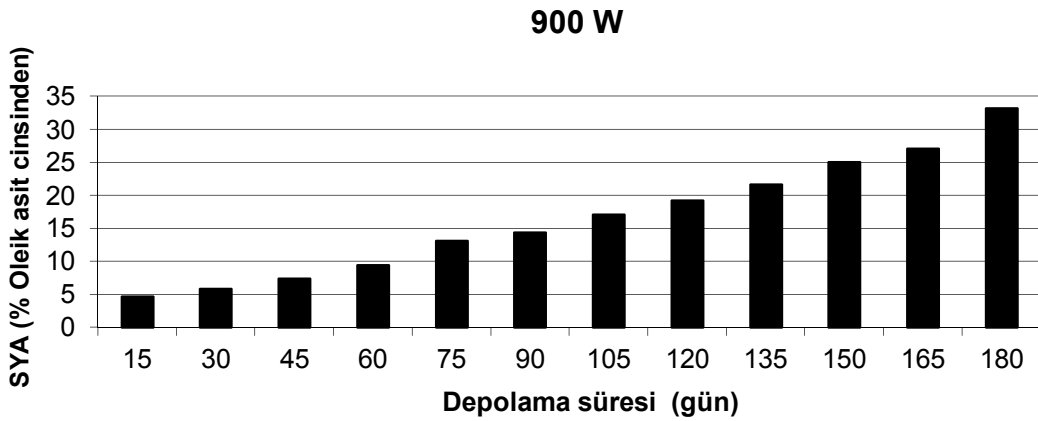
Şekil . 600 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



Şekil . 700 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



Şekil . 800 W IR gücü ile 1 dakika stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



Şekil . 900 W IR gücü ile 1 dakika stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.

İşlem süresi, her bir IR gücü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; 200 W IR gücü haricindeki tüm IR güçlerinde işlem süresinin SYA değerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bununla birlikte 300 W IR gücünde 10.0 dakika, 400 W IR gücünde 8.3 ve 10.0 dakika, 500 W IR gücünde 8.3 dakika, 600 W IR gücünde 4.0 ve 5.2 dakika, 700 W IR gücünde 2.0 ve 3.0 dakika boyunca stabilize edilen pirinç kepeklerinin SYA değerleri, söz konusu IR güçlerinde daha kısa süre ile stabilize edilenlere kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).

Stabilize pirinç kepeklerinin neredeyse tümünde depolama boyunca yavaş ve sürekli bir SYA artışı gözlenmiştir. Ramezanzadeh ve ark. (1999) da elektromanyetik spektrumun

başka bir bölgesi olan MW ile stabilize ettikleri kepeklerde benzer sonuçlar rapor etmişlerdir. Bununla birlikte 600 W IR gücünde 4.0 ve 5.2 dakika ve 700 W IR gücünde 2.0 ve 3.0 dakika stabilize edilen kepeklerin depolama boyunca SYA değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir artış bulunmamıştır ($p>0.05$).

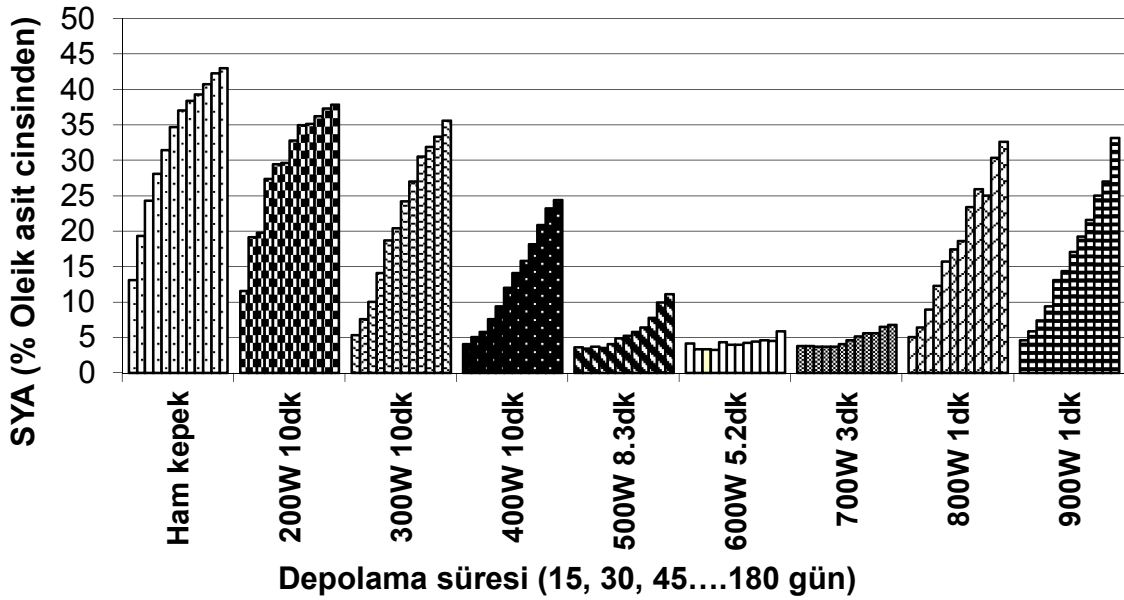
Literatürde başta ekstrüzyon olmak üzere MW, elektriksel ısıtma, gama-ışınlama vb. çeşitli yöntemler ile pirinç kepeği stabilizasyonuna ait çalışmalar mevcut bulunmakla birlikte, IR radyasyonun bu amaçla kullanıldığına dair bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu çalışma, bu bağlamda yapılan ilk çalışma olduğundan deneme planı çok geniş bir çerçevede tertiplenmiştir. Toplamda 45 farklı koşulda stabilizasyon yapılmıştır.

İlgili şekillerde detaylı olarak sunulduğu üzere 200, 300 ve 400 W IR gücü ile 10.0 dakika boyunca yapılan stabilizasyonlarda istenilen düzeyde enzim inaktivasyonu sağlanamamıştır. Bununla birlikte söz konusu radyasyon yoğunluklarında daha uzun süre stabilizasyon işlemi uygulanması, daha iyi bir enzim inaktivasyonu sağlamak suretiyle pirinç kepeğine daha uzun bir raf ömrü kazandırabilir. Ayrıca, kısa işlem sürelerinin de enzim inaktivasyonu için yeterli olmadığı gözlenmiştir. 800 ve 900 W gibi yüksek IR güçlerinde dahi 1.0 dakika stabilize edilen pirinç kepeklerinin SYA değeri 6 aylık depolama süresinin sonunda %30'un üzerine çıkmıştır. Yüksek IR güçlerinde uzun süreli stabilizasyonlar ise pirinç kepeğinde istenmeyen görsel ve duyuşsal değişimlere neden olduğundan değerlendirmeye alınmamıştır.

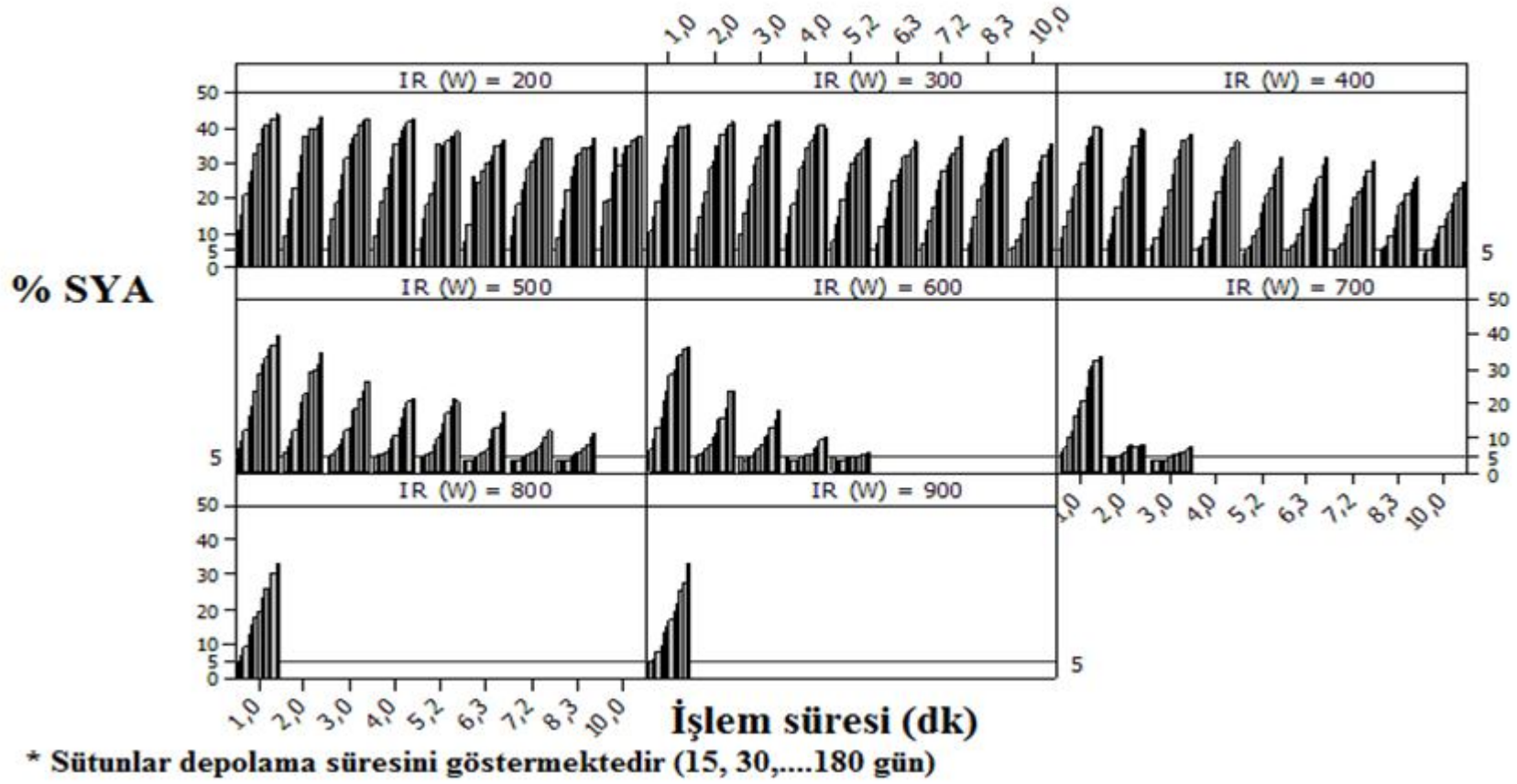
Şekil 13'te her bir IR gücü için denenen en yüksek işlem süresinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri özetlenmiştir. Şekil 13'ten de görüleceği üzere 200 ve 300 W IR güçlerinde 10.0 dakika ve 800 ve 900 W IR güçlerinde 1.0 dakika yapılan stabilizasyon işlemi, enzim inaktivasyonunda beklenen sonucu vermemiş ve SYA değerlerinde neredeyse ham kepektenine benzer bir artış gözlenmiştir. Stabilizasyonun etkisi 400 W IR gücünde görünür olmaya başlamıştır. Bununla birlikte 400 W IR gücü ile 10.0 dakika boyunca stabilize edilen kepeklerin SYA değeri 1 aylık depolama süresinin sonunda %5'in üzerine çıkmıştır.

Tüm stabilizasyon şartları için pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri Şekil 14'te gösterilmiştir. Genel olarak stabilizasyonun etkili olduğu şartların 500 ile 700 W IR gücü aralığında olduğu tespit edilmiştir. 600 W ile 5.2 dakika boyunca stabilize edilen pirinç kepeklerinin SYA değeri 165 günlük depolama süresi boyunca %5'in altında kalmış ve 180. günde %5.87'ye çıkmıştır. 700 W ile 3.0 dakika boyunca stabilize edilen pirinç kepeklerinin SYA değeri ise neredeyse 120 gün boyunca %5'in altında kalmış, 180. günde %6.81'e çıkmıştır. Ham kepekteki başlangıç SYA değerinin %4.32 olduğu

düşünüldüğünde IR radyasyonun enzim inaktivasyonu konusunda söz konusu şartlarda başarılı olduğu ancak enzim aktivitesinin %100 inhibe edilemediği anlaşılmıştır. Bununla birlikte pirinç kepeğinde acılaşmayı önleme amacıyla ilk defa denenen ve laboratuvar ölçekli bir IR stabilizasyon sistemi için sonuçların başarılı olduğu düşünülmektedir. Isı dağılımının daha homojen olmasına olanak verecek bant ve lamba dizaynı, kabin içi sıcaklığının daha kontrollü bir şekilde ayarlanması ve daha profesyonel ekipmanların kullanımı ile söz konusu yöntemin endüstriyel boyutta başarı ile uygulanabileceği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar; pirinç kepeği stabilizasyonu için uygulanabilecek radyasyon yoğunluğu ve işlem süresi faktörleri aralığını daraltmış ve bundan sonra bu amaçla yapılabilecek çalışmalar için önemli bir altyapı oluşturmuştur. Bununla birlikte, stabilizasyon sisteminde kullanılan şartların optimize edilmesi ile pirinç kepeğine daha da uzun bir raf ömrü kazandırılacağı ve enzim aktivitesinin geri dönüşsüz bir şekilde inhibe edilebileceği düşünülmektedir.



Şekil . Farklı IR güçlerinde ve denenen en yüksek işlem süresinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.



Şekil . Tüm stabilizasyon şartları için pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.

Sonuç olarak 6 aylık depolama süresi sonunda SYA değerleri en düşük bulunan pirinç kepeklerinin stabilize edildiği şartlar (10 tane seçilmiştir) Çizelge 10’da sunulmuştur. Bu çalışmanın IR radyasyonun pirinç kepeğinin besin öğelerine etkisinin incelendiği ikinci bölümünde kullanılan kepeklerin stabilize edildiği şartlar Çizelge 10’da belirtilen şartlardır.

Çizelge . 6 aylık depolama sonunda SYA düzeyi en düşük bulunan 10 örneğin stabilizasyon koşulları

IR gücü (W)	İşlem süresi (dk)	6 ay sonundaki SYA (% oleik asit cinsinden)
500	4.0	21.13 ± 8.30
	5.2	20.78 ± 6.91
	6.3	16.98 ± 5.52
	7.2	11.93 ± 3.15
	8.3	11.17 ± 3.43
600	3.0	17.45 ± 4.71
	4.0	10.10 ± 3.51
	5.2	5.87 ± 2.91
700	2.0	8.01 ± 0.29
	3.0	6.81 ± 1.87

4.3.2. Renk değerleri

Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) 6 aylık depolama boyuca takip edilmiştir. Esas stabilizasyon denemesine yanmış veya rengi koyulaşmış, pişmiş kepekler dahil edilmediğinden farklı koşullarda stabilize kepeklerin renk değerleri arasında görsel ve matematiksel olarak önemli bir fark yoktur. Ancak, değerlerin çok sayıda tekrarı olması ve dolayısıyla standart sapmanın çok düşük olması nedeniyle istatistiksel analiz yapıldığında işlemler arasında önemlilik arz eden farklar bulunmaktadır ($p<0.05$). Bununla birlikte, istatistiksel olarak önemli bulunan bu değişimler L^* değeri haricindeki renk karakteristikleri için stabilizasyon parametreleri ile ilişkilendirilebilir değişimler olmayıp tamamen tesadüfi hatadan kaynaklanan ve matematiksel olarak çok küçük değişimlerdir.

Her bir IR gücü için ayrı ayrı olmak üzere yapılan değerlendirmede 500, 600 ve 700 W IR gücünde stabilize edilen pirinç kepeklerinin L^* değerlerinin işlem süresi arttıkça düştüğü belirlenmiştir ($p<0.05$). Diğer yandan, ham ve farklı koşullarda stabilize edilmiş

pirinç kepeklerinin L^* değerlerinin depolama boyunca önemli bir değişim göstermediği tespit edilmiştir ($p>0.05$). İşlem ve depolama süresi etkisi dikkate alınmadan sadece IR gücünün L^* değerleri üzerine etkisi incelendiğinde ise 500, 600, 700 ve 800W IR gücünde stabilize edilen kepeklerin L^* değerlerinin diğer IR güçleri ile stabilize edilenlerden daha düşük olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Bununla birlikte, incelenen a^* ve b^* gibi diğer renk karakteristiklerinde stabilizasyon parametreleri veya depolama süresi ile ilişkilendirilebilir tutarlılıkta bir değişim gözlenmemiştir. Söz konusu tüm renk parametrelerine ait veriler Ek 2, 3 ve 4'te sunulmuştur.

4.3.3. Su aktivitesi

Ham ve farklı koşullarda stabilize edilen pirinç kepeklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri stabilizasyon sonrasında ve 15 günlük periyotlar ile 6 aylık depolama boyunca ölçülmüştür. Her bir IR gücü için ayrı ayrı olmak üzere yapılan değerlendirmede, işlem süresi ve depolama süresinin a_w değerleri üzerine etkisi önemli olmuştur ($p<0.05$). Bununla birlikte aynı IR gücünde ve farklı işlem süreleri ile stabilize edilen kepeklerin a_w değerleri işlem süresi arttıkça azalan düzenli bir eğilim göstermemiştir. Su aktivitesinin artma ve azalma eğilimleri işlem süresi ile ilişkili olmayıp tesadüfi hatadan kaynaklanmaktadır. Ancak hem ham hem de farklı koşullarda stabilize edilen pirinç kepeklerinin a_w değerleri, depolama boyunca sürekli bir artış göstermiştir. Başlangıçtaki a_w değeri 0.38 olarak bulunan ham kepek stabilize edildiğinde bu değer 0.16 düzeyine kadar düşürülmüş ancak 1 aylık depolama süresinin sonunda nerdeyse tüm stabilize kepeklerin a_w değeri 0.30'un üzerine çıkmıştır. Bununla birlikte işlem ve depolama süreleri dikkate alınmadan IR gücünün etkisi değerlendirildiğinde 400, 500, 600 ve 700 W IR gücü ile stabilize edilen kepeklerin a_w değerinin diğer IR güçlerinde stabilize edilen kepeklere nispetle düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Dolayısıyla IR stabilizasyonun a_w değerini düşürmekte etkili olduğu tespit edilmiş ancak ambalaj ve ortam koşulları gibi etkenler nedeniyle kepeklerdeki su aktivitesinin depolama süresi ile beraber arttığı gözlenmiştir. Daha soğuk ortamda veya nem bariyeri içeren ambalaj materyali içerisinde depolama a_w değerinin daha uzun süre düşük değerlerde tutulmasına olanak verebilir. Ham ve stabilize kepeklerin a_w değerleri Ek 5'te sunulmuştur.

4.4. Depolama Sonunda Serbest Yağ Asitliği Değeri En Düşük Bulunan 10 Örnekte Yapılan Analizlerin Sonuçları

Çalışmanın ikinci bölümünde IR radyasyonun pirinç kepeğinin besin öğelerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. 6 aylık depolama süresi boyunca meydana gelebilecek değişimlerin etkisini bertaraf etmek amacıyla, taze kırılmış ham kepek, birinci bölümde belirlenen 10 stabilizasyon koşulunda tekrar stabilize edilmiş ve analiz edilene kadar -18 °C’de saklanmıştır. Bu bölümde incelenen tüm özelliklerin istatistiksel analizleri, IR gücü ve işlem süresi faktörlerinin gözlem sayıları eşit olmadığından, her biri bireysel olarak tek bir koşul kabul edilerek ve tek yönlü ANOVA analizi ile yapılmıştır. Ham ve söz konusu 10 farklı koşulda stabilize edilmiş pirinç kepeklerinde incelenen özellikler aşağıda belirtilmiştir.

4.4.1. Temel bileşenlerin analiz sonuçları

Ham ve farklı koşullarda stabilize edilen pirinç kepeklerinin temel bileşen analizlerinin sonuçları Çizelge 11’de sunulmuştur. Pirinç kepeklerinin nem miktarlarını belirlemek için stabilizasyon işleminin hemen sonrasında kepekler ortam sıcaklığına erişir erişmez örnekleme yapılmıştır. Ham kepekte başlangıçta ortalama %14.25 düzeyinde olan nem miktarı stabilizasyon sonrasında %1.55-3.91 aralığına kadar düşmüştür. Stabilizasyon denemeleri sırasında da üründen gözle görülür düzeyde nem buharlaştığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, stabilizasyon işleminden 1 hafta sonra ham kepeğin nemi ortalama %12, stabilize kepeklerinki ise yaklaşık %7 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar dengeye gelmiş nemi yansıttığından, diğer analiz hesaplamalarında kuru madde üzerinden verilen sonuçlar için dengeye gelmiş bu nem miktarları kullanılmıştır. IR stabilizasyonun kepeklerdeki ham yağ miktarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Diğer bir ifadeyle stabilizasyon sırasında önemli miktarda yağ kaybı / salınımı söz konusu değildir. Hem ham hem de stabilize edilmiş pirinç kepeğinde ortalama %20 düzeyinde ham yağ belirlenmiştir. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinde ortalama %15 ham protein ve %10 kül belirlenmiş olup, IR stabilizasyonun bu bileşenlere etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Çizelge . Ham ve stabilize kepeklerin temel bileşenleri

Stabilizasyon koşulları	Nem (%)	Ham yağ (%)	Ham protein (%)	Kül (%)	Suda	Suda	Toplam diyet lif (%) (a+b)	Fitat (mg/g)
					çözünebilir diyet lif (%) (a)	çözünmeyen diyet lif (%) (b)		
Ham kepek	14.25 ± 0.28 ^A	20.22 ± 0.21	15.43 ± 0.21	10.02 ± 0.70	3.56 ± 0.27	27.84 ± 0.06	31.40 ± 0.34	39.83 ± 0.05 ^A
500 W 4.0 dk	3.37 ± 0.26 ^{BC}	20.09 ± 0.44	15.00 ± 0.06	9.74 ± 0.71	2.96 ± 0.04	29.02 ± 1.94	31.98 ± 1.99	38.76 ± 0.26 ^{AB}
500 W 5.2 dk	3.29 ± 0.38 ^{BC}	20.25 ± 0.93	15.27 ± 0.12	9.99 ± 0.47	3.13 ± 1.30	29.63 ± 2.06	32.76 ± 3.36	38.53 ± 0.53 ^{AB}
500 W 6.3 dk	3.56 ± 0.43 ^B	20.47 ± 0.40	15.05 ± 0.39	10.62 ± 0.03	3.50 ± 0.48	30.11 ± 1.00	33.61 ± 1.48	38.11 ± 0.64 ^{AB}
500 W 7.2 dk	3.91 ± 0.26 ^B	20.77 ± 0.42	15.24 ± 0.35	10.62 ± 0.01	2.57 ± 0.03	30.87 ± 0.25	33.45 ± 0.29	38.57 ± 0.32 ^{AB}
500 W 8.3 dk	3.82 ± 0.48 ^B	20.99 ± 0.25	15.74 ± 0.64	10.55 ± 0.13	2.07 ± 0.97	32.80 ± 0.45	34.88 ± 0.52	38.09 ± 0.06 ^{AB}
600 W 3.0 dk	3.12 ± 0.08 ^{BC}	21.02 ± 0.29	15.25 ± 0.38	10.52 ± 0.06	2.25 ± 0.78	32.15 ± 0.11	34.41 ± 0.89	38.17 ± 0.01 ^{AB}
600 W 4.0 dk	3.00 ± 0.47 ^{BC}	20.76 ± 0.43	15.34 ± 0.07	10.67 ± 0.02	2.63 ± 0.17	33.66 ± 1.72	36.30 ± 1.54	38.26 ± 0.14 ^{AB}
600 W 5.2 dk	3.07 ± 0.26 ^{BC}	20.94 ± 0.16	15.33 ± 0.17	10.64 ± 0.04	1.55 ± 0.09	30.48 ± 1.13	32.03 ± 1.04	37.87 ± 0.46 ^{AB}
700 W 2.0 dk	2.37 ± 0.32 ^{BC}	20.66 ± 0.24	15.66 ± 0.21	10.45 ± 0.03	2.56 ± 1.06	28.37 ± 2.69	30.94 ± 3.75	38.47 ± 0.01 ^{AB}
700 W 3.0 dk	1.55 ± 0.29 ^C	21.03 ± 0.22	15.41 ± 0.26	9.86 ± 0.47	2.65 ± 0.40	30.60 ± 0.41	33.26 ± 0.01	37.48 ± 0.54 ^B
p	0.000	0.721	0.841	0.531	0.632	0.191	0.654	0.048

*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

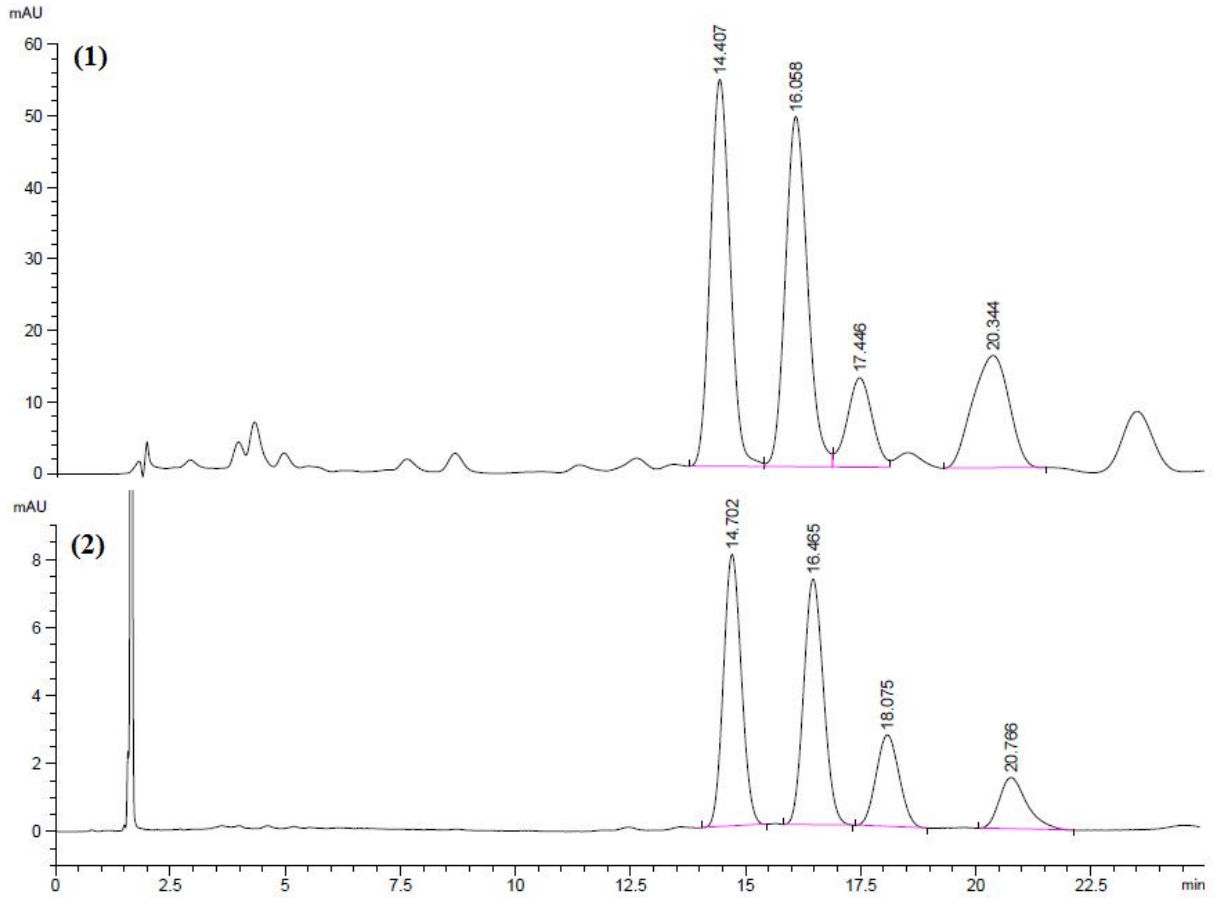
Ham pirinç kepeğinin suda çözünen ve çözünmeyen diyet lif miktarları sırasıyla %3.56 ve %27.84 olarak bulunmuştur. Literatürde ise ham pirinç kepeğinin suda çözünen ve çözünmeyen diyet lif miktarları sırasıyla %2.00 ve %19.82 (Gualberto ve ark.,1997); %2.25 ve %24.99 (Abdul-Hamid ve Luan, 2010); %4.70 ve %46.70 (Chawla ve Patil, 2010); %5.53 ve %24.50 (Fuh ve Chiang, 2010) olarak belirtilmiştir. Farklı diyet lif sonuçlarının, pirinç çeşidi, çeltik kırma işlemi ve kullanılan analitik metoda ait varyasyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Pirinç kepeğinin yüksek miktarda diyet lif içermesi sağlığa yararlı etkilerinin yanı sıra, pek çok gıda içerisinde özellikle tekstürel özelliklerin modifiye edilmesi için kullanılmasına olanak vermektedir. Stabilize pirinç kepeklerinde ham kepeğe kıyasla suda çözünen diyet lif miktarında azalma, suda çözünmeyen diyet lif miktarında ise artma eğilimi gözlenmekle beraber IR stabilizasyonun suda çözünen, çözünmeyen ve toplam diyet lif miktarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Fuh ve Chiang (2010), ekstrude edilmiş pirinç kepeklerinin suda çözünen diyet lif miktarında ham kepeğe kıyasla %10 azalma, suda çözünmeyen diyet lif miktarında ise %4 artış tespit etmişler ve bu durumu suda çözünen lifin çözünmez forma dönüşmesine atfetmişlerdir. Buna karşılık, Gualberto ve ark. (1997), ekstrüzyon işleminin suda çözünmeyen diyet lif miktarını azalttığını, suda çözünen diyet lif miktarını ise arttırdığını gözlemlemişler ve bu durumu suda çözünmeyen liflerin ekstrüzyon işlemi ile yeniden düzenlenerek daha çözünür bir yapı kazanmasına atfetmişlerdir.

Ham pirinç kepeğinin fitat miktarı bu çalışmada 39.83 mg/g olarak bulunurken, Ravindran ve ark. (1994), 36.50 mg/g, Garcia-Esteva ve ark. (1999), 57.70 mg/g ve Canan ve ark. (2011), 64.63 mg/g bulduklarını belirtmişlerdir. IR stabilizasyonun ham kepeğin fitat miktarında %2.6 ile %5.9 arasında değişen miktarlarda azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). 700 W IR gücünde 3.0 dakika boyunca stabilize edilen pirinç kepeğinin fitat miktarı diğer şartlarda stabilize edilen kepeklerden istatistiksel olarak önemli ölçüde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Gualberto ve ark. (1997), ekstrüzyon işleminin tahıl kepeklerindeki fitik asit miktarına etkisini araştırmışlar ve bu amaçla buğday, yulaf ve pirinç kepeklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda tahıl kepeklerinden hiçbirinin fitat içeriğinde bir değişim gözlenmemiştir.

4.4.2. Gama-orizanol sonuçları

Gama-orizanol, triterpen alkoller ve sterollerin ferulik asit esterlerinden oluşan kompleks bir bileşiktir (Lerma-García ve ark., 2009). Ticari formda yüksek saflıkta bulunamayan gama-orizanol standart maddesi Oryza Oil & Fat Chemical Co. Ltd. (Aichi,

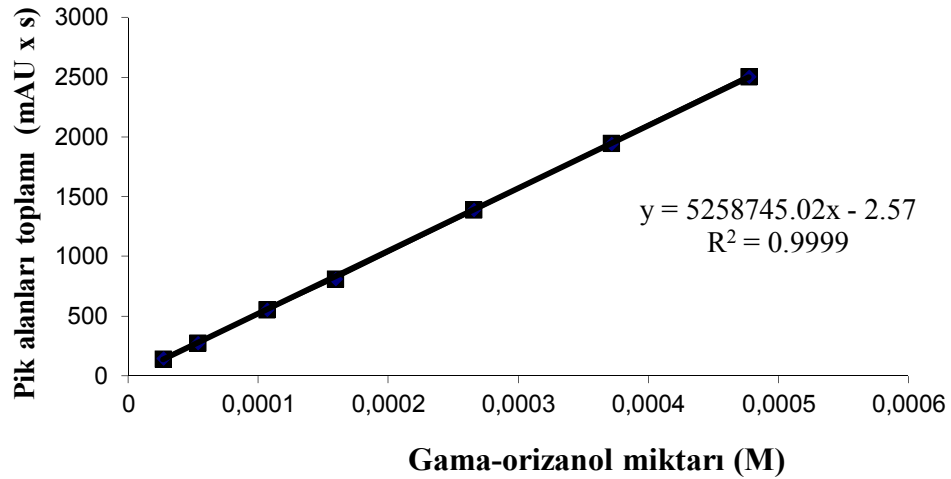
Japonya) şirketi tarafından temin edilmiştir. Xu ve Godber (1999), önce normal faz preparatif HPLC ve sonrasında da analitik ters faz HPLC ile saflaştırdığı 10 gama-orizanol fraksiyonunu türevleyerek GC-MS ile bireysel olarak tayin etmişlerdir. Bu fraksiyonlardan, gama-orizanolün yaklaşık olarak %90-95'ini oluşturan 4 fraksiyon; sikloartenil ferulat, 24-metilen-sikloartenol ferulat, kampesteril ferulat ve sitosteril ferulat başka araştırmacılar tarafından da doğrudan ters faz HPLC ile analiz edilmiş, NMR ve MS ile doğrulamış ve Xu ve Godber'in (1999) sonuçları ile uyumlu sonuçlar rapor edilmiştir (Fang ve ark., 2003; Kumar ve ark., 2009). Bu çalışmada da doğrudan ters faz HPLC ile gama-orizanolün 4 fraksiyonu belirlenmiştir. Bu gama-orizanol fraksiyonlarının bireysel olarak ticari standartları mevcut olmadığından her birine ait miktar tayini yapılmamış ancak, benzer sabit ve mobil faz kullanarak yapılan ve bireysel tanımlama verisi bulunan çalışmalarla hem miktar hem de elüsyon sırası bakımından örtüştüğünden bu fraksiyonlar sırasıyla sikloartenol, 24-metilen-sikloartenol, kampesterol ve sitosteril ferulat olarak tanımlanmıştır (Chen ve Bergman 2005; Tuncel ve Yılmaz, 2011).



Şekil . Ham pirinç kepeğinin (1) ve gama-orizanol standardının (2) kromatogramları.

Gama-orizanol standardının kromatogramı ile ham pirinç kepeğinin kromatogramı Şekil 15’te gösterilmiştir.

Ham ve farklı koşullarda stabilize edilen pirinç kepeklerinin gama-orizanol miktarlarını hesaplamak için farklı molaritelerde hazırlanan gama-orizanol standartlarına karşılık elde edilen 4 farklı fraksiyonun pik alanlarının toplamı ile oluşturulan doğrusal kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır (Şekil 16).



Şekil . Gama-orizanol standardına ait doğrusal kalibrasyon eğrisi.

Gama-orizanol analizi için tespit alt sınırı (LOD) ve tayin alt sınırı (LOQ) değerleri sırasıyla 3.27×10^{-6} M ve 1.09×10^{-5} M olarak belirlenmiştir. Geri kazanım değeri toplam gama-orizanol miktarı için %93-105 arasında bulunmuştur.

Ham ve farklı koşullarda stabilize edilen pirinç kepeklerinin gama-orizanol miktarları Çizelge 12’de sunulmuş olup, miktarları 4.24 ile 4.83 g/kg KM arasında bulunmuştur. IR stabilizasyonun gama-orizanol miktarı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$).

Thanonkaew ve ark. (2012), ham pirinç kepeği yağında 20.3 g/kg, sıcak hava, kavurma, buhar verme ve MW ile stabilize ettikleri pirinç kepeklerinin yağlarında ise sırasıyla 23.0, 22.4, 21.6 ve 22.5 g/kg gama-orizanol tespit etmişlerdir. Shin ve ark. (1997), pirinç kepeğini 140 °C sıcaklıkta ekstrude etmiş ve işlem sonrası bu sıcaklıkta 6 dakika bekletmişlerdir. Araştırmacılar, bu işlemin sonunda gama-orizanol miktarında sadece %10.8’lik bir kayıp olduğunu ve gama-orizanolün E vitaminine kıyasla ısıya karşı çok daha stabil bir bileşik olduğunu belirtmişlerdir. Kim ve ark (2002), pirinç embriyosunu 160, 170 ve 180 °C sıcaklıklarda 5, 10 ve 15 dakika boyunca kavurmuşlar ve mekanik olarak yağ çıkarma işlemi

yapmışlardır. Araştırmacılar, söz konusu şartlardaki kavurma işleminin gama-orizanol miktarı üzerine etkisinin önemli olmadığını belirtmişlerdir ($p>0.05$). Bulunan sonuçlar, sözü geçen araştırmacıların sonuçları ile uyumludur. Gama-orizanol, pirinç kepeğinde mevcut olan antioksidanların en önemlilerindendir (Xu ve ark., 2001; Patel ve Naik, 2004; Juliano ve ark., 2005). Xu ve ark. (2001), pirinç kepeğinde bulunan gama-orizanolün antioksidan aktivitesinin E vitamininden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca gama-orizanol, pirinç kepeğinde tokoferollerden yaklaşık olarak 10 kat daha fazla bulunduğundan pirinç kepeğinin başat antioksidan maddesi olduğu söylenebilir (Xu ve ark., 2001). Gama-orizanolün, kolesterol düşürücü, trombosit agregasyonunu azaltıcı, sinirsel rahatsızlıkları dengeleyici ve hormon düzenleyici etkileri olduğu rapor edilmiştir (Patel ve Naik, 2004; Lerma-García ve ark., 2009). Patel ve Naik (2004), gama-orizanolün UV ışığı ile tetiklenen lipid peroksidasyonuna karşı koruyucu etkisi olduğunu ve ferulik asit ile gama-orizanol içeren patentli güneş koruyucu kremler üretildiğini bildirmişlerdir. Bu nedenlerle söz konusu şartlardaki IR stabilizasyonun gama-orizanol miktarı üzerinde negatif bir etkisi olmaması istenen bir durumdur.

Çizelge . Ham ve farklı koşullarda stabilize edilen pirinç kepeklerinin gama-orizanol miktarları (n=3)

Örnekler	Gama-orizanol (g/kg KM pirinç kepeği)
Ham pirinç kepeği	4.41 ± 0.34
500 W 4.0 dk	4.42 ± 0.23
500 W 5.2 dk	4.33 ± 0.20
500 W 6.3 dk	4.26 ± 0.27
500 W 7.2 dk	4.33 ± 0.32
500 W 8.3 dk	4.33 ± 0.16
600 W 3.0 dk	4.61 ± 0.32
600 W 4.0 dk	4.83 ± 0.07
600 W 5.2 dk	4.49 ± 0.23
700 W 2.0 dk	4.43 ± 0.45
700 W 3.0 dk	4.24 ± 0.50
p	0.966

4.4.3. Tokoferol sonuçları

Tokoferol tayini için normal faz HPLC analizi yapılmış olup, alfa (α), beta (β), gama (γ) ve delta (δ) tokoferol izomerleri belirlenmiştir. Bu izomerlerin her biri için ayrı ayrı kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve sonuçlar bu eğrilerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Tokoferol izomerlerine ait kalibrasyon parametreleri Çizelge 13'te sunulmuştur.

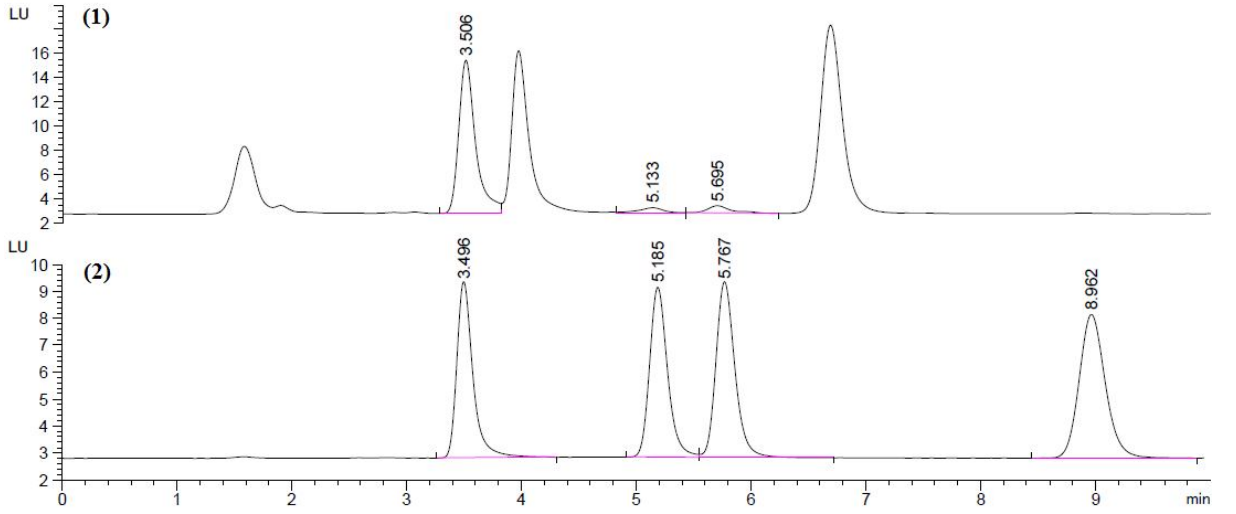
Çizelge . Tokoferol izomerlerine ait kalibrasyon parametreleri

Kalibrasyon parametreleri (n=6)					
Tokoferoller	a \pm SD	b \pm SD	r	LOD (M)	LOQ (M)
α	724900 \pm 9004	-2.34 \pm 0.64	0.9992	2.92 x 10 ⁻⁶	8.86 x 10 ⁻⁶
β	456100 \pm 6619	-1.00 \pm 0.81	0.9989	5.86 x 10 ⁻⁶	1.77 x 10 ⁻⁵
γ	480300 \pm 2906	-1.10 \pm 0.35	0.9998	2.44 x 10 ⁻⁶	7.41 x 10 ⁻⁶
δ	442300 \pm 4428	-1.74 \pm 0.67	0.9995	5.02 x 10 ⁻⁶	1.52 x 10 ⁻⁵

Tokoferol tayininde kullanılan metodun kesinliği, ölçümlerin tekrar edilebilirliği esas alınarak belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 14'te gösterilmiştir. Validasyon prosedürü ICH (1996) esas alınarak uygulanmıştır. Sonuçlar, oldukça yüksek kesinlik göstermiş olup, hem alıkonma zamanı hem alan açısından bulunan bağıl standart sapmalar ICH tarafından önerilen %2 değerinin altındadır. Ham kepekte α , β , γ ve δ tokoferollerin geri kazanımları sırasıyla %85, 90, 93 ve 85 olarak bulunmuştur. Ham pirinç kepeği ve tokoferol standartlarının kromatogramları Şekil 17'de gösterilmiştir. Elüsyon sırasına göre bulunan pikler α , β , γ ve δ tokoferol olarak tanımlanmıştır. Mobil fazda kullanılan izopropanol miktarının özellikle β ve γ izomerlerinin rezolüsyonu üzerinde oldukça etkili olduğu gözlenmiştir. %0.1'in üzerindeki izopropanol konsantrasyonları söz konusu izomerlerin birlikte elue olmasına neden olmuştur.

Çizelge . Tokoferol tayini kesinlik parametreleri

Tokoferoller	Günler içi (n=6)						Günler arası (n=18)		
	1. gün		2. gün		3. gün		Toplam		
	Alıkonma zamanı	Alan	Alıkonma zamanı	Alan	Alıkonma zamanı	Alan	Alıkonma zamanı	Alan	
α	Ortalama	3.47	61.07	3.47	60.22	3.48	59.82	3.47	60.37
	Standart sapma	0.01	1.41	0.01	1.02	0.02	0.59	0.01	1.13
	% Bağıl standart sapma	0.29	2.31	0.29	1.69	0.57	0.99	0.29	1.87
β	Ortalama	5.16	61.16	5.18	63.17	5.19	63.76	5.18	62.70
	Standart sapma	0.01	0.61	0.01	0.51	0.02	0.17	0.02	1.22
	% Bağıl standart sapma	0.19	1.00	0.19	0.81	0.39	0.27	0.39	1.95
γ	Ortalama	5.73	69.05	5.74	71.51	5.75	71.87	5.74	70.81
	Standart sapma	0.02	0.79	0.01	0.50	0.02	0.41	0.02	1.40
	% Bağıl standart sapma	0.35	1.14	0.17	0.70	0.35	0.57	0.35	1.98
δ	Ortalama	8.86	87.54	8.86	90.01	8.89	91.77	8.87	89.77
	Standart sapma	0.05	0.73	0.03	0.62	0.04	0.61	0.04	1.89
	% Bağıl standart sapma	0.56	0.83	0.34	0.69	0.45	0.66	0.45	2.11



Şekil . Ham pirinç kepeği (1) ve tokoferol standartlarına (2) ait kromatogramlar.

Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin tokoferol miktarları Çizelge 15’te sunulmuştur. Pirinç kepeğinde, α -tokoferol en yüksek miktarda bulunan tokoferol izomeri olarak belirlenirken, δ -tokoferol tespit edilememiştir. α , β ve γ -tokoferol izomerlerinin miktarı sırasıyla 62.26-128.57, 5.08-9.12 ve 8.62-12.87 mg/kg pirinç kepeği aralığında değişkenlik göstermiştir. Çalışma kapsamında incelenen IR stabilizasyon koşullarının, tespit edilen tüm tokoferol izomerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde kayba neden olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Genel olarak yüksek IR gücünde kısa süre ile stabilize edilen pirinç kepeklerinin tokoferol miktarında nispi olarak daha az kayıp olduğu gözlenmiştir. 500 W IR gücünde stabilize edilen pirinç kepeklerinin, tüm izomerler içerisinde biyolojik olarak en aktif izomer olan α -tokoferol miktarında yaklaşık %50 oranında kayıp söz konusudur. Tüm stabilizasyon şartlarında genel olarak β - ve γ -tokoferollerde α -tokoferole nispetle daha az kayıp olduğu söylenebilir. Tokoferol izomerlerinin ısı stabilitesi üzerine yapılan çalışmalarda α -tokoferolün δ -tokoferole göre daha az stabil olduğu konusunda görüş birliği mevcuttur. Bununla birlikte β - ve γ -tokoferollerin ısı stabilitesi söz konusu diğer iki izomerin arasında ve orta düzeyde olarak rapor edilmiştir (Yoshida ve ark., 1991).

Çizelge . Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin tokoferol miktarları (mg/kg pirinç kepeği)**

Örnekler	Tokoferoler				Toplam tokoferol miktarı
	α -T	β -T	γ -T	δ -T	
Ham kepek	128.57 \pm 4.05 ^A	9.07 \pm 0.10 ^A	12.87 \pm 0.32 ^A	t.e.*	150.51 \pm 4.48 ^A
500 W 4.0 dk	62.26 \pm 1.34 ^D	5.45 \pm 0.06 ^C	8.99 \pm 0.23 ^{DE}	t.e.	76.71 \pm 1.16 ^D
500 W 5.2 dk	62.88 \pm 0.90 ^D	6.14 \pm 0.01 ^{BC}	9.89 \pm 0.13 ^{CD}	t.e.	78.92 \pm 0.77 ^D
500 W 6.3 dk	65.78 \pm 1.43 ^D	5.08 \pm 0.01 ^C	8.62 \pm 0.04 ^E	t.e.	79.49 \pm 1.48 ^D
500 W 7.2 dk	66.72 \pm 1.83 ^D	5.78 \pm 0.14 ^{BC}	10.34 \pm 0.18 ^C	t.e.	82.85 \pm 2.14 ^D
500 W 8.3 dk	65.62 \pm 0.45 ^D	5.33 \pm 0.04 ^C	9.47 \pm 0.18 ^{CDE}	t.e.	80.41 \pm 0.67 ^D
600 W 3.0 dk	97.24 \pm 1.28 ^C	6.13 \pm 0.11 ^{BC}	10.20 \pm 0.32 ^C	t.e.	113.57 \pm 1.06 ^C
600 W 4.0 dk	68.52 \pm 0.91 ^D	5.55 \pm 0.09 ^C	8.86 \pm 0.06 ^{DE}	t.e.	82.93 \pm 0.76 ^D
600 W 5.2 dk	64.62 \pm 1.32 ^D	5.90 \pm 0.25 ^{BC}	8.94 \pm 0.25 ^{DE}	t.e.	79.46 \pm 1.81 ^D
700 W 2.0 dk	110.29 \pm 1.56 ^B	9.12 \pm 0.92 ^A	12.61 \pm 0.51 ^A	t.e.	132.03 \pm 0.13 ^B
700 W 3.0 dk	100.47 \pm 0.87 ^C	7.01 \pm 0.04 ^B	11.58 \pm 0.10 ^B	t.e.	119.06 \pm 1.01 ^C
p	0.000	0.000	0.000	-	0.000

*t.e.: tespit edilememiştir.

**Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

Toplam tokoferol miktarı açısından bakıldığında SYA artışının en uzun süre engellenemediği koşullar olan 600 W IR gücünde 5.2 dakika ve 700 W IR gücünde 3.0 dakika stabilize edilen pirinç kepeklerinde sırasıyla %47 ve %21 oranında toplam tokoferol kaybı tespit edilmiştir. Bununla birlikte en az toplam tokoferol kaybı %12 olarak 700 W IR gücünde 2.0 dakika stabilize edilen pirinç kepeğinde gözlenmiştir. 600 ve 700 W IR güçlerinde stabilize edilen kepeklerin tokoferol miktarı stabilizasyon süresi uzadıkça azalma eğilimi göstermiştir. 600 W IR gücünde 3.0 dakika stabilize edilen pirinç kepeklerinin toplam tokoferol miktarı 4.0 ve 5.2 dakika stabilize edilen kepeklerle nispetle istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı şekilde 700 W IR gücünde 2.0 dakika stabilize edilen pirinç kepeklerinin toplam tokoferol miktarı da 3.0 dakika stabilize edilen kepeklerle göre daha yüksektir ($p < 0.05$). Seçilen 10 farklı koşulda yapılan stabilizasyon işleminin gama-orizanol miktarında önemli bir etkisi olmadığı düşünüldüğünde, gama-orizanolün ısıl stabilitesinin tokoferollere göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Analiz edilmemiş olmakla birlikte, tokotrienollerin de IR stabilizasyon sonucunda belli düzeyde kayba uğraması muhtemeldir.

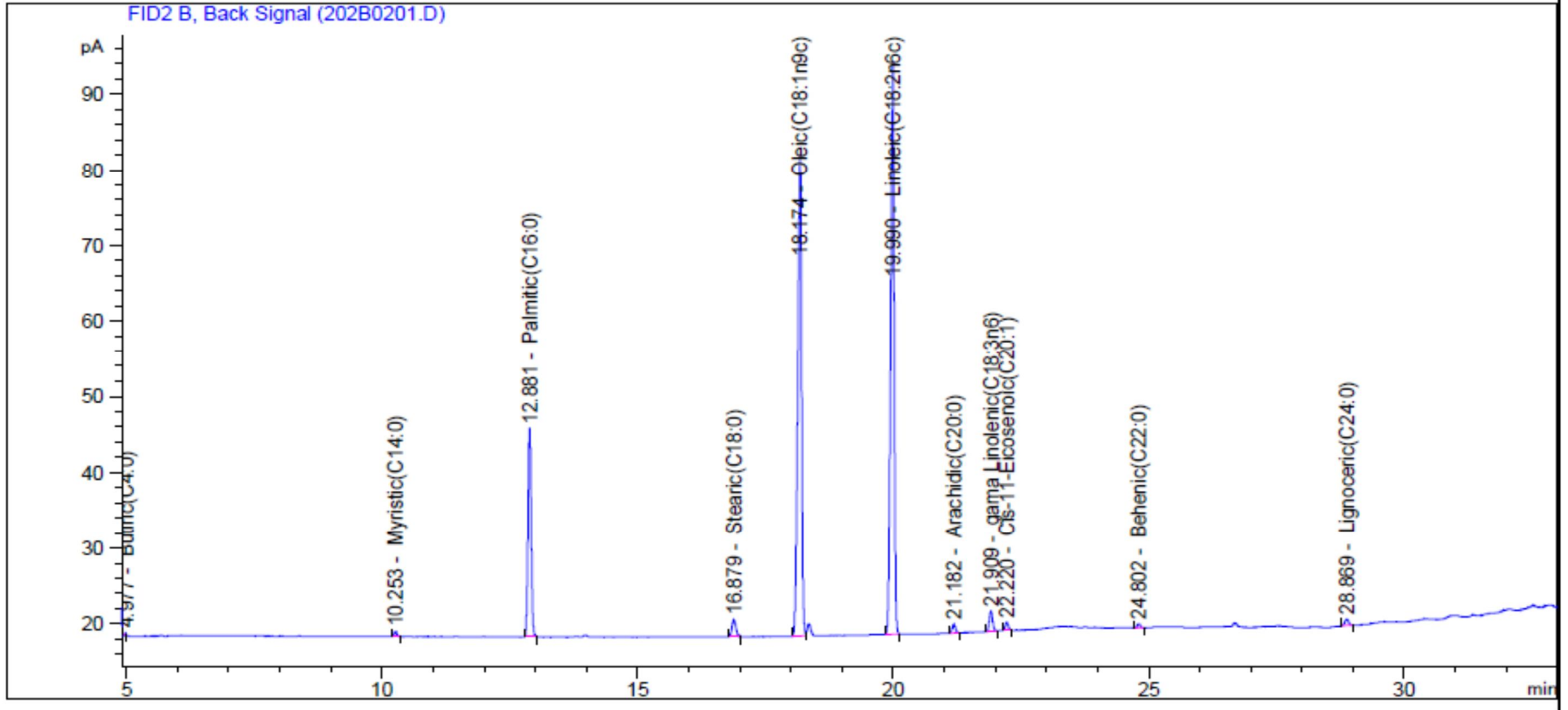
Shin ve Godber (1996), 5, 10 ve 15 kGy dozlarında gama-ışınlamaya tabi tuttıkları pirinç kepeklerinin toplam tokoferol miktarında ham kepeğe kıyasla sırasıyla %46, 62 ve 74 oranında kayıp meydana geldiğini belirtmişlerdir. Shin ve ark. (1997), ekstrüzyon sıcaklığının 110 °C'den 140 °C'ye çıkarılmasının pirinç kepeklerinin toplam tokoferol miktarında %9'luk bir kayba neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bruscatto ve ark. (2009), rafine edilmiş pirinç kepeği yağını hava sirkülasyonu olmayan ve ışıktan korumalı bir sistemde 100 °C ve 180 °C sıcaklıklarda 48, 96, 144, 192, 240, 336 ve 432 saat boyunca ısıtmışlardır. Tokoferol izomerleri arasında en yüksek miktarda bulunan ve ısıl işlem ile miktarında en çok kayıp gözlenen izomerin α -tokoferol olduğunu belirten araştırmacılar, 100 °C'de 432 saat ısıtmanın α -tokoferol miktarında %28 oranında kayba neden olduğunu tespit etmişlerdir. Buna karşılık, 180 °C'de yapılan ısıtmada 240 saat sonra α -tokoferolün %100'ünün parçalandığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, Yoshida ve ark. (1991)'a benzer biçimde β - ve γ -tokoferol izomerlerinin ısıl stabilitesinin α -tokoferole kıyasla yüksek olduğunu, ısıya en stabil izomerin ise δ -tokoferol olduğunu bildirmişlerdir. Diğer yandan Ko ve ark. (2003), MW ile 2450 MHz frekansta 120 saniye stabilize ettikleri pirinç kepeklerinin tokoferol miktarında artış olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, ayrıca elektrikli ısıtıcıda 170 °C'de 20 dakika, 180 °C'de 5 dakika ve 190 °C'de 3 dakika stabilize ettikleri pirinç kepeklerinin tokoferol miktarlarında da artış tespit etmiş, bununla birlikte

belirtilenden daha uzun işlem sürelerinde yapılan stabilizasyon işleminin tokoferol miktarlarında önemli bir düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir.

4.4.4. Yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Ham pirinç kepeğine ait gaz kromatografisi (GC) kromatogramı Şekil 18’de sunulmuştur. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin yağ asidi kompozisyonları Çizelge 16’da gösterilmiştir. Pirinç kepeği yağında ortalama %19 doymuş ve %81 doymamış yağ asidi tespit edilmiştir. Bununla birlikte tespit edilen yağ asitleri arasında en başat olanları; palmitik (C16:0) (%16), oleik (C18:1) (%39) ve linoleik (C18:2) (%41) asit olup, toplam lipidin %96’sını oluşturmaktadır. Bütirik (C4:0), laurik (C12:0), cis-11-eikosenoik (C20:1), beheik (C22:0), trikosanoik (C23:0) ve lignoserik (C24:0) asitlerin miktarı ise %1’in altında bulunmuştur (veri gösterilmedi). Pirinç kepeği yağ asidi kompozisyonu daha önce Saunders (1985), Malekian ve ark. (2000) ve Kahlon (2009) gibi araştırmacıların belirttiği değerlerle uyumluluk göstermektedir. Goffman ve ark. (2003), 204 pirinç çeşidini yağ miktarı ve yağ asidi kompozisyonu bakımından incelemişlerdir. Araştırmacılar, oleik (%35.9-49.2) ve linoleik asit (%27.3-41.0) miktarı bakımından oldukça yüksek bir varyasyon tespit etmekle birlikte, stearik (%1.5-2.9) ve linolenik asit (%0.8-1.9) miktarlarının çok düşük bir varyasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir.

IR stabilizasyonun pirinç kepeğinin yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ramezanzadeh ve ark. (2000) da benzer olarak ham pirinç kepeği ile MW ile 850 W ve 2450 MHz frekansta 3 dakika stabilize ettikleri pirinç kepeklerinin sıfıncı gündeki palmitik, stearik, oleik, linoleik ve linolenik asit miktarlarını sırasıyla 14.5 ve 14.3, 2.3 ve 2.2, 47.9 ve 48, 32.4 ve 32.6, 1.1 ve 1.1 olarak belirtmişlerdir.



Şekil . Ham pirinç kepeğine ait GC kromatogramı.

Çizelge . Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin yağ asidi kompozisyonu (%)*

Örnekler	Miristik	Palmitik	Stearik	Oleik	Linoleik	γ -linolenik	Araşidik	Doymuş	Doymamış
	(C 14:0)	(C 16:0)	(C 18:0)	(C 18:1)	(C 18:2)	(C 18:3)	(C 20:0)		
Ham kepek	0.29	14.09	1.44	38.70	42.10	1.38	0.56	16.38	82.18
500 W 4.0 dk	0.32	15.10	1.38	37.90	41.30	1.59	0.61	17.41	81.09
500 W 5.2 dk	1.22	16.90	2.47	37.30	38.30	1.43	0.59	21.18	77.03
500 W 6.3 dk	0.35	15.60	1.27	38.40	40.80	1.36	0.64	17.86	80.56
500 W 7.2 dk	0.41	15.60	1.40	38.60	40.30	1.46	0.63	18.04	80.36
500 W 8.3 dk	0.35	16.00	1.46	39.90	38.80	1.32	0.65	18.46	80.02
600 W 3.0 dk	0.33	15.00	1.24	38.50	41.20	1.37	0.61	17.18	81.07
600 W 4.0 dk	0.41	15.30	1.33	38.70	41.00	1.38	0.61	17.65	81.08
600 W 5.0 dk	0.39	15.20	1.30	38.60	41.02	1.37	0.61	17.5	80.99
700 W 2.0 dk	0.53	15.40	1.40	38.60	40.60	1.35	0.61	17.94	80.55
700 W 3.0 dk	0.32	15.00	1.29	39.00	41.10	1.44	0.61	17.22	81.54
Gözlem aralığı	0.29-1.22	14.09-16.90	1.24-2.47	37.30-39.90	38.30-42.10	1.32-1.59	0.56-0.65	16.38-21.18	77.03-82.18

* Sonuçlar 2 enjeksiyon ortalamasıdır.

**Minor yağ asitleri (C 4:0 (butirik), C 12:0 (laurik), C 20:1 (cis-11-eikosenoik), C 22:0 (behenik), C 23:0 (trikosanoik), C 24:0 (lignoserik)) gösterilmemiştir.

4.4.5. B grubu vitaminlerin sonuçları

B grubu vitaminlere ait kalibrasyon verileri Çizelge 17’de sunulmuştur. Oldukça zengin bir kaynak olmasına rağmen, pirinç kepeğinin B vitamini içeriğine ilişkin pek az sayıda çalışma mevcuttur. Bu durum, B vitaminlerinin analitik olarak belirlenmesindeki zorluklara atfedilmiştir. Bu çalışmada söz konusu B grubu vitaminler ayrı ayrı metot ve analizlerle belirlenmiştir. B grubu vitaminlerin kimyasal özelliklerinin farklı olması ve materyalden kaynaklanan safsızlıklar ve girişimler nedeniyle, kullanılan HPLC-UV ve HPLC-FLD tekniklerinin eşzamanlı olarak tek enjeksiyonla B grubu vitamin tayini için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte B grubu vitaminlerin veya suda çözünen tüm vitaminlerin vitamin tabletleri gibi basit matrislerde eşzamanlı olarak analiz edilmesinin hızlı ve tasarruflu bir yol olabileceği öngörülmüştür. Pirinç kepeği matrisi için tiamin, riboflavin, niasin, pridoksamin, pridoksal ve pridoksinin geri kazanım değerleri sırasıyla %78, 73, 92, 88, 80 ve 84 olarak tespit edilmiştir. Claradiastase enzim karışımı ile inkübasyon süresinin B vitamini geri kazanımlarında oldukça önemli olduğu ve 48 saatlik inkübasyon süresinin sonunda bulunan tiamin miktarının 20 saatlik inkübasyon sonucunda bulunan miktarının yaklaşık 2 katı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte söz konusu enzimin 100 mg ve 500 mg miktarında kullanımının tayin edilen tiamin ve riboflavin alanlarına önemli bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca, ekstraksiyon sırasında uygulanan ısı işlemi 121 °C’de ve otoklavda yapılmasının, 100 °C’de ve su banyosunda yapılmasına kıyasla daha yüksek tiamin ve riboflavin sonuçları verdiği gözlenmiştir.

Ham ve stabilize kepeğin B₁, B₂, B₃, pridoksamin, pridoksal, pridoksin ve toplam B₆ vitamini miktarları Çizelge 18’de gösterilmiştir. Eksikliğinde beriberi olarak bilinen hastalığa neden olan tiamin, alkali ortamda ve potasyum ferrisiyanid gibi oksidantların varlığında yüksek derecede floresans özellik gösteren tiokrom bileşiğine dönüşmekte ve bu durum analitik olarak belirlenmesini kolaylaştırmaktadır (Arella ve ark., 1996). Çizelge 18’de görüldüğü üzere IR stabilizasyon pirinç kepeğinin tiamin miktarında %20 ile 42 arasında ve istatistiksel olarak önemli ölçüde kayba neden olmuştur (p<0.05). 500 W IR gücü ile stabilize edilen pirinç kepeklerinin tiamin miktarları arasında işlem süresi ile orantılı bir değişim ilişkisi gözlenmemekle beraber 600 ve 700 W IR gücü ile stabilize edilen kepeklerden daha kısa süre boyunca IR radyasyona maruz kalanların tiamin miktarı, daha uzun maruz kalanlara göre istatistiksel olarak önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). İncelenen B grubu vitaminler içerisinde en yüksek kayıp B₁ vitamininde gözlenmiştir.

Ball (2006), tiaminin, B grubu vitaminler içerisinde sıcaklığa en hassas vitamin olduğunu belirtmiştir. Eitenmiller ve ark. (2008), tiamin dekompozisyonunda pH'nın etkisini vurgulamış ve matriks pH'sı nötral bölgeye yaklaştıkça tiaminin ısıl stabilitesinin düştüğünü rapor etmişlerdir. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin sulu çözeltilerinin pH'ları arasında dikkate değer bir fark gözlenmemiş ve 6.2-6.5 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Riboflavin, flavin adenine dinükleotid (FAD) ve flavin mononükleotid (FMN) gibi koenzimlerin yapısında yer alarak pek çok metabolik reaksiyon zincirinde oksidasyon-reduksiyon reaksiyonlarına katılan ve biyolojik fonksiyonu bakımından önemli bir vitamindir. Görünür ışık ve UV ışığına hassasiyeti ile bilinen riboflavinin bu ışıklardan korunduğunda ve pH 2-5 aralığında 120 °C'ye kadar stabilitesini koruduğu belirtilmiştir (Ball, 2006). IR ile stabilize edilen pirinç kepeklerinin riboflavin miktarında ham kepeğe göre %26'ya kadar kayıp gözlenmekle birlikte bu kayıp istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte pirinç kepeğinde en az miktarda bulunan B grubu vitaminin de riboflavin olduğu gözlenmiştir. Lebedzinska ve Szefer (2006) de pirinç ve ürünlerinde riboflavinin oldukça az miktarda bulunduğunu rapor etmişlerdir. Fuh ve Chiang (2001), 130 °C'de 20 saniye boyunca ekstrude edilen pirinç kepeğinin tiamin ve riboflavin miktarlarında ham kepeğe kıyasla sırasıyla %6 ve 11 oranında kayıp gözlendiğini belirtmişlerdir.

Niasin, NAD (Nikotinamid adenin dinükleotid) ve NADP (Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat) gibi biyolojik olarak aktif koenzimlerin yapısında yer alarak metabolizmada önemli redoks reaksiyonlarına giren ve eksikliğinde pellegra hastalığına yol açan önemli bir vitamindir. Niasin ifadesi terimsel olarak nikotinamid ile ilişkili biyolojik aktivite gösteren bileşiklerin tümüne verilen genel bir isimdir. Niasin terimi, nikotinamid, nikotinic asit ve birçok pyridine nükleotid yapısına karşılık gelmektedir (Kirkland, 2007). Bununla birlikte, bu çalışmada pirinç kepeklerinde yapılan HPLC analizinde standart madde olarak nikotinamid kullanıldığından niasin ifadesi nikotinamidi ifade etmektedir. Ham ve stabilize pirinç kepeklerindeki niasin miktarı 256 ile 388 mg/kg KM arasında değişkenlik göstermiştir. Niasinin (nikotinamid) pirinç kepeğindeki en baskın B grubu vitamin olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, IR stabilizasyonun pirinç kepeklerindeki nikotinamid miktarı üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Eitenmiller ve ark. (2008), niasinin en stabil B grubu vitamini olduğunu ve gıda işleme prosedürlerinden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte Fuh ve Chiang (2001), ekstrüzyon işleminin pirinç kepeğindeki niasin miktarını etkilemediğini bildirmişlerdir ($p>0.05$).

B₆ vitamini pyridin türevlerini içeren birçok bileşiğin genel adı olup, bu terim pridoksin (pridoksol), pridoksal, pridoksamin ve bunların fosforlanmış türevlerini kapsamaktadır (Dakshinamurti ve Dakshinamurti, 2007). Bu nedenle çalışmada kapsamında incelenen pirinç kepeklerinde bu 3 form da analiz edilmiştir. Pridoksin'in, pirinç kepeğindeki en baskın B₆ vitamini formu olduğu ve onu sırasıyla pridoksamin ve pridoksal'in izlediği tespit edilmiştir. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin B₆ vitamini aktivitesi gösteren bileşenlerinin miktarı Çizelge 19'da gösterilmiştir. Pirinç kepeklerinde yapılan analizlerde IR stabilizasyonun pridoksamin ve pridoksin miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmakla beraber ($p < 0.05$), değerler sayısal olarak incelendiğinde bu değişimin pratikteki karşılığının önemsiz olduğu görülmektedir. Ayrıca IR stabilizasyonun pridoksal miktarı ve toplam B₆ vitamini miktarı üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Pirinç kepeği stabilizasyon metodlarının, kepeğin B₆ vitamini miktarına etkisine ilişkin bir araştırmaya erişilememiştir.

Tıp akademilerinin diyetetik referanslarına göre 9 yaşından büyük kadın ve erkeklerin günlük B vitamini ihtiyacı; tiamin, riboflavin, niasin ve B₆ vitaminleri için sırasıyla 9.0-1.2, 0.9-1.3, 12-16, ve 1.0-1.7 mg/gün'dür (NAS, 2013). Bu bağlamda yaklaşık 50 g pirinç kepeği riboflavin dışındaki söz konusu B vitaminlerine olan günlük ihtiyacı karşılamaktadır.

Çizelge . B vitaminlerine ait kalibrasyon parametreleri

B vitaminleri	a ± SD	b ± SD	r	LOD (M)	LOQ (M)
Tiamin (B ₁)	144700000 ± 1787000	-11.62 ± 6.10	0.9994	1.36 x 10 ⁻⁷	4.22 x 10 ⁻⁷
Riboflavin (B ₂)	79720000 ± 181600	-1.55 ± 0.99	1.0000	4.13 x 10 ⁻⁸	1.25 x 10 ⁻⁷
Niasin (B ₃)	2464000 ± 6102	-10.43 ± 2.98	1.0000	3.99 x 10 ⁻⁶	1.21 x 10 ⁻⁵
Pridoksamin dihidroklorid (B ₆)	18250000 ± 49680	1.05 ± 0.26	1.0000	4.85 x 10 ⁻⁸	1.47 x 10 ⁻⁷
Pridoksal hidroklorid (B ₆)	11540000 ± 59450	-0.81 ± 0.43	0.9999	1.25 x 10 ⁻⁷	3.79 x 10 ⁻⁷
Pridoksin hidroklorid (B ₆)	11010000 ± 53760	-0.36 ± 0.52	0.9999	1.58 x 10 ⁻⁷	4.80 x 10 ⁻⁷

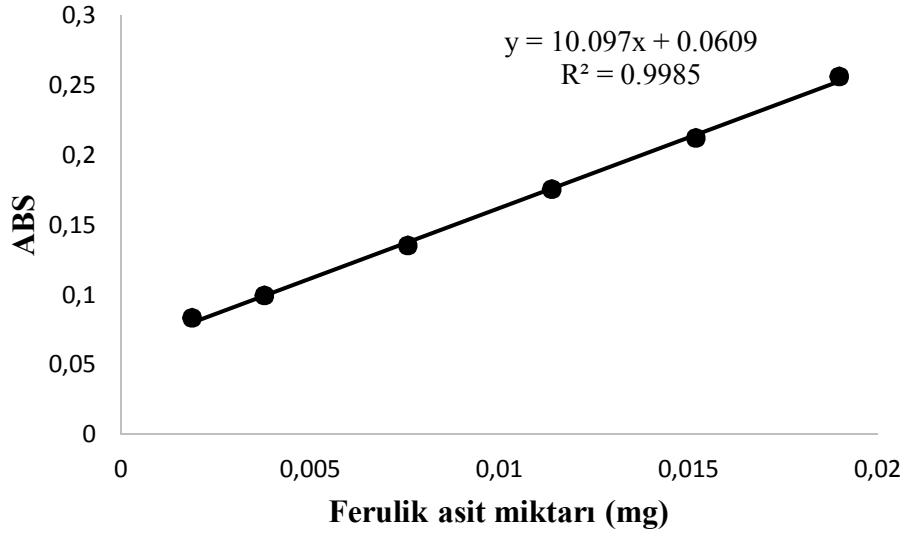
Çizelge Ham ve stabilize kepeklerin B vitamini miktarları (mg/kg KM) (n=3)*

Örnekler	B ₁	B ₂	B ₃	B ₆			Toplam
	Tiamin	Riboflavin	Niasin	Pridoksamin	Pridoksal	Pridoksin	
Ham kepek	36.92 ± 0.07 ^A	0.91 ± 0.12	338.50 ± 23.70	8.46 ± 0.53 ^{AB}	1.90 ± 0.16	12.86 ± 0.18 ^B	23.23 ± 0.87
500 W 4.0 dk	26.31 ± 4.00 ^{AB}	0.91 ± 0.02	256.50 ± 50.70	8.49 ± 0.20 ^A	1.97 ± 0.24	15.14 ± 0.61 ^{AB}	25.61 ± 0.16
500 W 5.2 dk	28.56 ± 0.82 ^{AB}	0.77 ± 0.10	315.30 ± 52.70	7.81 ± 0.14 ^{AB}	1.90 ± 0.08	14.58 ± 0.53 ^{AB}	24.30 ± 0.59
500 W 6.3 dk	21.28 ± 2.01 ^B	0.76 ± 0.01	376.70 ± 21.40	8.01 ± 0.11 ^{AB}	1.99 ± 0.10	16.91 ± 1.02 ^{AB}	26.92 ± 1.03
500 W 7.2 dk	29.45 ± 3.95 ^{AB}	0.84 ± 0.03	385.80 ± 67.80	7.59 ± 0.15 ^{ABC}	2.13 ± 0.16	15.84 ± 0.74 ^{AB}	25.58 ± 1.06
500 W 8.3 dk	22.88 ± 0.63 ^B	0.71 ± 0.07	365.40 ± 61.50	7.32 ± 0.33 ^{ABC}	2.65 ± 0.32	17.18 ± 1.30 ^A	27.16 ± 1.96
600 W 3.0 dk	27.96 ± 1.99 ^{AB}	0.91 ± 0.05	298.80 ± 16.30	8.63 ± 0.15 ^A	1.85 ± 0.14	15.19 ± 0.56 ^{AB}	25.68 ± 0.57
600 W 4.0 dk	24.29 ± 2.09 ^B	0.67 ± 0.05	262.50 ± 29.40	8.24 ± 0.24 ^{AB}	2.37 ± 0.12	16.79 ± 0.06 ^{AB}	27.40 ± 0.05
600 W 5.2 dk	21.37 ± 1.58 ^B	0.69 ± 0.05	326.87 ± 8.03	7.12 ± 0.19 ^{BC}	2.30 ± 0.02	17.14 ± 0.56 ^A	26.57 ± 0.34
700 W 2.0 dk	26.28 ± 0.80 ^{AB}	0.80 ± 0.10	309.40 ± 12.90	8.40 ± 0.05 ^{AB}	1.80 ± 0.02	15.32 ± 1.29 ^{AB}	25.52 ± 1.26
700 W 3.0 dk	23.07 ± 2.65 ^B	0.74 ± 0.15	388.30 ± 26.60	6.40 ± 0.02 ^C	2.20 ± 0.27	16.63 ± 0.05 ^{AB}	25.24 ± 0.35
p	0.015	0.356	0.289	0.001	0.114	0.038	0.168

*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

4.4.6. Toplam fenol sonuçları

Toplam fenol sonuçları materyal metot bölümünde belirtildiği üzere serbest ve bağlı olmak üzere 2 ayrı formda belirlenmiştir. Toplam fenol miktarı, tahıllarda en çok bulunan fenolik asit olan ferulik asit cinsinden ve kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Ferulik asit kalibrasyon eğrisi Şekil 19’ da sunulmuştur.



Şekil . Toplam fenol tayininde kullanılan ferulik asit eğrisi.

Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin toplam fenol miktarı Çizelge 19’da sunulmuştur. Pirinç kepeğinde bağlı formda bulunan fenollerin serbest formda bulunanların yaklaşık 2 katı olduğu gözlenmiştir. Tahıllardaki fenolik maddelerin çok önemli bir kısmının bitkinin hücre duvarının bir bileşeni olarak selüloz, lignin ve proteinlere bağlı formda bulunduğu bildirilmiştir (Adom ve Liu, 2002; Zhou ve ark., 2004; Pérez-Jiménez ve Saura-Calixto, 2005). Bununla birlikte, Onofre ve Hettiarachchy (2007) pirinç kepeğindeki toplam fenolik maddenin %70’inin hücre duvarındaki karbonhidratlara çapraz bağlarla bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Iqbal ve ark. (2005), pirinç kepeğindeki toplam fenolik madde miktarının buğday kepeğinden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Zhou ve ark. (2004) da pirinç kepeğindeki toplam fenolik madde miktarının arpa kepeği, arpa endospermi ve tam buğdaydan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

IR stabilizasyonun pirinç kepeklerinin serbest, bağlı ve toplam fenol miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). İncelenen çalışmalarda genel olarak ısıl işlemin toplam fenolik madde miktarını artırdığı görülmüştür (Balasundram

ve ark., 2006; Randhir ve ark., 2008; Thanonkaew ve ark., 2012). Bu durumun gerçek bir artıştan ziyade bağlı formdaki fenolik maddelerin ekstraksiyon işlemleri sırasında ısıl işlem etkisiyle daha ulaşılabilir bir form kazanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

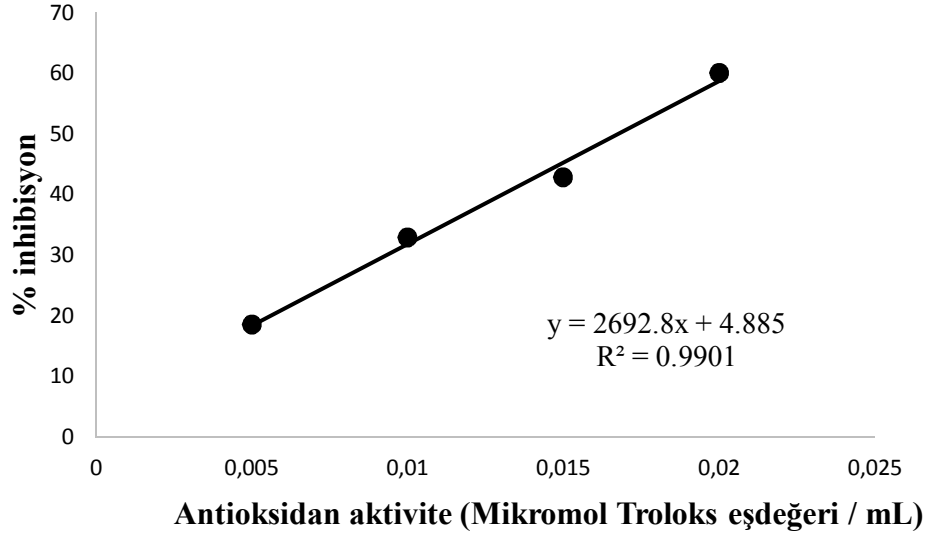
Çizelge . Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin toplam fenol miktarı (mg FAE/g KM) (n=3)*

Örnekler	Serbest fenol (a)	Bağlı fenol (b)	Toplam fenol (a + b)
Ham pirinç kepeği	3.09 ± 0.21	7.51 ± 0.18	10.60 ± 0.03
500 W 4.0 dk	3.04 ± 0.09	6.23 ± 0.41	9.28 ± 0.31
500 W 5.2 dk	2.81 ± 0.20	6.78 ± 0.46	9.60 ± 0.67
500 W 6.3 dk	2.93 ± 0.36	8.15 ± 0.87	11.08 ± 0.50
500 W 7.2 dk	3.23 ± 0.48	6.43 ± 0.01	9.65 ± 0.49
500 W 8.3 dk	2.84 ± 0.21	6.31 ± 0.67	9.15 ± 0.89
600 W 3.0 dk	3.41 ± 0.09	5.97 ± 0.51	9.39 ± 0.62
600 W 4.0 dk	3.87 ± 0.16	5.45 ± 0.08	9.31 ± 0.23
600 W 5.2 dk	3.51 ± 0.07	6.04 ± 0.09	9.55 ± 0.02
700 W 2.0 dk	3.43 ± 0.04	6.39 ± 0.95	9.85 ± 0.90
700 W 3.0 dk	3.38 ± 0.12	6.96 ± 0.62	10.34 ± 0.49
p	0.127	0.143	0.359

*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

4.4.7. ABTS radikale karşı antioksidan aktivite tayini sonuçları

Sonuçlar mikromol Troloks eşdeğeri olarak g kuru madde pirinç kepeği üzerinden ifade edilmiştir. Bunun için bir antioksidan olan Troloks'un bilinen mol sayılarına karşılık hesaplanan % inhibisyon değerleri ile kalibrasyon eğrisi çizilmiştir (Şekil 20).



Şekil . Troloks standardı eğrisi.

Çizelge . Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin ABTS radikaline karşı gösterdikleri antioksidan aktivite (mikromol Troloks eşdeğeri/g KM kepek) (n=3)*

Örnekler	Serbest (a)	Bağlı (b)	Toplam (a + b)
Ham pirinç kepeği	49.50 ± 5.01 ^{AB}	114.07 ± 6.35	163.57 ± 1.34
500 W 4.0 dk	44.84 ± 0.50 ^{AB}	97.71 ± 0.30	142.56 ± 0.20
500 W 5.2 dk	44.33 ± 2.43 ^{AB}	103.26 ± 0.31	147.58 ± 2.11
500 W 6.3 dk	46.93 ± 4.75 ^{AB}	101.91 ± 3.44	148.84 ± 1.30
500 W 7.2 dk	39.83 ± 1.93 ^B	88.67 ± 2.85	128.49 ± 4.79
500 W 8.3 dk	46.74 ± 6.26 ^{AB}	90.00 ± 10.60	136.70 ± 16.90
600 W 3.0 dk	47.65 ± 1.92 ^{AB}	88.40 ± 3.56	136.05 ± 5.48
600 W 4.0 dk	60.21 ± 2.47 ^A	84.73 ± 0.71	144.95 ± 1.75
600 W 5.2 dk	55.10 ± 2.66 ^{AB}	91.94 ± 7.55	147.04 ± 4.88
700 W 2.0 dk	48.75 ± 1.22 ^{AB}	95.68 ± 7.65	144.43 ± 6.42
700 W 3.0 dk	53.30 ± 0.61 ^{AB}	95.53 ± 6.04	148.83 ± 5.42
p	0.042	0.095	0.134

*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05)

Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin Troloks eşdeğeri antioksidan aktiviteleri Çizelge 20’de sunulmuştur. Toplam fenolik madde miktarına benzer biçimde bağlı formdaki ekstraktların Troloks eşdeğeri antioksidan aktiviteleri serbest formdakilere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca toplam fenolik madde ve Troloks eşdeğeri antioksidan aktivite verileri arasında pozitif ve kuvvetli bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir ($r= 0.966$, $p=0.000$).

IR stabilizasyonun serbest formdaki antioksidan maddeler üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmakla beraber stabilizasyonda kullanılan IR gücü ve / veya işlem süresi ile ilişkilendirilebilecek bir varyasyon gözlenmemiştir. Sonuçların sayısal değer olarak birbirinden çok farklı olmadığı ve var olan farklılıkların analiz hatasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bağlı formdaki antioksidan maddeler ile toplam antioksidan aktivite bakımından IR stabilizasyonun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

4.4.8. DPPH radikaline karşı antioksidan aktivite tayini sonuçları

Ham ve stabilize kepeklerinin DPPH radikaline karşı gösterdikleri antioksidan aktivite, söz konusu radikalın %50 düzeyinde inhibe olmasına neden olan etkili konsantrasyon olarak (EC_{50}) mg kuru madde kepek üzerinden ifade edilmiştir (Çizelge 21). Bu nedenle daha düşük EC_{50} değerleri, daha yüksek antioksidan aktiviteye karşılık gelmektedir. Tek bir tayin metodu ile ölçülen antioksidan “aktivite” materyalin söz konusu metottaki belli şartlar altında işleyen mekanizmaya verdiği kimyasal reaksiyon olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte bir materyalin antioksidan “kapasite”sini belirlemek için birden fazla antioksidan aktivite tayininin yapılması önerilmektedir. Çünkü birbirlerinden çok farklı mekanizmalara dayanan çok çeşitli antioksidan aktivite tayin metotları mevcuttur (Huang ve ark., 2005). Bu nedenle ikinci bir metot olarak DPPH yöntemi seçilmiştir.

Serbest ve bağlı formdaki ekstraktların DPPH radikaline karşı gösterdikleri antioksidan aktiviteler arasında ciddi bir farklılık gözlemlenmemekle beraber, bağlı formdaki ekstraktların antioksidan aktivitelerinin serbest forma kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Pirinç kepeklerinin EC_{50} değerleri ile toplam fenolik madde miktarları arasında önemli ancak düşük bir korelasyon bulunmuştur ($r=-0.527$, $p=0.000$). Ayrıca EC_{50} değerleri ile diğer antioksidan kapasite tayin metodu olan Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite değerleri arasında da yine önemli ve düşük bir korelasyon söz konusudur ($r=-0.463$, $p=0.000$). Bu durum, materyaldeki mevcut antioksidan maddelerin, DPPH radikali ile reaksiyona girmesi için, metotta kullanılan inkübasyon süresinden daha uzun süreye ihtiyacı

olabileceğine veya DPPH radikaline karşı eylemsiz (inert) antioksidan maddelerin varlığına atfedilmiştir (Huang ve ark., 2005).

Serbest formdaki antioksidan maddelerin EC₅₀ değerleri üzerine IR stabilizasyonun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ancak stabilizasyon parametreleri ile ilişkili bir varyasyon gözlenmemiştir. Aynı durum toplam antioksidan aktivite için de geçerlidir. Bununla birlikte bağlı formdaki antioksidan maddeler üzerine IR stabilizasyonun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Sonuçların sayısal değer olarak birbirinden çok farklı olmadığı ve var olan farklılıkların analiz hatasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge . Ham ve stabilize kepeklerin DPPH radikalininin %50 oranında inhibisyonuna neden olan etkili konsantrasyonları (EC₅₀) (mg KM) (n=3)*

Örnekler	Serbest (a)	Bağlı (b)	Toplam (a + b)
Ham pirinç kepeği	13.53 ± 0.74 ^{AB}	11.65 ± 0.77	25.19 ± 0.03 ^{AB}
500 W 4.0 dk	14.66 ± 0.69 ^{AB}	13.46 ± 1.30	28.12 ± 0.60 ^{AB}
500 W 5.2 dk	16.90 ± 0.99 ^A	12.16 ± 1.29	29.06 ± 2.27 ^A
500 W 6.3 dk	12.97 ± 0.92 ^{AB}	8.99 ± 1.57	21.95 ± 0.64 ^B
500 W 7.2 dk	13.11 ± 0.25 ^{AB}	14.86 ± 1.88	27.97 ± 2.13 ^{AB}
500 W 8.3 dk	12.97 ± 0.12 ^{AB}	15.28 ± 0.53	28.25 ± 0.65 ^{AB}
600 W 3.0 dk	12.98 ± 0.67 ^{AB}	12.74 ± 1.06	25.72 ± 1.72 ^{AB}
600 W 4.0 dk	12.15 ± 0.45 ^B	13.98 ± 0.67	26.14 ± 0.22 ^{AB}
600 W 5.2 dk	16.36 ± 0.36 ^{AB}	13.64 ± 1.54	30.00 ± 1.18 ^A
700 W 2.0 dk	15.23 ± 1.53 ^{AB}	11.91 ± 1.23	27.14 ± 0.30 ^{AB}
700 W 3.0 dk	15.01 ± 0.32 ^{AB}	9.90 ± 0.19	24.92 ± 0.52 ^{AB}
p	0.012	0.062	0.022

*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

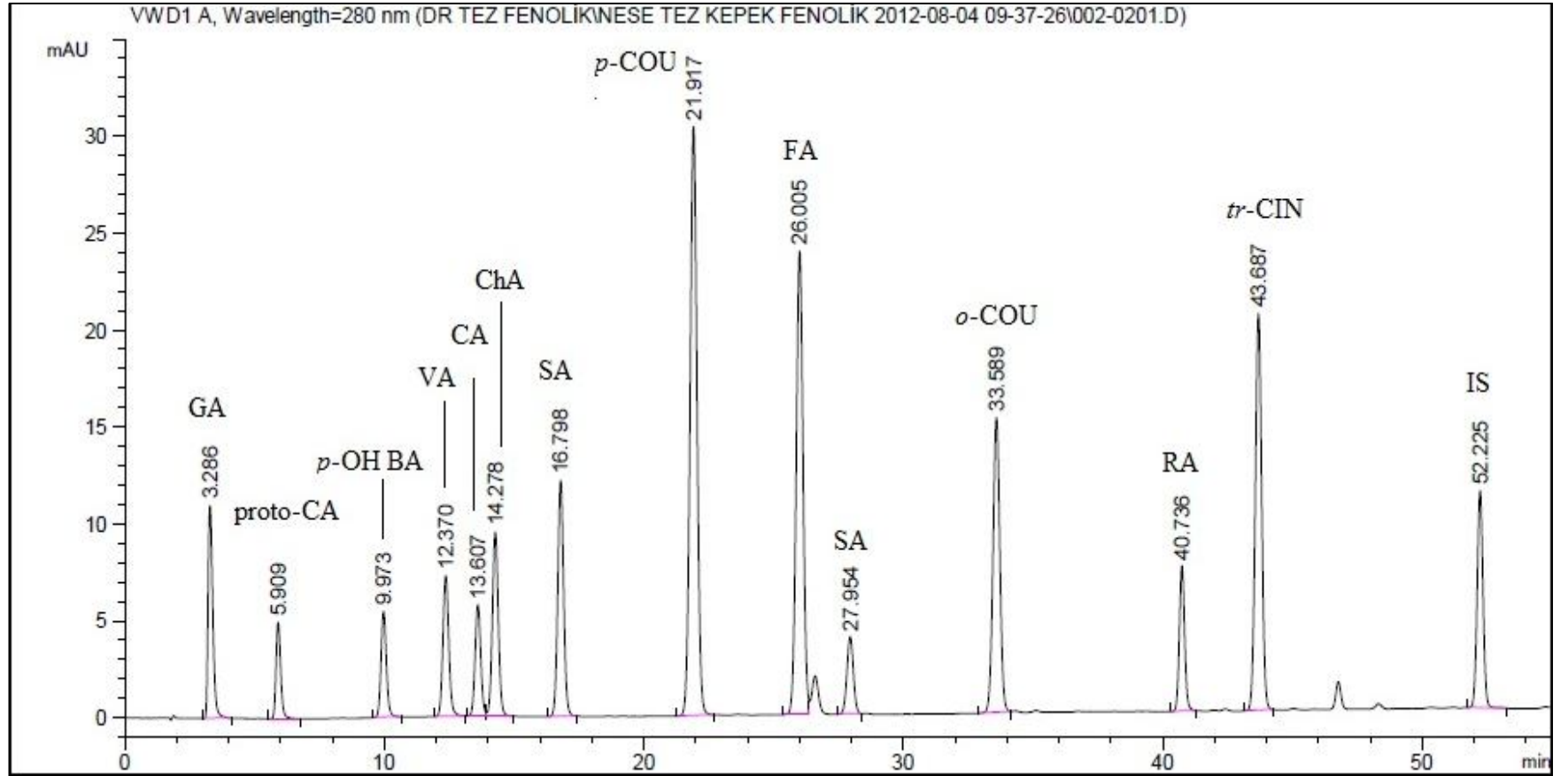
4.4.9. Fenolik asit kompozisyonu sonuçları

İncelenen fenolik asitlere ait kalibrasyon parametreleri Çizelge 22’de sunulmuştur. Toplam 13 tane fenolik asit incelenmiştir.

Çizelge . Fenolik asit kompozisyonu tayininde kullanılan kalibrasyon parametreleri

Fenolik asitler	a ± SD	b ± SD	r	LOD (M)	LOQ (M)
1- Gallik asit (GA)	2813000 ± 11260	-3.82 ± 2.32	1.0000	2.72 x 10 ⁻⁶	8.25 x 10 ⁻⁶
2- Protokateşik asit (proto-CA)	1198000 ± 4839	-1.52 ± 1.04	1.0000	2.86 x 10 ⁻⁶	8.68 x 10 ⁻⁶
3- <i>p</i> -hidroksi benzoik asit (<i>p</i> -OH BA)	1481000 ± 5664	-2.02 ± 1.24	1.0000	2.77 x 10 ⁻⁶	8.41 x 10 ⁻⁶
4- Vanilik asit (VA)	2355000 ± 11400	-3.67 ± 2.32	0.9999	3.26 x 10 ⁻⁶	9.88 x 10 ⁻⁶
5- Kafeik asit (CA)	1690000 ± 9408	-3.59 ± 2.03	0.9999	3.98 x 10 ⁻⁶	1.20 x 10 ⁻⁵
6- Klorojenik asit (ChA)	2703000 ± 12250	-4.60 ± 2.83	0.9999	3.46 x 10 ⁻⁶	1.04 x 10 ⁻⁵
7- Sirinjik asit (SA)	3926000 ± 15190	-4.73 ± 3.10	1.0000	2.60 x 10 ⁻⁶	7.89 x 10 ⁻⁶
8- <i>p</i> -kumarik asit (<i>p</i> -COU)	3788000 ± 15670	-13.09 ± 9.65	0.9999	8.41 x 10 ⁻⁶	2.54 x 10 ⁻⁵
9- Ferulik asit (FA)	2868000 ± 11580	-9.81 ± 7.30	1.0000	8.40 x 10 ⁻⁶	2.54 x 10 ⁻⁵
10- Sinapik asit (SA)	1550000 ± 5906	-1.91 ± 1.09	1.0000	2.32 x 10 ⁻⁶	7.04 x 10 ⁻⁶
11- <i>O</i> -kumarik asit (<i>o</i> -COU)	5722000 ± 33280	-10.42 ± 6.79	0.9999	3.91 x 10 ⁻⁶	1.18 x 10 ⁻⁵
12- Rozmarinik asit (RA)	2121000 ± 7124	-3.45 ± 1.49	1.0000	2.31 x 10 ⁻⁶	7.02 x 10 ⁻⁶
13- <i>Trans</i> -sinamik asit (<i>tr</i> -CIN)	6832000 ± 29950	-8.58 ± 6.37	0.9999	3.08 x 10 ⁻⁶	9.33 x 10 ⁻⁶

İncelenen fenolik asitlere ait standart kromatogramı Şekil 21’de sunulmuştur.



Şekil . Fenolik asit standart kromatogramı

Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin serbest ve bağılı formdaki fenolik asitlerinin kompozisyonu Çizelge 23 ve 24’te sunulmuştur. Serbest formdaki fenolik asit ekstraktlarında çok miktarda safsızlık olduğundan zorunlu olarak SPE ile saflaştırma işlemi uygulanmıştır. Bununla birlikte bağılı formdaki fenolik asit ekstraktları için böyle bir saflaştırma işlemine gerek duyulmamıştır.

Çizelge . Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin serbest formdaki fenolik asit kompozisyonu**

Örnekler	Serbest formdaki fenolik asitler (µg/g)												
	GA	Proto-CA	<i>p</i> -OH BA	VA	CA	ChA	SyA	<i>p</i> -COU	FA	SiA	<i>o</i> -COU	RA	<i>tr</i> -CIN
Ham	t.e.*	t.e.	t.e.	0.85 ± 0.04 ^B	t.e.	t.e.	1.30 ± 0.07	1.13 ± 0.01 ^C	2.12 ± 0.03 ^{CD}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
500 W 4.0 dk	t.e.	t.e.	t.e.	1.13 ± 0.04 ^B	t.e.	t.e.	1.60 ± 0.05	1.42 ± 0.03 ^{BC}	2.16 ± 0.07 ^{CD}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
500 W 5.2 dk	t.e.	t.e.	t.e.	1.40 ± 0.01 ^B	t.e.	t.e.	1.85 ± 0.03	1.49 ± 0.04 ^{BC}	2.20 ± 0.01 ^{CD}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
500 W 6.3 dk	t.e.	t.e.	t.e.	1.17 ± 0.02 ^B	t.e.	t.e.	1.47 ± 0.15	1.46 ± 0.01 ^{BC}	1.95 ± 0.10 ^{CD}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
500 W 7.2 dk	t.e.	t.e.	t.e.	1.23 ± 0.02 ^B	t.e.	t.e.	1.58 ± 0.15	1.57 ± 0.01 ^{BC}	1.99 ± 0.08 ^{CD}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
500 W 8.3 dk	t.e.	t.e.	t.e.	3.97 ± 0.68 ^A	t.e.	t.e.	2.66 ± 0.47	6.07 ± 0.73 ^A	4.15 ± 0.56 ^A	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
600 W 3.0 dk	t.e.	t.e.	t.e.	2.48 ± 0.78 ^{AB}	t.e.	t.e.	2.06 ± 0.43	3.44 ± 0.09 ^{ABC}	3.26 ± 0.18 ^{ABC}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
600 W 4.0 dk	t.e.	t.e.	t.e.	2.93 ± 0.33 ^{AB}	t.e.	t.e.	2.65 ± 0.01	5.43 ± 0.14 ^A	3.86 ± 0.25 ^{AB}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
600 W 5.2 dk	t.e.	t.e.	t.e.	2.31 ± 0.66 ^{AB}	t.e.	t.e.	1.73 ± 0.05	4.40 ± 1.65 ^{AB}	2.71 ± 0.40 ^{BCD}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
700 W 2.0 dk	t.e.	t.e.	t.e.	1.88 ± 0.04 ^{AB}	t.e.	t.e.	1.62 ± 0.44	4.13 ± 0.38 ^{ABC}	3.04 ± 0.01 ^{ABCD}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
700 W 3.0 dk	t.e.	t.e.	t.e.	1.34 ± 0.20 ^B	t.e.	t.e.	1.54 ± 0.43	1.75 ± 0.18 ^{BC}	1.84 ± 0.17 ^D	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
p	-	-	-	0.003	-	-	0.059	0.000	0.000	-	-	-	-

*t.e. tespit edilemedi

**Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

Çizelge . Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin bağlı formdaki fenolik asit kompozisyonu*

Örnekler	Bağlı formdaki fenolik asitler (µg/g)								
	GA	Proto-CA	<i>p</i> -OH BA	CA	ChA	SyA	<i>p</i> -COU	FA	SiA
Ham kepek	70.64 ± 5.97	21.17 ± 7.15	27.82 ± 3.07	10.17 ± 0.39	31.50 ± 12.60	4.29 ± 0.08	647.40 ± 81.40	1863.00 ± 138.00	48.08 ± 4.14 ^{AB}
500W 4.0dk	63.33 ± 0.23	18.25 ± 6.91	22.00 ± 0.94	8.42 ± 0.77	30.20 ± 12.10	3.32 ± 0.46	510.00 ± 105.00	1486.00 ± 231.00	39.61 ± 8.16 ^B
500W 5.2dk	82.40 ± 17.20	23.07 ± 4.15	26.90 ± 4.89	10.40 ± 0.06	33.60 ± 11.40	3.96 ± 0.02	656.80 ± 69.00	1828.00 ± 108.00	52.35 ± 4.13 ^{AB}
500 W 6.3 dk	75.70 ± 13.60	21.59 ± 3.30	28.81 ± 2.16	9.67 ± 1.99	26.50 ± 11.50	4.11 ± 0.38	655.90 ± 83.80	1849.00 ± 222.00	69.20 ± 10.60 ^A
500 W 7.2 dk	61.10 ± 22.10	18.39 ± 0.08	21.61 ± 5.05	8.55 ± 0.47	22.22 ± 4.66	3.23 ± 0.08	439.40 ± 40.45	1294.60 ± 87.80	40.24 ± 2.30 ^{AB}
500 W 8.3 dk	74.40 ± 24.40	19.80 ± 3.94	25.96 ± 5.88	8.78 ± 0.46	27.70 ± 11.10	3.61 ± 0.10	597.20 ± 44.30	1651.00 ± 115.00	50.06 ± 2.48 ^{AB}
600 W 3.0 dk	49.30 ± 12.10	19.54 ± 2.86	26.04 ± 4.61	10.66 ± 0.81	30.20 ± 2.62	4.06 ± 0.32	659.50 ± 10.50	1797.90 ± 71.60	44.08 ± 8.79 ^{AB}
600 W 4.0 dk	45.36 ± 1.04	29.69 ± 1.13	19.97 ± 0.88	9.04 ± 0.05	35.55 ± 1.32	3.30 ± 0.01	533.90 ± 16.80	1523.70 ± 56.30	41.27 ± 0.76 ^{AB}
600 W 5.2 dk	56.65 ± 2.07	35.28 ± 5.18	25.12 ± 3.17	10.91 ± 0.81	38.66 ± 4.93	3.90 ± 0.01	680.10 ± 18.20	1852.00 ± 0.80	66.30 ± 7.36 ^{AB}
700 W 2.0 dk	67.43 ± 4.42	28.93 ± 0.86	24.50 ± 2.58	10.15 ± 0.39	40.40 ± 10.60	3.88 ± 0.20	667.70 ± 41.90	1812.00 ± 106.00	48.86 ± 0.82 ^{AB}
700 W 3.0 dk	55.88 ± 1.68	33.95 ± 3.31	25.91 ± 2.91	11.36 ± 0.02	43.99 ± 3.58	4.45 ± 0.04	667.73 ± 3.88	1891.30 ± 34.50	55.97 ± 3.28 ^{AB}
p	0.614	0.095	0.812	0.205	0.837	0.054	0.142	0.080	0.045

*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

Serbest formdaki ekstraktlarda vanilik, sirinjik, *p*-kumarik ve ferulik asitler tespit edilirken; bağlı formdaki ekstraktlarda gallik, proto-kateşik, *p*-hidroksibenzoik, kafeik, klorojenik, sirinjik, *p*-kumarik, ferulik ve sinapik asitler tespit edilmiştir. *O*-kumarik, rozmarinik ve *trans*-sinamik asitler ne serbest ne de bağlı formdaki ekstraktlarda tespit edilememiştir. Bağlı formdaki ekstraktlarda tespit edilemeyip, serbest formdaki ekstraktlarda belirlenen tek fenolik asit ise vanilik asit olmuştur.

Çizelge 23 ve 24'te de görüldüğü üzere bağlı formdaki fenolik asitlerin hem varlığı hem de miktarı serbest formdakilere göre daha fazladır. Bu durum literatürde de pek çok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Adom ve Liu, 2002; Bunzel ve ark., 2002; Liu, 2007). Bu nedenle sadece serbest formdaki fenolik maddeleri ekstrakte eden metotlar eksik bilgiye neden olmaktadır. Örneğin ferulik ve *p*-kumarik asitlerin bağlı formdaki ekstraktlardaki miktarı sırasıyla 1863.00 ve 647.40 µg/g iken, serbest formdaki ekstraktlardaki miktarı 2.12 ve 1.13 µg/g olarak bulunmuştur (Çizelge 23 ve 24). Bununla birlikte, analitik açıdan değerlendirildiğinde, serbest formdaki fenolik asitlere SPE ile saflaştırma işlemi uygulandığından bazı fenolik asitlerde miktar kaybı söz konusu olabilir. Çünkü SPE işleminin yıkama aşamasında kullanılan asidik su, polaritesi yüksek olan gallik asit gibi fenolik asitlerin bu aşamada kaybolmasına neden olabilmektedir. Ancak, serbest formdaki ekstraktların içerdiği safsızlıklar ve girişimler nedeniyle, temiz bir kromatogram elde edebilmek için saflaştırma işlemi uygulamak zorunluluk arz etmiştir.

Çizelge 23 ve 24'teki sonuçlar incelendiğinde hem ferulik, *p*-kumarik, sinapik, kafeik ve klorofenik asit gibi hidroksisinamik asitlerin hem de gallik, protokateşik, *p*-hidroksibenzoik ve sirinjik asit gibi hidrobzenzoik asitlerin daha ziyade bağlı formda bulunduğu görülmektedir. Ham ve stabilize pirinç kepeklerindeki en baskın fenolik asitler *p*-kumarik ve özellikle ferulik asit olmuştur. Farklı pirinç çeşitlerinde çalışan diğer pek çok araştırmacı da söz konusu iki fenolik asidin miktarını diğerlerine kıyasla oldukça yüksek bulmuşlardır (Tian ve ark., 2004; Zhou ve ark., 2004; Qiu ve ark., 2010). Bağlı formdaki fenolik asitleri içeren ekstraktlarda ise fenolik asitler en çok bulunandan en az bulunana doğru şu şekilde sıralanabilir: ferulik, *p*-kumarik, gallik, sinapik, klorojenik, *p*-hidroksi benzoik, protokateşik, kafeik ve sirinjik asit (Çizelge 24). Zhou ve ark. (2004), kahverengi pirinçteki baskın fenolik asitlerin ferulik ve *p*-kumarik asitler olduğunu ve daha az miktarlarda gallik, vanilik, kafeik ve sirinjik asit tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

IR stabilizasyonun etkisi açısından değerlendirildiğinde bazı fenolik asitlerde istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmasına rağmen, varyasyonların stabilizasyon faktörleri ile ilişkili olmadığı ve tesadüfi hatadan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde 6 aylık depolama sürecinin sonunda SYA düzeyi en düşük bulunan 10 stabilizasyon koşulunun pirinç kepeği bileşenlerine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, söz konusu şartlarda uygulanan IR stabilizasyonun pirinç kepeğinin yağ, ham protein, toplam kül, suda çözünen ve çözünmeyen diyet lif, riboflavin, niasin, toplam B₆ vitamini, gama-orizanol, toplam fenolik madde miktarı ve yağ asidi kompozisyonunda istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir (p>0.05). Bununla birlikte IR stabilizasyon, uygulanan IR gücü ve işlem süresine bağlı olarak, pirinç kepeğinin nem miktarında %72-90, toplam tokoferol miktarında %13-50, tiamin miktarında %20-42, fitik asit miktarında %3-6 oranında kayba neden olmuştur (p<0.05). Ayrıca, IR stabilizasyonun kepeklerin antioksidan aktiviteleri ve bazı fenolik asitlerin miktarlarında da istatistiksel olarak önemli düzeyde değişime neden olduğu gözlenmekle birlikte, bu değişimlerin matematiksel olarak oldukça küçük olduğu ve değişimin stabilizasyon koşullarından ziyade tesadüfi hatadan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde SPK'nın çeşitli fırın ürünlerinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kullanılacak pirinç kepeğinin stabilizasyonu için en uzun raf ömrü, en az enerji sarfiyatı ve en düşük besin ögesi kaybı gibi faktörler dikkate alınarak bu aşamaya kadar incelenen stabilizasyon koşulları içerisinde tek bir koşul seçilmiştir. Söz konusu faktörler bir arada değerlendirildiğinde, en uygun stabilizasyon koşulunun 700 W IR gücü ve 3.0 dakika işlem süresi olduğuna karar verilmiştir. Depolama çalışması sonucunda pirinç kepeğine en uzun raf ömrünü sağlayan stabilizasyon koşullarının 600 W IR gücünde 5.2 dakika ve 700 W IR gücünde 3.0 dakika olduğu belirlenmiştir. Bu iki stabilizasyon koşulu, besin öğelerinin korunması ve enerji sarfiyatı açısından kıyaslandığında 700 W IR gücü ile 3.0 dakika boyunca stabilize edilen kepeklerde daha az tokoferol ve tiamin vitaminleri kaybı olduğu, bununla birlikte bir anti-beslenme faktörü olarak kabul edilen fitik asitin daha fazla azaltılabildiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu şartlarda stabilizasyon için sarf edilen enerji miktarı da daha düşük bulunmuştur. Tez çalışmasının üçüncü aşaması için taze kırılmış ham kepek 700 W IR gücünde 3.0 dakika boyunca stabilize edilmiş ve söz konusu fırın ürünlerine katılana kadar -18 °C'de bekletilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan SPK ifadesi 700 W IR gücünde 3.0 dakika boyunca stabilize edilmiş pirinç kepeğini karşılamaktadır.

4.5. Pirinç Kepeği Katkılı Ürünlerde Yapılan Analizlerin Sonuçları

SPK, beyaz, kepekli ve tam buğday ekmekleri ile kraker ürünlerine çeşitli oranlarda katılarak, bu ürünler içerisinde kullanılma olanakları araştırılmış ve söz konusu ürünlerin çeşitli kalite özellikleri ile besin öğeleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Ürünlerin reçeteleri ve yapım aşamaları materyal metot bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Katkı dozu, yapılan ön denemeler sonucunda %2.5, 5.0 ve 10.0 olarak belirlenmiştir. %10.0'un üzerindeki SPK katkısının ürünlerin işlenme yetenekleri ve duyu özellikleri üzerinde olumsuz etki yaptığı gözlemlendiğinden daha yüksek katkı dozları değerlendirmeye alınmamıştır.

4.5.1. Ekmek ürünlerinde yapılan analizler

4.5.1.1. Temel bileşen analizleri ve ekmeklik özellikler

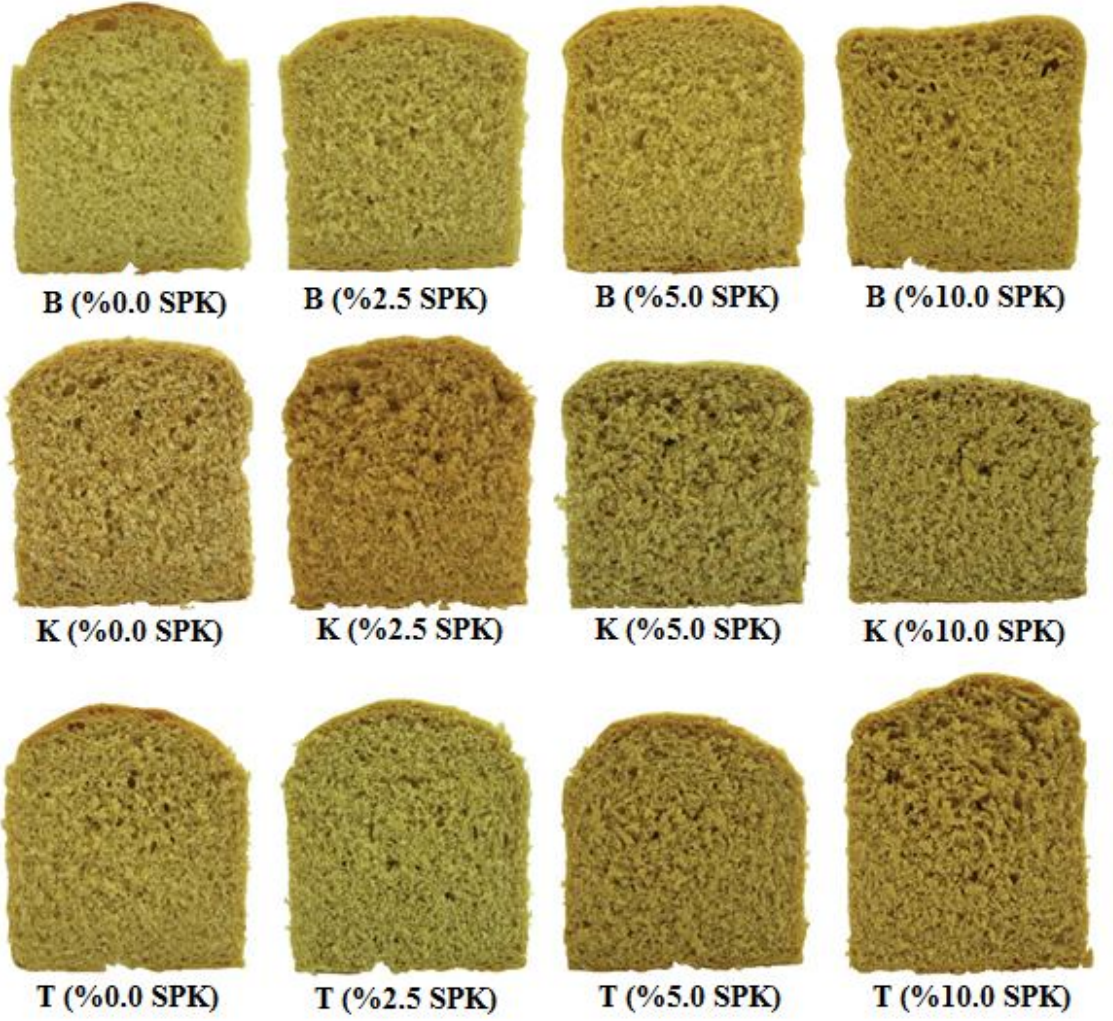
Ekmek ürünlerinde yapılan nem, yağ, kül, ham protein, spesifik hacim ve pişme kaybı analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 25'te sunulmuştur. Ekmek fotoğrafları Şekil 22'de gösterilmiştir.

Beyaz (B) ve tam buğday unlu (T) ekmeklerin nem miktarının SPK katkı dozu ile orantılı olarak arttığı bununla birlikte kepekli ekmeğin (K) nem miktarında önemli bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir. SPK'nın yüksek yağ (%21.03) ve yüksek kül (%9.86) içeriğinden dolayı beklendiği üzere tüm ekmek çeşitlerinin yağ ve kül miktarında SPK dozu ile orantılı bir artış tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Tüm ekmek çeşitleri için hangi dozda SPK katkısı yapılırsa yapılsın protein miktarının değişmediği gözlemlenmiştir ($p > 0.05$). Kullanılan rafine buğday ununun, buğday kepeğinin, tam buğday ununun ve SPK'nın protein miktarlarının sırasıyla %12.56, 13.37, 16.40 ve 13.75 olduğu belirlenmiştir. Bu materyaller arasında protein miktarı diğerlerine nispetle yüksek olan tam buğday ununun tam buğday unlu ekmek reçetesine %50 düzeyinde katılması ve pirinç ile buğday kepeklerinin de rafine buğday unu ile benzer protein içeriğine sahip olması, ekmeklerin protein miktarlarının birbirine çok yakın bulunmasını açıklamaktadır.

Beyaz ve kepekli ekmeklerin spesifik hacimlerinin SPK katkısı ile birlikte azaldığı gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Bu sonuç, nispi olarak azalan gluten miktarına ve SPK'nın yüksek lif içeriğine atfedilmiştir. Pomeranz ve ark. (1977), reçeteye ilave edilen lifin hamur yapısını değiştirdiğini, karbon dioksit tutunmasını azalttığını ve buna bağlı olarak da ekmek hacmini düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, tam buğday unlu ekmeğin spesifik hacmi SPK katkı dozu ile orantılı bir artış göstermiştir ($p < 0.05$). Bu sonuç, ticari formda temin edilen tam buğday unu içeriğindeki enzimlere (amilaz, hemisellüloz ve lipaz) atfedilmiştir.

Kim ve ark. (2006b), kısmi olarak parlatılmış tam tahıl unu katkısının beyaz ekmeğin spesifik hacmini düşürdüğünü, ancak reçeteye α -amilaz eklenmesiyle enzim katkısız ekmeklere kıyasla daha yüksek hacim elde ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu sonucu, mayalar tarafından fermente edilebilir hidrolize nişasta ve oligosakkarid miktarının enzim ilavesi ile artmasına atfetmişlerdir.

Pişme kaybı, esas olarak hamurdan buharlaşan suyu ve çok az miktarda da olsa alkol, organik asit ve esterler gibi uçucu bileşenleri ifade etmektedir ve özellikle verim açısından fırın ürünlerinde önemli bir kriterdir. Bununla birlikte, pişme kaybının fazla olması, bayatlamayı hızlandırır ve ağız hissini olumsuz yönde etkiler. SPK katkısı, beyaz ekmekte pişme kaybını önemli düzeyde düşürürken ($p<0.05$); kepekli ve tam buğday unlu ekmeklerin pişme kaybını istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilememiştir ($p>0.05$). En yüksek pişme kaybı, SPK katkısız (kontrol) beyaz ekmekte gözlenmiş olup, SPK ilavesi ile orantılı olarak azalmıştır. SPK katkı dozu arttıkça ekmeklerin nem miktarının artması ve pişme kaybının azalması SPK'nın su bağlama kapasitesine atfedilmiştir. Kepekte bulunan yüksek miktardaki diyet lif, çok sayıdaki hidroksil grubu içermekte ve hidrojen bağları üzerinden kepeğin su molekülü ile daha fazla interaksiyona girmesini sağlamaktadır (Rosell ve ark., 2001).



Şekil . Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış ekmekler*

*B, beyaz; K, kepekli; T, tam buğday unlu ekmek

Çizelge . Farklı dozlarda SPK katkılı ekmeklerin temel bileşen analizleri ve ekmeklik özellikleri*

Ekmek çeşidi	SPK dozu (%)	Nem (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Protein (%)	Spesifik hacim (mL/g)	Pişme kaybı (%)
B	0.0	38.81 ± 0.23 ^B	0.70 ± 0.19 ^C	1.34 ± 0.09 ^C	14.42 ± 0.07	3.75 ± 0.04 ^A	11.10 ± 0.46 ^A
	2.5	39.92 ± 0.27 ^{AB}	0.83 ± 0.14 ^{BC}	1.74 ± 0.01 ^{BC}	14.77 ± 0.20	3.40 ± 0.03 ^A	9.85 ± 0.72 ^{AB}
	5.0	40.27 ± 0.69 ^{AB}	1.98 ± 0.48 ^{AB}	1.83 ± 0.03 ^B	14.61 ± 0.21	2.88 ± 0.13 ^B	8.85 ± 0.48 ^{AB}
	10.0	40.96 ± 0.14 ^A	2.26 ± 0.16 ^A	2.27 ± 0.10 ^A	14.58 ± 0.18	2.67 ± 0.08 ^B	8.40 ± 0.37 ^B
	p	0.009	0.009	0.004	0.612	0.000	0.029
K	0.0	41.94 ± 0.63	0.87 ± 0.03	1.83 ± 0.02 ^C	15.47 ± 0.10	2.89 ± 0.06 ^A	8.56 ± 0.49
	2.5	42.60 ± 0.14	1.20 ± 0.12	2.00 ± 0.03 ^C	15.09 ± 0.01	2.67 ± 0.06 ^{AB}	8.17 ± 0.53
	5.0	42.30 ± 0.11	1.47 ± 0.43	2.29 ± 0.03 ^B	15.68 ± 0.07	2.77 ± 0.04 ^{AB}	7.87 ± 0.34
	10.0	42.08 ± 0.44	1.90 ± 0.04	2.62 ± 0.01 ^A	15.47 ± 0.34	2.46 ± 0.10 ^B	8.16 ± 0.73
	p	0.675	0.064	0.000	0.288	0.016	0.844
T	0.0	43.61 ± 0.30 ^C	0.63 ± 0.05 ^C	1.98 ± 0.02 ^C	15.25 ± 0.07	2.62 ± 0.04 ^B	7.50 ± 0.27
	2.5	44.45 ± 0.12 ^{BC}	1.11 ± 0.08 ^{BC}	2.27 ± 0.03 ^B	15.44 ± 0.24	2.68 ± 0.02 ^B	7.21 ± 0.11
	5.0	45.15 ± 0.33 ^{AB}	1.19 ± 0.20 ^B	2.36 ± 0.02 ^B	15.26 ± 0.13	2.98 ± 0.07 ^A	7.57 ± 0.06
	10.0	45.55 ± 0.06 ^A	2.08 ± 0.07 ^A	2.78 ± 0.01 ^A	15.36 ± 0.20	2.93 ± 0.05 ^A	7.55 ± 0.11
	p	0.000	0.000	0.000	0.853	0.002	0.408

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

** B, beyaz; K, kepekli; T, tam buğday unlu ekmek

4.5.1.2. Renk değerleri sonuçları

Ekmeklerin renk ölçümlerinde ekmek içi rengi esas alınmıştır. Farklı dozlarda SPK katkılı ekmeklerin renk karakteristikleri Çizelge 26’da sunulmuştur. SPK katkısı tüm ekmeklerin renk karakteristiklerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değişime neden olmuştur ($p < 0.05$). %5.0’in üzerindeki dozlarda SPK ile katkılanan tüm ekmek çeşitlerinin L^* değerlerinde düşme gözlenmiştir ($p < 0.05$). Tüm ekmek çeşitlerinde kırmızılık (a^*), sarılık (b^*), kroma (doygunluk) ve kırmızılık (a^* / b^*) değerlerinin SPK katkı dozu ile orantılı olarak arttığı, ekmek içi beyazlığının ise azaldığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Genel olarak tüm ekmek çeşitlerine ait renk karakteristikleri SPK katkı dozu artışı ile birlikte birbirlerine benzer bir değişim göstermiştir. Toplam renk değişimi (ΔE) tüm ekmek çeşitlerinde SPK artışı ile orantılı olarak artmıştır. En yüksek ΔE beklendiği üzere beyaz ekmekte gözlenmiştir ($p < 0.05$).

4.5.1.3. Diyet lif sonuçları

Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin diyet lif miktarları Çizelge 27’de gösterilmiştir. SPK katkısının ekmeklerin suda çözünür diyet lif miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bununla birlikte tüm ekmek çeşitlerinde suda çözünmeyen ve dolayısıyla toplam diyet lif miktarı SPK katkısı ile artış göstermiştir ($p < 0.05$). Bu sonuç, SPK’nın %2-3 civarında suda çözünen %27-30 civarında ise suda çözünmeyen diyet lif içermesi ile açıklanabilir. %10.0 dozunda SPK katkısı, beyaz, kepekli ve tam buğday unlu ekmeklerin toplam diyet lif miktarlarını sırasıyla %125, %141 ve %69 oranında arttırmıştır. Beyaz ve kepekli ekmeklerin toplam diyet lif miktarları ile spesifik hacimleri arasında negatif ve önemli bir korelasyon ($r = -0.793$, $p = 0.002$ ve $r = -0.702$, $p = 0.011$) olduğu tespit edilmiştir. Curti ve ark. (2013), kepeğin (lifin) su için nişasta ve gluten ile yarışmasının, glutenin yeterli derecede su tutamamasına neden olduğunu ve bu durumun da daha düşük ekmek hacmi ile sonuçlandığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte tam buğday unlu ekmeğin diyet lif miktarı ile hacmi arasındaki korelasyonun pozitif olduğu ($r = 0.751$, $p = 0.005$) gözlenmiş ve bu durum tam buğday unu içeriğindeki enzimlere atfedilmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, diyet lifin kolesterolü düşürmeye yardımcı olduğunu, daha düşük insülin talebi sağladığını, laksatif özellikleri iyileştirdiğini ve kilo kontrolüne yardımcı olduğunu ortaya koymuştur (Chawla ve Patil, 2010). Bunun bir sonucu olarak tüketiciler arasında diyet lifi yüksek gıdalara talep artmıştır. Tam tahıl bazlı gıdalar, özellikle ekmek ve kahvaltılık gevrekler günlük diyet lif alımının temel kaynaklarıdır. Meyve ve

sebzeler de iyi birer diyet lif kaynağı olmakla beraber yüksek su içeriklerinden dolayı diyetdeki lif miktarına katkıları tam tahıllara göre daha azdır. Günlük olarak alınması gereken diyet lif miktarı erkeklerde 30-38 g/gün, kadınlarda 21-26 g/gün olarak belirlenmiştir (Chawla ve Patil, 2010). Bir dilim ekmeğin yaklaşık 25 g olduğu düşünüldüğünde, %10.0 SPK katkılı kepekli veya tam buğday unlu ekmeklerden 3-4 dilim tüketmenin günlük diyet lif ihtiyacını karşıladığı görülmektedir.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin renk değerleri (n=18)*

Ekmek çeşidi	SPK dozu (%)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	Kroma	Kırmızılık	Beyazlık	ΔE
B	0.0	66.09 ± 0.38 ^A	-1.54 ± 0.03 ^D	13.79 ± 0.32 ^D	13.87 ± 0.31 ^D	-0.11 ± 0.01 ^D	63.33 ± 0.32 ^A	-
	2.5	65.85 ± 0.40 ^A	-0.42 ± 0.05 ^C	17.23 ± 0.25 ^C	17.24 ± 0.25 ^C	-0.02 ± 0.01 ^C	61.72 ± 0.34 ^B	4.57 ± 0.35 ^C
	5.0	65.10 ± 0.32 ^A	0.50 ± 0.05 ^B	19.75 ± 0.19 ^B	19.76 ± 0.19 ^B	0.02 ± 0.01 ^B	59.88 ± 0.30 ^C	6.83 ± 0.25 ^B
	10.0	62.76 ± 0.23 ^B	2.00 ± 0.05 ^A	22.13 ± 0.12 ^A	22.22 ± 0.12 ^A	0.09 ± 0.01 ^A	56.62 ± 0.19 ^D	9.89 ± 0.31 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.0	63.91 ± 0.39 ^A	2.67 ± 0.14 ^C	18.52 ± 0.21 ^D	18.72 ± 0.22 ^D	0.14 ± 0.01 ^B	59.32 ± 0.34 ^A	-
	2.5	63.57 ± 0.32 ^A	3.09 ± 0.15 ^C	20.12 ± 0.18 ^C	20.37 ± 0.20 ^C	0.15 ± 0.01 ^B	58.25 ± 0.33 ^A	2.84 ± 0.27 ^C
	5.0	62.89 ± 0.37 ^A	3.75 ± 0.11 ^B	21.33 ± 0.23 ^B	21.66 ± 0.24 ^B	0.17 ± 0.01 ^A	57.00 ± 0.29 ^B	3.95 ± 0.25 ^B
	10.0	60.90 ± 0.28 ^B	4.43 ± 0.12 ^A	22.99 ± 0.15 ^A	23.44 ± 0.16 ^A	0.19 ± 0.01 ^A	54.40 ± 0.27 ^C	5.99 ± 0.35 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T	0.0	65.41 ± 0.45 ^A	2.10 ± 0.08 ^D	19.94 ± 0.17 ^D	20.05 ± 0.18 ^D	0.10 ± 0.01 ^D	60.00 ± 0.36 ^A	-
	2.5	65.56 ± 0.39 ^A	2.54 ± 0.07 ^C	20.97 ± 0.16 ^C	21.13 ± 0.17 ^C	0.12 ± 0.01 ^C	59.58 ± 0.32 ^A	2.50 ± 0.23 ^C
	5.0	64.88 ± 0.42 ^A	3.32 ± 0.08 ^B	22.81 ± 0.09 ^B	23.05 ± 0.09 ^B	0.14 ± 0.01 ^B	57.97 ± 0.35 ^B	4.25 ± 0.37 ^B
	10.0	63.00 ± 0.47 ^B	4.17 ± 0.07 ^A	23.88 ± 0.12 ^A	24.24 ± 0.13 ^A	0.17 ± 0.01 ^A	55.74 ± 0.37 ^C	5.81 ± 0.41 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

** B, beyaz; K, kepekli; T, tam buğday unlu ekmek

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin diyet lif oranları (%) (n=3)*

Ekmek çeşidi	Katkı dozu (%)	Suda çözünen	Suda çözünmeyen	Toplam
		Diyet lif (a)	Diyet lif (b)	diyet lif (a + b)
B	0.0	1.21 ± 0.24	1.09 ± 0.40 ^B	2.30 ± 0.64 ^B
	2.5	1.29 ± 0.24	1.27 ± 0.24 ^B	2.56 ± 0.48 ^B
	5.0	0.81 ± 0.16	2.38 ± 0.37 ^{AB}	3.19 ± 0.21 ^{AB}
	10.0	1.10 ± 0.46	4.08 ± 0.12 ^A	5.18 ± 0.34 ^A
	p	0.702	0.007	0.033
K	0.0	1.50 ± 0.14	2.05 ± 0.30 ^B	3.56 ± 0.45 ^B
	2.5	1.16 ± 0.29	2.01 ± 0.75 ^B	3.17 ± 1.05 ^B
	5.0	1.72 ± 0.49	3.74 ± 0.37 ^{AB}	5.46 ± 0.86 ^{AB}
	10.0	2.25 ± 0.01	6.32 ± 0.67 ^A	8.58 ± 0.69 ^A
	p	0.212	0.015	0.026
T	0.0	1.11 ± 0.17	3.64 ± 0.71 ^B	4.76 ± 0.54 ^B
	2.5	1.10 ± 0.70	4.71 ± 0.18 ^{AB}	5.81 ± 0.52 ^{AB}
	5.0	0.85 ± 0.02	5.86 ± 0.23 ^{AB}	6.71 ± 0.25 ^{AB}
	10.0	1.58 ± 0.13	6.50 ± 0.23 ^A	8.09 ± 0.10 ^A
	p	0.605	0.026	0.017

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

**B, beyaz ekmek; K, kepekli ekmek; T, tam buğday unlu ekmek

4.5.1.4. Mineral madde sonuçları

Optimum koşullarda stabilize edilmiş pirinç kepeği ile farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin mineral madde içeriği Çizelge 28'de sunulmuştur. Tahılların kepek tabakalarının minerallerce zengin olduğu bilinmektedir. Mineral madde kompozisyonu doğrudan bitkinin yetiştiği toprağın yapısı ve mineral miktarı ile ilişkili olmakla birlikte, pirinç kepeğinin fosfor ve potasyumca zengin olduğu bildirilmiştir (Saunders, 1985). Çizelge 28'den de görüldüğü üzere, SPK'nın fosfor ve potasyum içeriği incelenen diğer minerallere kıyasla dikkate değer miktarda yüksek bulunmuştur. Saunders (1985), ayrıca çeltik tanesinde bulunan toplam demirin yaklaşık %80'inin kepek tabakasında olduğunu belirtmiştir.

Tüm ekmeklerin çinko (Zn), demir (Fe), potasyum (K) ve fosfor (P) miktarı; SPK katkısı ile orantılı olarak artmıştır ($p<0.05$). Bu durum, söz konusu mineral maddelerin pirinç kepeğindeki bulunma miktarının, ürün reçetelerinde kullanılan materyallerinkinden daha yüksek olmasına atfedilmiştir. %10.0 düzeyinde SPK ile katılan beyaz ekmeğin çinko ve demir miktarı kontrol beyaz ekmeğe göre %100'den fazla artış göstermiştir. Kontrol kepek ekmeğinin çinko, potasyum ve fosfor miktarının kontrol tam buğday unlu ekmekten fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durumun tam buğdayın, tam buğday unlu ekmek reçetesinde %50 oranında kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, ekmeklerin kalsiyum (Ca) ve sodyum (Na) miktarlarında SPK katkısı ile birlikte azalma gözlenmiştir. Bu durum, söz konusu minerallerin SPK katkısı ile nispi olarak azalmasına atfedilmiştir. Ajmal ve ark. (2006), yağı alınmış pirinç kepeği ile katıldıkları ekmeklerdeki Na miktarının çeltik tanesinde çok az miktarda Na bulunması dolayısıyla azaldığını rapor etmişlerdir. Genel olarak, SPK katkısı ile tüm ekmek çeşitlerinin mineral madde içeriğinin önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu çalışmanın amaçları içerisinde yer almamakla beraber, fitik asidin Fe^{+2} , Zn^{+2} , Ca^{+2} ve Mg^{+2} gibi çok değerlikli kanyonları şelatlayarak bu minerallerin biyoyararlılığını azalttığı bilinmektedir. Ancak, minerallerin biyoyararlılığına etki eden pek çok başka faktör de bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, bağırsak pH'sı, diyetetik faktörler ve mineral absorpsiyon bölgesindeki geçiş süresidir (Larsson ve ark., 1997). Bununla birlikte Liang ve ark. (2007), çok sayıda ve farklı çevresel koşullarda yetişmiş çeltik çeşidinin mineral ve fitat içeriklerini araştırmışlar ve yüksek mineral düşük fitat içerikli örneklerin mineral biyoyararlılığı açısından beklenen artışı sağlamadığını belirtmişlerdir ($p>0.05$).

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin mineral madde miktarları (mg/100 g) (n=3)*

Ekmek çeşidi	Katkı dozu (%)	Zn	Fe	Ca	Na	K	P
B	0.0	0.47 ± 0.01 ^C	1.88 ± 0.03 ^B	30.20 ± 0.17 ^A	820.76 ± 1.15 ^A	266.23 ± 0.69 ^D	134.57 ± 1.32 ^D
	2.5	0.53 ± 0.01 ^{BC}	1.96 ± 0.02 ^B	25.51 ± 0.22 ^B	698.41 ± 0.57 ^D	284.61 ± 1.15 ^C	161.07 ± 0.23 ^C
	5.0	0.61 ± 0.01 ^B	2.39 ± 0.01 ^A	21.82 ± 0.05 ^D	720.20 ± 0.86 ^B	358.81 ± 0.69 ^B	227.37 ± 5.09 ^B
	10.0	0.96 ± 0.04 ^A	2.43 ± 0.01 ^A	23.76 ± 0.06 ^C	709.83 ± 1.04 ^C	474.83 ± 0.98 ^A	296.90 ± 7.16 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.0	1.04 ± 0.02 ^C	2.11 ± 0.01 ^D	34.47 ± 0.11 ^C	699.21 ± 0.11 ^B	406.46 ± 1.16 ^D	215.66 ± 2.39 ^D
	2.5	0.97 ± 0.02 ^C	2.36 ± 0.01 ^C	25.22 ± 0.23 ^D	632.88 ± 0.46 ^D	434.47 ± 1.73 ^C	279.33 ± 8.37 ^C
	5.0	1.16 ± 0.01 ^B	2.49 ± 0.04 ^B	41.32 ± 0.46 ^A	736.72 ± 0.58 ^A	534.66 ± 1.73 ^B	325.73 ± 4.31 ^B
	10.0	1.38 ± 0.01 ^A	2.78 ± 0.01 ^A	37.59 ± 0.29 ^B	686.36 ± 0.86 ^C	648.54 ± 3.46 ^A	386.69 ± 1.13 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T	0.0	0.95 ± 0.01 ^D	2.44 ± 0.01 ^D	162.09 ± 0.57 ^A	751.40 ± 1.21 ^A	391.18 ± 0.58 ^D	198.39 ± 7.10 ^D
	2.5	1.05 ± 0.01 ^C	2.51 ± 0.01 ^C	155.75 ± 0.17 ^B	723.54 ± 0.40 ^B	424.11 ± 2.31 ^C	265.87 ± 2.04 ^C
	5.0	1.25 ± 0.01 ^B	2.66 ± 0.01 ^B	152.36 ± 0.57 ^C	651.38 ± 1.44 ^C	441.95 ± 1.09 ^B	310.07 ± 2.41 ^B
	10.0	1.30 ± 0.02 ^A	3.07 ± 0.01 ^A	147.32 ± 1.16 ^D	641.37 ± 0.74 ^D	547.62 ± 0.63 ^A	383.10 ± 10.60 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SPK	-	5.05 ± 0.13	10.79 ± 0.04	27.86 ± 1.12	9.65 ± 0.05	599.28 ± 31.01	627.82 ± 5.67

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

**B, beyaz ekmek; K, kepekli ekmek; T, tam buğday unlu ekmek

4.5.1.5. Fitik asit sonuçları

Farklı dozlarda SPK katkılı ekmeklerin fitik asit miktarları Çizelge 29’da gösterilmiştir. SPK’nın fitik asit miktarı 37 mg/g KM olarak bulunmuştur. Tüm ekmek çeşitlerinde SPK katkısı ile orantılı olarak fitik asit miktarı artmıştır ($p<0.05$). Fredlund ve ark. (1997), tam tahıl ürünlerinden diyet lif ile birlikte fitik asidin de diyete alındığını belirtmişlerdir. Sadece %10.0 buğday kepeği içeren ve hiç pirinç kepeği içermeyen kontrol kepek ekmeğinin fitik asit miktarı, kontrol beyaz ekmeğin fitik asit miktarının yaklaşık 2 katı olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, %10.0 oranında SPK ile katkılı beyaz ekmeğin fitik asit miktarı, kontrol beyaz ekmeğinkinden yaklaşık 3.5 kat fazladır. Aynı eğilim, esas olarak fitik asit içerisinde depo edilen fosforun miktarlarında da görülmektedir (Çizelge 28). Bu sonuç, pirinç kepeğindeki fitik asit miktarının buğday kepeğinden daha fazla olduğunu düşündürmektedir. García-Esteva ve ark. (1999), ticari olarak mevcut bulunan 9 buğday kepeği, 5 yulaf kepeği ve 1 pirinç kepeğinin fitik asit miktarlarını incelemişler ve pirinç kepeğinde 57 mg/g fitik asit tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, inceledikleri buğday kepeklerinde fitik asit miktarının 25 ile 58 mg/g aralığında olduğunu ancak, bu örneklerin %80’inin fitik asit miktarının 34 ile 47 mg/g aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin mineral madde miktarları (mg/100 g) (n=3)*

SPK katkı dozu (%)	B	K	T
0.0	1.77 ± 0.12 ^D	3.84 ± 0.02 ^D	3.24 ± 0.08 ^D
2.5	3.08 ± 0.13 ^C	5.24 ± 0.09 ^C	4.71 ± 0.05 ^C
5.0	4.15 ± 0.10 ^B	5.86 ± 0.05 ^B	5.50 ± 0.16 ^B
10.0	6.54 ± 0.03 ^A	7.15 ± 0.05 ^A	7.97 ± 0.07 ^A
p	0.000	0.000	0.000

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır ($p<0.05$).

**B, beyaz ekmek; K, kepekli ekmek; T, tam buğday unlu ekmek

Fitik asit, minerallerin, proteinlerin ve nişastanın çözünürlüğü, fonksiyonel özellikleri, sindirimi ve absorbe edilmesi gibi bazı özelliklerinde değişime neden olduğu için bir anti-beslenme faktörü olarak kabul edilmektedir (Oatway ve ark., 2001). Diğer yandan son yıllarda yapılan bazı araştırmalar, fitik asitin antioksidan ve antikanserojen etkisi olduğu, diyabeti önlemeye yardımcı olduğu, böbrek taşı oluşum riskini azalttığı gibi olumlu etkilerini de ortaya koymuştur (Schlemmer ve ark., 2009).

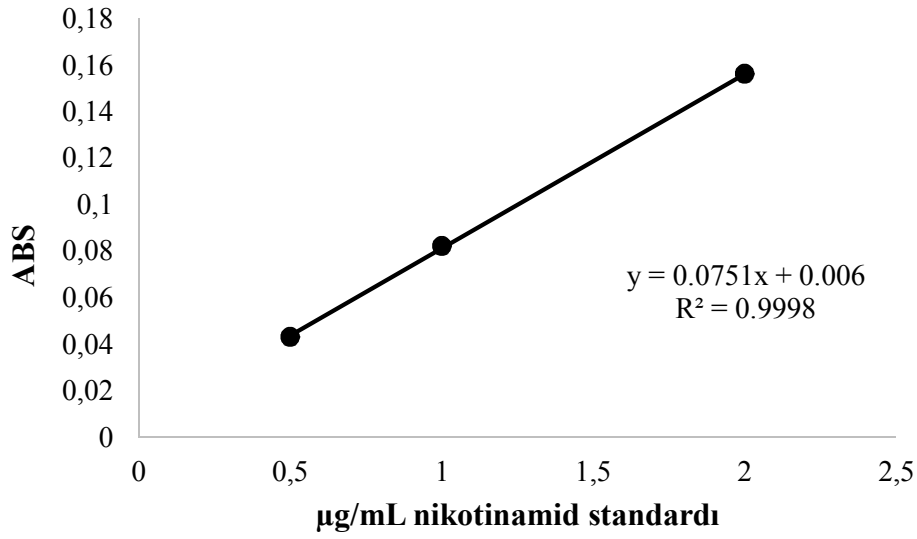
4.5.1.6. B grubu vitaminlerin sonuçları

Farklı dozlarda SPK ile katkılı ekmek çeşitlerinin tiamin, riboflavin, niasin, pridoksamin ve pridoksin miktarları Çizelge 30'da gösterilmiştir. SPK katkısının tüm ekmek çeşitlerindeki B grubu vitamin miktarını önemli ölçüde arttırdığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). En düşük tiamin, riboflavin, niasin, pridoksamin ve pridoksin miktarı kontrol beyaz ekmekte tespit edilmiştir. Bu sonuç, beyaz ekmeğin besin değeri açısından fakir bir kaynak olduğunu yansıtmaktadır. İşleme parametreleri ile ürün reçetesinin ekmeklerin vitamin içeriğine etkisini bertaraf etmek için pişme süresi, ekmek yapma aşamaları, ingrediyen miktarı (özellikle maya) gibi faktörler her ekmek çeşidi için sabit tutulmuş olup, aralarındaki tek fark katılanan SPK dozudur. Kontrol beyaz ekmek için belirlenen geri kazanım değerleri tiamin, riboflavin, pridoksamin ve pridoksin için sırasıyla %87, %76, %95 ve %93'tür.

Kontrol tam buğday unlu ekmeğin tiamin miktarı, kontrol beyaz ve kontrol kepekli ekmeklere nispetle daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, kontrol kepekli ve kontrol tam buğday unlu ekmeklerinin riboflavin miktarı kontrol beyaz ekmeğe göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrudan ekmek reçetesi ve vitaminlerin buğday tanesindeki dağılımı ile ilgilidir. Kepekli ekmeklerdeki buğday kepeği miktarı %10, tam buğday unlu ekmeklerdeki tam buğday unu miktarı %50'dir. Tanedeki toplam tiaminin %33'ü kepekte, %3'ü endospermde, %64'ü ise embryodadır. Tanedeki toplam riboflavinin ise %42'si kepekte, %32'si endospermde, ve %26'sı embryodadır (Pomeranz, 1971). Buğday emryosundaki tiamin miktarının buğday kepeğine göre ve buğday kepeğindeki riboflavin miktarının buğday embryosuna göre daha fazla olması, farklı ekmek çeşitleri (kontrol) arasındaki tiamin ve riboflavin varyasyonu açıklamaktadır. %10.0 düzeyinde SPK katkısı, beyaz ve kepekli ekmeklerin tiamin miktarını kontrole kıyasla %100'den fazla, tam buğday unlu ekmeğin tiamin miktarını ise %38 düzeyinde arttırmıştır. Diğer yandan %10.0 düzeyinde SPK katkısı, beyaz ekmeğin riboflavin miktarında kontrole kıyasla 5 kat, kepekli ve tam buğday unlu ekmeklerde ise yaklaşık 2 kat artış sağlamıştır. Bununla birlikte,

SPK'nın riboflavin içeriğinin düşük olması sebebiyle, ekmeklerin riboflavin içeriğindeki artış istatistiksel açıdan önemli olmakla birlikte pratikte çok büyük bir artış değildir.

Ekmeklerde yapılan B₃ vitamini analizinde; matriks etkisinden dolayı kullanılan HPLC yöntemi iyi sonuç vermemiş; vitamin, örnek bileşenlerinden ayıramamıştır. Bu nedenle ekmeklerdeki B₃ vitamini miktarı, materyal metot bölümünde belirtilen spektrofotometrik AACC metoduna göre belirlenmiştir. Ekmeklerdeki vitamin sonuçları niasin olarak ifade edilmiştir. Söz konusu metotta kullanılan kalibrasyon eğrisi Şekil 23'te sunulmuştur.



Şekil . Spektrofotometrik niasin metodunda kullanılan standart eğri.

Kontrol beyaz, kepekli ve tam buğday unlu ekmeklerdeki niasin miktarı sırasıyla 40, 189 ve 114 µg/g olarak bulunmuştur. Brouns ve ark. (2012), buğday tanesindeki toplam niasin miktarının en az %80'inin aleuron yani kepek tabakasında bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Shewry ve ark. (2011), tanedeki toplam niasin miktarının %82'sinin aleuron tabakasında ve %2'sinin de emryoda bulunduğunu bildirmişlerdir. Kontrol kepekli ekmeğin niasin miktarının diğer ekmek çeşitlerine nispetle daha yüksek olması bu duruma atfedilmiştir. SPK'da bulunan en baskın vitamin niasin olduğundan, ekmeklerde de en yüksek oransal vitamin artışının niasin miktarında gözlenmesi beklenen bir durumdur. %10.0 SPK katkısı ile kontrole kıyasla beyaz, kepekli ve tam buğday unlu ekmeklerde sırasıyla yaklaşık 9, 3 ve 4 kat artış meydana gelmiştir.

Ham ve stabilize pirinç kepeklerinde B₆ vitamininin pridoksamin, pridoksal ve pridoksin olmak üzere 3 farklı formu analiz edilmiştir. Ancak ekmek ürünlerinde pridoksal,

ekmek bileşenleri ile birlikte elue olduğundan sağlıklı bir ayırım sağlanamamış ve ekmeklerdeki toplam B₆ vitamini pridoksamin ve pridoksinin toplamı olarak değerlendirilmiştir. Buğday tanesindeki toplam B₆ vitamini miktarının kepek tabakasında embriyoya kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiş olmakla beraber aralarındaki fark çok büyük değildir (Pomeranz, 1971). Kontrol ekmeklerdeki en yüksek B₆ vitamini miktarı tam buğday unlu ekmekte tespit edilirken bunu sırasıyla kepekli ve beyaz ekmek izlemektedir. %10.0 düzeyinde SPK katkısı ile beyaz, kepekli ve tam buğday unlu ekmeklerin B₆ vitamini miktarları kontrole göre sırasıyla %64, %43 ve %62 oranında artmıştır.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkıli ekmeklerin B grubu vitamin miktarları (µg/g) (n=3)*

Ekmek çeşidi	Katkı dozu %	B ₁	B ₂	B ₃	B ₆		
		Tiamin	Riboflavin	Niasin	Pridoksamin	Pridoksin	Toplam B ₆
B	0.0	1.43 ± 0.02 ^C	0.08 ± 0.03 ^B	40.00 ± 8.00 ^D	1.33 ± 0.09	0.86 ± 0.12 ^C	2.20 ± 0.11 ^C
	2.5	1.86 ± 0.05 ^B	0.09 ± 0.02 ^B	128.00 ± 2.67 ^C	1.42 ± 0.11	1.16 ± 0.11 ^{BC}	2.59 ± 0.17 ^{BC}
	5.0	2.58 ± 0.05 ^A	0.19 ± 0.01 ^B	237.33 ± 5.33 ^B	1.41 ± 0.01	1.63 ± 0.19 ^{AB}	3.04 ± 0.20 ^{AB}
	10.0	2.76 ± 0.02 ^A	0.38 ± 0.02 ^A	364.00 ± 4.00 ^A	1.51 ± 0.07	2.10 ± 0.03 ^A	3.61 ± 0.07 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.548	0.001	0.001
K	0.0	1.62 ± 0.01 ^D	0.34 ± 0.01 ^C	189.33 ± 5.33 ^D	1.28 ± 0.26 ^B	1.81 ± 0.16 ^B	3.10 ± 0.24 ^B
	2.5	2.32 ± 0.04 ^C	0.43 ± 0.01 ^{BC}	297.33 ± 4.00 ^C	1.46 ± 0.04 ^{AB}	2.19 ± 0.03 ^{AB}	3.65 ± 0.02 ^{AB}
	5.0	2.71 ± 0.05 ^B	0.48 ± 0.01 ^B	358.67 ± 4.00 ^B	1.70 ± 0.05 ^{AB}	2.55 ± 0.03 ^A	4.26 ± 0.07 ^A
	10.0	3.37 ± 0.02 ^A	0.60 ± 0.03 ^A	533.33 ± 2.67 ^A	2.10 ± 0.10 ^A	2.36 ± 0.15 ^A	4.46 ± 0.24 ^A
	p	0.000	0.000	0.000	0.021	0.010	0.003
T	0.0	4.54 ± 0.34 ^B	0.36 ± 0.05 ^B	114.67 ± 2.67 ^D	1.62 ± 0.05 ^B	2.31 ± 0.14 ^C	3.93 ± 0.18 ^C
	2.5	5.45 ± 0.11 ^{AB}	0.37 ± 0.04 ^B	228.00 ± 1.33 ^C	1.82 ± 0.08 ^B	2.76 ± 0.23 ^{BC}	4.58 ± 0.18 ^{BC}
	5.0	5.69 ± 0.30 ^{AB}	0.42 ± 0.01 ^B	302.67 ± 1.33 ^B	2.04 ± 0.10 ^{AB}	3.53 ± 0.14 ^{AB}	5.57 ± 0.13 ^{AB}
	10.0	6.28 ± 0.19 ^A	0.75 ± 0.01 ^A	492.00 ± 6.67 ^A	2.53 ± 0.16 ^A	3.84 ± 0.28 ^A	6.38 ± 0.44 ^A
	p	0.009	0.000	0.000	0.002	0.003	0.001

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

**B, beyaz ekmek; K, kepekli ekmek; T, tam buğday unlu ekmek

4.5.1.7. Tekstür analizi sonuçları

Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin ekmek içi tekstürel özellikleri Çizelge 31’de sunulmuştur. SPK katkısı hemen hemen tüm tekstürel özelliklerde anlamlı değişimlere neden olmuştur. Beyaz ve kepekli ekmeklerin sertlik değerleri, SPK katkısı ile artış gösterirken ($p < 0.05$), tam buğday unlu ekmekte önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Ekmek hamuruna ilave edilen farklı kepek kaynaklarının ekmek içi sertliğini arttırdığı, daha önce başka araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Gomez ve ark., 2003; Gomez ve ark., 2011, Curti ve ark., 2013). Gomez ve ark. (2003), bu sonucu, hamurdaki hava kabarcıklarını çevreleyen duvarın kalınlaşmasına atfetmişlerdir. Bununla birlikte beyaz ve kepekli ekmeklerin sertlik değerleri ile spesifik hacimleri arasında istatistiksel olarak önemli ve negatif korelasyonlar tespit edilmiştir ($r = -0.918$, $p = 0.000$ ve $r = -0.683$, $p = 0.000$). Ancak, tam buğday unlu ekmekte böyle bir ilişki tespit edilememiştir ($r = -0.222$, $p = 0.297$). SPK katkılı tam buğday unlu ekmeklerin kontrol ekmeğe kıyasla daha yumuşak ekmek içi tekstürüne sahip olması, ticari tam buğday unu içeriğindeki enzimlere atfedilmiştir. Kim ve ark. (2006b), α -amilaz enzimi katkısının ekmeklerin spesifik hacimlerini arttırdığını ve ekmek içi sertliğini azalttığını belirlemiş ve bu sonucun fermentasyon sırasında oluşan çok miktardaki gaz kabarcıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Amilaz dışında ticari tam buğday unu içeriğinde bulunan hemisellüloz ve lipaz enzimlerinin de ekmek içini yumuşatıcı etkisi mevcuttur (Poutanen, 1997).

Tekstürel olarak yapışkanlık, çiğneme esnasında damağa yapışan materyali uzaklaştırmak için harcanan güç olarak tanımlanmaktadır (Szczeniak, 2002). Genel olarak tüm ekmeklerde yapışkanlık SPK katkısı ile orantılı olarak artmıştır. Bununla birlikte, beyaz ekmekte SPK katkısının ekmek içi yapışkanlığına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). %10.0 SPK katkılı tam buğday unlu ekmeğinin yapışkanlık değeri, kontrole kıyasla %20 artış göstermiştir.

Tüm ekmek çeşitlerinde esneklik ve bağlayıcılık özellikleri SPK katkısı ile orantılı olarak düşüş göstermiş ve bu iki özellik arasında önemli bir korelasyon tespit edilmiştir (beyaz, kepekli ve tam buğday unlu ekmekler için sırasıyla $r = 0.947$, $p = 0.000$; $r = 0.951$, $p = 0.000$; $r = 0.976$, $p = 0.000$).

İstatistiksel olarak önemlilik göstermesine rağmen beyaz ekmeğin elastikiyet özelliği ile SPK katkısı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. %10.0 düzeyine kadar SPK katkısı kepekli ekmeğin elastikiyeti üzerinde önemli bir değişime neden olmamıştır ($p > 0.05$).

Ayrıca, tam buğday unlu ekmekte sadece %10.0 düzeyindeki SPK katkısı diğer katkı dozlarına kıyasla elastikiyeti önemli ölçüde arttırmıştır ($p < 0.05$).

Beyaz ve kepekli ekmekte SPK katkısı ile sakızimsılık ve çignenebilirlik değerleri artarken, tam buğday unlu ekmeğin tam tersi bir davranış göstermiştir. Ayrıca benzer fiziksel ve duyuşsal algısı olan bu iki özellik arasında da önemli korelasyonlar tespit edilmiştir (beyaz, kepekli ve tam buğday unlu ekmeğin için sırasıyla, $r = 0.982$, $p = 0.000$; $r = 0.959$, $p = 0.000$; $r = 0.974$, $p = 0.000$). Genel olarak tam buğday unlu ekmeğin tekstürel özelliklerinin SPK katkısı açısından beyaz ve kepekli ekmekten farklı bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun tam buğday ununun içeriğindeki enzimlerden ve yüksek miktarda kepek ve lif içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin tekstürel özellikleri (n=6)*

Ekmek çeşidi	Katkı dozu (%)	Sertlik (Hardness) (g)	Yapışkanlık (Adhesiveness) (mJ)	Esneklik (Resilience)	Bağlayıcılık (Cohesiveness)	Elastikiyet (Springiness) (mm)	Sakızimsılık (Gumminess) (g)	Çiğnenebilirlik (Chewiness) (mJ)
B	0.0	360.5 ± 14.6 ^C	0.03 ± 0.01	0.39 ± 0.01 ^{AB}	0.73 ± 0.01 ^A	8.24 ± 0.13 ^C	266.0 ± 13.0 ^C	21.57 ± 1.36 ^C
	2.5	573.5 ± 17.4 ^B	0.02 ± 0.01	0.41 ± 0.01 ^A	0.71 ± 0.01 ^A	11.20 ± 0.13 ^A	410.1 ± 14.0 ^B	45.13 ± 2.01 ^B
	5.0	925.5 ± 37.0 ^A	0.05 ± 0.01	0.35 ± 0.01 ^B	0.65 ± 0.01 ^B	10.58 ± 0.24 ^{AB}	609.0 ± 12.6 ^A	63.09 ± 1.01 ^A
	10.0	1065.7 ± 60.9 ^A	0.05 ± 0.01	0.28 ± 0.01 ^C	0.58 ± 0.01 ^C	10.30 ± 0.10 ^B	630.9 ± 35.8 ^A	63.79 ± 3.82 ^A
	p	0.000	0.206	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.0	523.2 ± 13.3 ^C	0.04 ± 0.01 ^B	0.35 ± 0.01 ^A	0.71 ± 0.01 ^A	7.75 ± 0.06	377.2 ± 7.71 ^C	28.71 ± 0.79 ^B
	2.5	565.0 ± 11.6 ^C	0.05 ± 0.02 ^B	0.34 ± 0.03 ^{AB}	0.68 ± 0.02 ^A	9.00 ± 0.90	383.2 ± 6.74 ^C	34.02 ± 3.78 ^B
	5.0	838.4 ± 18.9 ^B	0.22 ± 0.05 ^A	0.23 ± 0.02 ^C	0.55 ± 0.02 ^B	8.34 ± 0.35	462.2 ± 27.1 ^B	38.26 ± 3.91 ^B
	10.0	1065.7 ± 60.9 ^A	0.13 ± 0.06 ^{AB}	0.25 ± 0.02 ^{BC}	0.55 ± 0.02 ^B	9.41 ± 0.36	769.2 ± 20.8 ^A	71.20 ± 4.12 ^A
	p	0.000	0.020	0.003	0.000	0.150	0.000	0.000
T	0.0	905.4 ± 72.8	0.22 ± 0.03 ^C	0.22 ± 0.01 ^A	0.54 ± 0.01 ^A	8.89 ± 0.12 ^A	498.0 ± 40.9 ^A	43.59 ± 3.97 ^A
	2.5	844.8 ± 57.3	0.27 ± 0.02 ^{BC}	0.22 ± 0.01 ^A	0.55 ± 0.01 ^A	8.85 ± 0.07 ^A	466.7 ± 32.3 ^{AB}	40.49 ± 2.70 ^A
	5.0	813.5 ± 39.7	0.51 ± 0.06 ^B	0.18 ± 0.01 ^B	0.51 ± 0.01 ^B	8.57 ± 0.23 ^A	418.5 ± 26.1 ^{AB}	35.40 ± 3.16 ^{AB}
	10.0	843.5 ± 26.6	1.01 ± 0.09 ^A	0.13 ± 0.01 ^C	0.42 ± 0.01 ^C	7.01 ± 0.23 ^B	355.8 ± 17.2 ^B	24.64 ± 1.98 ^B
	p	0.656	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.002

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

**B, beyaz ekmek; K, kepekli ekmek; T, tam buğday unlu ekmek

4.5.1.8. Duyusal analiz sonuçları

Ekmekler en az 50 kişi ile tüketici testi yapılarak görünüş / renk, doku / tekstür, aroma / koku ve lezzet bakımından değerlendirilmiştir. Tüketicilerden ayrıca ekmekleri en beğendiklerinden en az beğendiklerine göre sıralamaları istenmiştir. Bu nedenle sıralama testi sonuçlarında matematiksel olarak düşük gözüken puanlar yüksek beğeniye ifade etmektedir. Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin duyusal özellikleri Çizelge 32’de sunulmuştur.

Duyusal özelliklerden görünüş ve tekstür özelliği üzerine SPK katkısının etkisi hiçbir ekmek çeşidi için önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Enstrumental olarak yapılan renk ve tekstür analizleri sonucunda SPK katkısının bu özellikleri önemli derece etkilediği belirlenmesine rağmen ($p<0.05$), tüketici puanları bu farklılıklardan negatif yönde etkilenmemiştir. Bu durum, pirinç kepeğinin, buğday kepeğinin pürüzlü yapısının aksine, buğday ununa benzer partikül yapısında olmasına ve ekmek içerisinde adeta eriyip giderek homojen bir biçimde dağılmasına atfedilmiştir. Ayrıca pirinç kepeği, renk açısından da buğday kepeğine kıyasla buğday ununa daha çok benzerlik göstermektedir.

Tam buğday unlu ekmeğin aroma puanlarında SPK katkısı ile orantılı bir düşüş tespit edilmiştir ($p<0.05$). Diğer yandan beyaz ve kepekli ekmeklerin aroma özelliği üzerine SPK katkısının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Beyaz ekmeğin lezzet puanları SPK katkısı ile beraber önemli derecede düşüş göstermiştir ($p<0.05$). Beyaz ekmek özellikle ülkemizde sıklıkla tüketilen ve çok alışık olduğumuz bir tada sahip bir ekmek çeşidi olduğundan, reçetesindeki küçük değişimlerin bile tüketiciler tarafından olumsuz yönde algılanması beklenen bir durumdur. Bununla birlikte %2.5, 5.0 ve 10.0 dozunda SPK ile katkılanmış beyaz ekmeklerin lezzet puanları birbirlerinden farklı değildir ($p>0.05$). Bu durum beyaz ekmeğin %10 dozuna kadar SPK ile katkılanabileceğini düşündürmektedir. Kepekli ekmeğin lezzet puanları da tıpkı diğer duyusal özellikler gibi SPK katkısından önemli düzeyde etkilenmemiştir ($p>0.05$). Ancak %2.5’un üzerindeki SPK katkısı tam buğday unu ekmeğinin lezzet puanlarını önemli derecede düşürmüştür ($p<0.05$).

Sıralama testi sonuçları değerlendirildiğinde, en çok beğenilen ekmeklerin (her bir ekmek çeşidi için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır) kontrol beyaz ekmek ile %2.5 SPK katkılı kepekli ve %2.5 SPK katkılı tam buğday unlu ekmek olduğu gözlenmiştir. Beyaz ekmek için beğeni sıralaması kontrol > %5.0 > %10.0 > %2.5 olarak bulunmuştur. SPK katkısının kepekli ekmeğin duyusal özelliklerinin hiçbiri üzerine etkisi önemli bulunmadığı

gibi sıralama testlerinde de kontrol kepek ekmeği ile farklı dozlarda SPK ile katkılanmış kepek ekmekleri arasında önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). Bu sonuç, SPK katkısı için en uygun ekmek çeşidinin kepekli ekmek olduğunu göstermektedir. Ayrıca, %2.5'un üzerindeki SPK katkısı tam buğday unu ekmeğinin genel beğeni sıralamasını da olumsuz etkilemiştir. %2.5'un üzerindeki dozlarda SPK ile katkılanmış tam buğday ekmeği, hem aroma ve lezzet bakımından hem de beğeni sıralaması bakımından beğenilmemiştir ($p<0.05$).

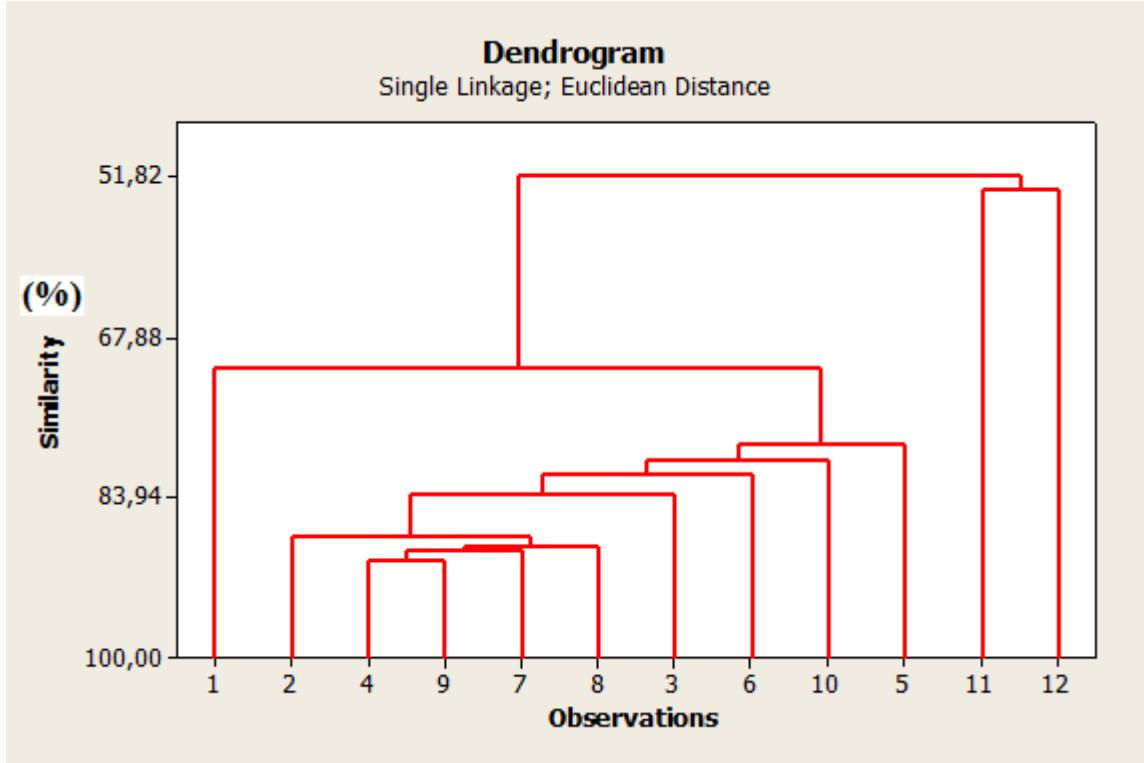
Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin duyu özellikleri*

Ekmek çeşidi	Katkı dozu (%)	Görünüş/ renk	Doku/tekstür	Aroma/koku	Lezzet	Genel beğeni sıralaması
B (n=59)	0.0	5.32	5.35	5.39	5.51 ^A	2.20 ^A
	2.5	5.16	5.05	4.89	4.78 ^B	2.76 ^B
	5.0	5.06	5.13	5.36	4.89 ^B	2.37 ^{AB}
	10.0	5.15	4.93	5.03	4.89 ^B	2.66 ^B
	p	0.732	0.558	0.062	0.011	0.025
K (n=61)	0.0	4.88	5.23	4.72	4.97	2.60
	2.5	5.32	5.17	5.10	5.13	2.24
	5.0	5.24	4.96	5.22	4.93	2.54
	10.0	5.23	4.77	5.24	5.00	2.60
	p	0.421	0.244	0.203	0.866	0.229
T (n=58)	0.0	5.20	4.82	5.14 ^A	4.84 ^{AB}	2.37 ^{AB}
	2.5	4.84	5.04	5.04 ^{AB}	5.00 ^A	2.08 ^A
	5.0	4.88	4.48	4.63 ^{BC}	4.28 ^C	2.65 ^{BC}
	10.0	4.67	4.50	4.41 ^C	4.37 ^{BC}	2.87 ^C
	p	0.124	0.102	0.026	0.032	0.001

*Her bir ekmek çeşidi için aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır ($p<0.05$).

**B, beyaz ekmek; K, kepekli ekmek; T, tam buğday unlu ekmek

Tüketici puanlarına bağlı olarak ekmek çeşitlerinin yakınlıkları ya da ayrılıkları Şekil 24'te sunulmuştur. Ekmek çeşitlerine ait duyu özellikler kümeleme analizi ile incelendiğinde, %5.0 (11) ve %10.0 (12) SPK katkılı tam buğday ekmeklerinin tüketici puanlarının birbirine oldukça yakın ancak diğer diğer ekmek çeşitlerinden anlamlı derecede farklı (düşük beğeni) olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kontrol beyaz ekmeğin (1) beğenilirlik düzeyi de diğer ekmeklerden farklılık (yüksek beğeni) arz etmektedir. Bununla birlikte, %10.0 SPK katkılı beyaz ekmek (4), %5.0 ve %10.0 SPK katkılı kepekli ekmek (7-8) ve kontrol tam buğday ekmeği (9) tüketicilerden oldukça benzer puanlar almıştır. Söz konusu bu 4 ekmek çeşidinin tüketici beğenilirliği açısından birbirleri ile ikame edilebileceği söylenebilir. Aynı zamanda %2.5 SPK katkılı beyaz ekmek (2) bu gruba %86 gibi yüksek bir oranda benzer beğeniye sahip olmuştur.



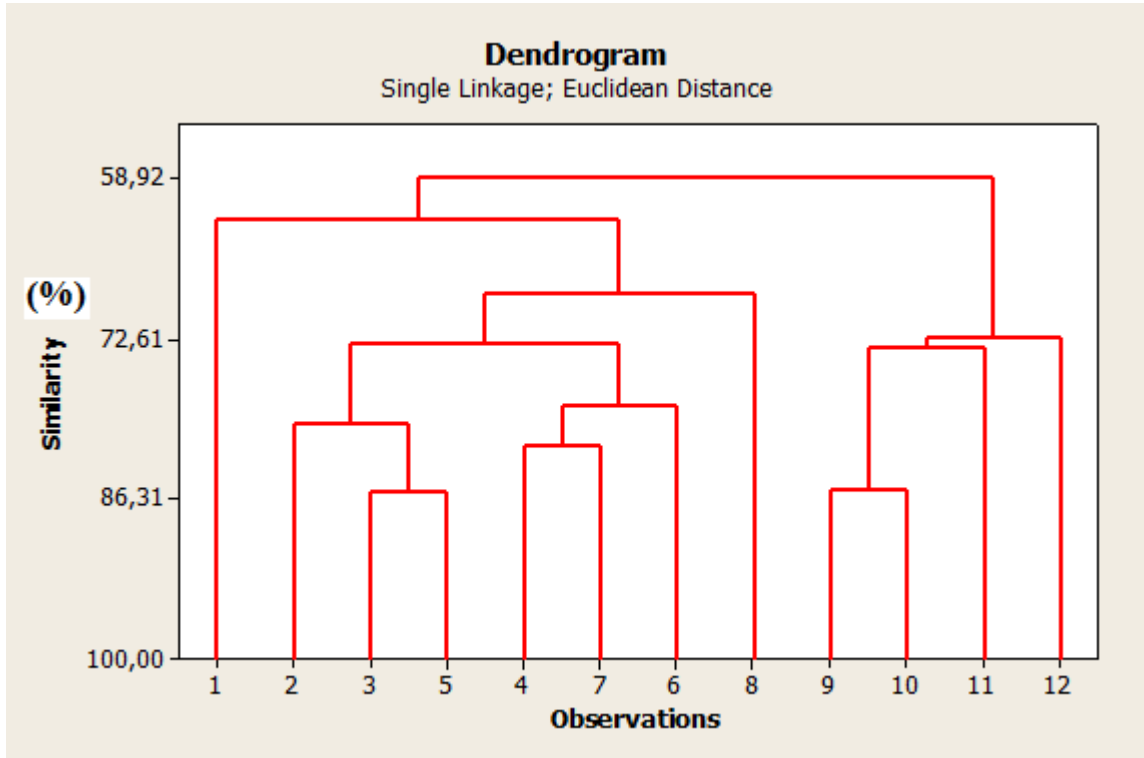
Şekil . Tüm ekmek çeşitleri arasındaki tüketici puanları ilişkisi.

*1-Beyaz kontrol, 2-Beyaz %2.5, 3-Beyaz %5.0, 4-Beyaz %10.0, 5-Kepekli kontrol, 6-Kepekli %2.5, 7-Kepekli %5.0, 8-Kepekli %10.0, 9-Tam buğday kontrol, 10-Tam buğday %2.5, 11- Tam buğday %5.0, 12- Tam buğday %10.0.

4.5.1.9. Ekmek çeşitlerinin besin öğeleri açısından değerlendirilmesi

Ekmek çeşitleri yağ, protein, kül, toplam diyet lif gibi temel bileşenler ile B grubu vitaminler ve mineral içeriği bakımından toplu olarak değerlendirildiğinde, kontrol (9) ve SPK katkılı tam buğday ekmeklerinin (10, 11, 12) diğer ekmek çeşitlerinden anlamlı düzeyde farklı (besin öğeleri açısından zengin) olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kontrol beyaz ekmek (1) de söz konusu besin öğeleri bakımından diğer ekmeklerden farklılık (besin öğeleri açısından fakir) arz etmektedir (Şekil 25).

%10.0 SPK katkılı kepekli ekmek (8), %0.0, 2.5 ve 5.0 dozlarında SPK katkılı kepekli ekmekler (5, 6, 7) ile %2.5, 5.0 ve 10.0 dozlarında SPK katkılı beyaz ekmeklerin (2, 3, 4) oluşturduğu kümeden ayrılmış, besin içeriği bakımından farklı (besin öğeleri açısından zengin) bir grup oluşturmuştur. Bununla birlikte %5.0 dozunda SPK katkılı beyaz ekmek (3) ile kontrol kepek ekmeği (5); %10.0 dozunda SPK katkılı beyaz ekmek (4) ile %5.0 dozunda SPK katkılı kepekli ekmeği (7) ve kontrol tam buğday unu ekmeği (9) ile %2.5 dozunda SPK katkılı tam buğday ekmeğinin (10) besin içerikleri yönünden birbirlerine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil . Tüm ekmek çeşitlerinin besin öğeleri bakımından karşılaştırılması.

*1-Beyaz kontrol, 2-Beyaz %2.5, 3-Beyaz %5.0, 4-Beyaz %10.0, 5-Kepekli kontrol, 6-Kepekli %2.5, 7-Kepekli %5.0, 8-Kepekli %10.0, 9-Tam buğday kontrol, 10-Tam buğday %2.5, 11- Tam buğday %5.0, 12- Tam buğday %10.0.

4.5.2. Kraker ürünüde yapılan analizler

Kraker ürünü için de belirlenen SPK katkı dozları (%2.5, 5.0 ve 10.0) ekmekler ile aynı olup, ekmeklere yönelik olarak yapılan ekmek hacmi ve pişme kaybı gibi analizler haricindeki tüm analizler ekmekler ile ortaktır. Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin fotoğrafı Şekil 26’da sunulmuştur.



Şekil . Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerler.

4.5.2.1. Temel bileşenlerin analiz sonuçları

Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin temel bileşen analizleri Çizelge 33’te gösterilmiştir. SPK katkısının krakerlerin nem, yağ, kül, suda çözünmeyen ve toplam diyet lif ile fitik asit miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Krakerlerin nem miktarı %1.64 ve 3.95 aralığında bulunmuştur. Nem miktarı ile SPK katkı dozu arasında bir ilişki tespit edilememiştir. SPK’nın yağ miktarı yaklaşık %20 ve kül miktarı da %10 civarında olduğundan söz konusu parametrelerde katkı dozu ile orantılı bir artış olması beklenen bir durumdur. %10.0 düzeyinde SPK katkısı krakerlerin yağ ve kül miktarlarında sırasıyla %15 ve %66 oranında artışa neden olmuştur. SPK katkısının krakerlerin protein miktarları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu durum, SPK ile rafine buğday ununun protein miktarlarının birbirine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

SPK katkısı krakerlerin suda çözünen diyet lif miktarlarında önemli bir değişime neden olmazken, suda çözünmeyen ve toplam diyet lif miktarını katkı dozu ile orantılı olarak önemli düzeyde arttırmıştır ($p<0.05$). Bu sonuç SPK’nın düşük miktardaki suda çözünebilir ve yüksek miktardaki suda çözünmeyen lif miktarına atfedilmiştir. %10.0 dozunda SPK katkısı krakerlerin toplam ve suda çözünmeyen diyet lif miktarını sırasıyla %170 ve 400 düzeyinde arttırmıştır. Tıpkı ekmek ürünlerinde olduğu gibi kraker ürünü için de fitik asit

miktarı SPK katkı dozu ile orantılı olarak ve önemli düzeyde artış göstermiştir ($p<0.05$). %10.0 SPK katkılı krakerde fitik asit miktarı kontrole göre yaklaşık 3 kat artış göstermiştir. Benzer biçimde Bilgiçli ve ark. (2007), %30 oranında buğday kepeği katkısının krakerlerin fitik asit miktarını 3 kat arttırdığını rapor etmişlerdir.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK katkı krakerlerin temel bileşen analizleri *

SPK dozu (%)	Nem (%) (n=6)	Yağ (%) (n=3)	Protein (%) (n=3)	Kül (%) (n=3)	Suda çözünebilir diyet lif (%) (n=3)	Suda çözünmeyen diyet lif (%) (n=3)	Toplam diyet lif (%) (n=3)	Fitik asit (%) (n=4)
0.0	1.93 ± 0.10 ^C	16.88 ± 0.01 ^B	13.38 ± 0.03	1.19 ± 0.11 ^B	2.01 ± 0.26	1.46 ± 0.12 ^C	3.47 ± 0.38 ^C	1.76 ± 0.02 ^D
2.5	3.62 ± 0.09 ^A	16.67 ± 0.29 ^B	13.17 ± 0.04	1.38 ± 0.21 ^{AB}	1.57 ± 0.13	2.84 ± 0.75 ^{BC}	4.41 ± 0.61 ^{BC}	2.94 ± 0.05 ^C
5.0	2.82 ± 0.20 ^B	17.96 ± 0.85 ^{AB}	13.55 ± 0.14	1.51 ± 0.05 ^{AB}	1.98 ± 0.06	5.27 ± 0.88 ^{AB}	7.26 ± 0.82 ^{AB}	3.83 ± 0.03 ^B
10.	2.11 ± 0.07 ^C	19.46 ± 0.25 ^A	14.10 ± 0.42	1.98 ± 0.06 ^A	2.21 ± 0.08	7.42 ± 0.43 ^A	9.63 ± 0.51 ^A	6.00 ± 0.06 ^A
p	0.000	0.011	0.156	0.049	0.162	0.009	0.006	0.000

* Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

4.5.2.2. Renk değerleri sonuçları

Krakerlerin rengi, öğütüldükten sonra ölçülmüştür. Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin renk sonuçları Çizelge 34’te gösterilmiştir. Çizelgeden da görüldüğü üzere SPK katkısının krakerlerin renk değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmakla birlikte katkı dozu ile ilişkilendirilebilecek bir renk varyasyonu gözlenmemiştir. Bu sonuç, krakerlerin renk değerleri üzerine SPK katkısından ziyade pişme koşullarının ve ısı dağılımının etkisi olduğunu düşündürmektedir. Renk değerlerinde katkı dozu ile ilişkilendirilebilecek bir değişim gözlenmediğinden, diğer renk karakteristikleri hesaplanmamıştır.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin renk sonuçları (n=12)*

Katkı dozu (%)	L^*	a^*	b^*
0.0	71.47 ± 0.68 ^B	6.34 ± 0.57 ^A	35.51 ± 0.95 ^A
2.5	75.02 ± 0.47 ^A	4.14 ± 0.10 ^B	31.03 ± 0.57 ^{AB}
5.0	72.09 ± 1.28 ^{AB}	4.70 ± 0.40 ^B	30.27 ± 0.71 ^B
10.0	67.71 ± 0.48 ^C	7.14 ± 0.16 ^A	33.64 ± 0.69 ^A
p	0.000	0.000	0.003

* Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

4.5.2.3. Mineral madde sonuçları

Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin mineral madde miktarları Çizelge 35’te gösterilmiştir. SPK katkısının krakerlerde incelenen tüm mineraller üzerinde istatistiksel olarak önemli etkisi olmuştur (p<0.05). Sodyum hariç tüm minerallerde SPK katkı dozu ile orantılı bir artış söz konusudur. Pirinç kepeği sodyum bakımından fakir bir materyal olduğundan formülasyondaki nispi un azalışının sodyum miktarlarında düşmeye neden olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte %10.0 düzeyindeki SPK katkısının krakerlerin Zn, Fe, K ve P içeriklerini %100’den daha fazla arttırdığı gözlenmiştir.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK katkı krakerlerin mineral madde miktarları (n=3)*

Katkı dozu (%)	Çinko (Zn)	Demir (Fe)	Kalsiyum (Ca)	Sodyum (Na)	Potasyum (K)	Fosfor (P)
0.0	0.28 ± 0.01 ^D	1.04 ± 0.01 ^D	15.01 ± 0.28 ^C	757.42 ± 1.38 ^C	206.00 ± 1.27 ^C	103.98 ± 2.44 ^C
2.5	0.39 ± 0.01 ^C	1.55 ± 0.01 ^C	19.50 ± 0.57 ^B	925.00 ± 1.73 ^A	301.50 ± 1.73 ^B	125.20 ± 11.10 ^C
5.0	0.56 ± 0.01 ^B	1.58 ± 0.02 ^B	23.10 ± 0.63 ^A	748.76 ± 2.14 ^D	302.98 ± 1.16 ^B	172.00 ± 10.60 ^B
10.0	0.69 ± 0.01 ^A	2.88 ± 0.01 ^A	24.94 ± 0.52 ^A	875.79 ± 0.40 ^B	444.70 ± 2.71 ^A	248.59 ± 2.47 ^A
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

* Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

4.5.2.4. B grubu vitaminlerin sonuçları

Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerlerin B grubu vitamin miktarları Çizelge 36'da gösterilmiştir. Tüm B grubu vitaminler SPK katkısı ile orantılı olarak artış göstermiştir ($p<0.05$). SPK'nın yüksek niacin içeriği nedeniyle, ekmek ürünlerinde olduğu gibi en yüksek oransal artış krakerlerin niacin miktarında görülmüştür. %10.0 düzeyinde SPK katkısı, krakerlerin tiamin, riboflavin, niacin ve pridoksin miktarında sırasıyla %46, 30, 318, ve 121 oranında artış sağlamıştır.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerlerin B grubu vitamin miktarları (n=3)*

Katkı dozu (%)	Tiamin (B ₁)	Riboflavin (B ₂)	Niasin (B ₃)	Pridoksin (B ₆)
0.0	1.62 ± 0.03 ^C	0.52 ± 0.01 ^B	96.00 ± 1.54 ^D	0.75 ± 0.02 ^C
2.5	1.97 ± 0.04 ^{BC}	0.54 ± 0.01 ^B	188.00 ± 2.31 ^C	1.10 ± 0.01 ^{BC}
5.0	2.12 ± 0.13 ^{AB}	0.60 ± 0.02 ^{AB}	254.67 ± 0.77 ^B	1.37 ± 0.09 ^{AB}
10.0	2.37 ± 0.07 ^A	0.68 ± 0.02 ^A	401.33 ± 5.39 ^A	1.66 ± 0.20 ^A
p	0.001	0.006	0.000	0.003

*Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır ($p<0.05$).

4.5.2.5. Tekstür analizi sonuçları

Farklı dozlarda SPK ile katkılanan krakerlerin tekstür sonuçları Çizelge 37'de gösterilmiştir. Kraker ürünüde iki döngülü olarak analiz yapmak mümkün olmadığından ekmekte yapıldığı gibi toplam profil analizi yapılmamış bunun yerine kırma testi yapılarak sadece sertlik özelliği değerlendirilmiştir. SPK katkısının krakerlerin sertliği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamış ($p>0.05$) ancak SPK katkılı krakerlerin sertliğinin kontrol örneğe göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerlerin sertlik değerleri (n=11)*

Katkı dozu (%)	Sertlik (n=11)
0.0	3561 ± 297
2.5	2687 ± 326
5.0	3286 ± 303
10.0	2364 ± 395
p	0.058

* Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

4.5.2.6. Duyusal analiz sonuçları

Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin tüketici testi sonuçları Çizelge 38’de gösterilmiştir. SPK katkısının krakerlerin duyusal özellikleri üzerine etkisi tüketiciler tarafından önemli bulunmamıştır (p>0.05). Ayrıca, beğeni sıralaması açısından da farklı dozlarda SPK katkılı krakerler ile kontrol / katkısız krakerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Bununla birlikte en çok beğenilen kraker %5.0 SPK katkılı kraker olurken, onu kontrol, %2.5 ve %10.0 SPK katkılı krakerler takip etmiştir. Bu sonuç SPK katkısı için tüketici beğenisi açısından kraker ürününün de iyi bir alternatif olabileceğini düşündürmektedir.

Sekhon ve ark. (1997), yağlı ve yağı alınmış stabilize pirinç kepeklerini %5, 10 ve 15 dozunda kraker, kek, ekmek ve çörek gibi çeşitli gıdalara katkılamışlar ve hem fonksiyonel hem de duyusal özellikler bakımından %5-10 düzeyindeki katkı dozunun daha iyi sonuç verdiğini daha yüksek katkı dozların ürünleri söz konusu özellikler bakımından olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, yağlı pirinç kepeği katkılı ürünlerin yağsız pirinç kepeği katkılı olanlara kıyasla daha çok beğenildiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge . Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerlerin tüketici testi sonuçları (n=61)*

Katkı dozu (%)	Görünüş	Doku /Tekstür	Aroma /Koku	Lezzet	Beğeni sıralaması
0.0	5.13 ± 0.17	4.63 ± 0.18	5.02 ± 0.13	4.77 ± 0.16	2.44 ± 0.13
2.5	4.62 ± 0.20	4.54 ± 0.19	4.63 ± 0.20	5.04 ± 0.16	2.57 ± 0.14
5.0	4.95 ± 0.16	5.06 ± 0.16	5.11 ± 0.16	5.01 ± 0.16	2.26 ± 0.13
10.0	4.70 ± 0.19	4.97 ± 0.18	4.85 ± 0.17	4.63 ± 0.19	2.72 ± 0.16
p	0.252	0.172	0.295	0.307	0.136

* Aynı kolonda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirlerinden Tukey testine göre farklıdır (p<0.05).

BÖLÜM 5**SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada, pirinç kepeği oldukça geniş yelpazedeki kısa dalga IR radyasyon yoğunluklarında muamele edilmiş ve acılaşmaya neden olan enzimler inaktive edilerek raf ömrünün arttırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu araştırma, pirinç kepeğinde acılaşmanın önlenmesi amacıyla IR ışınlarının kullanılması bakımından bilimiz dâhilindeki ilk kapsamlı çalışma niteliğini taşımaktadır. Stabilizasyon şartları açısından özellikle 600 ve 700 W IR güçleri ile sırasıyla 5.2 ve 3.0 dakika boyunca yapılan stabilizasyonun başarılı olduğu düşünülmektedir. Nitekim, 0. günde %4.32 olan SYA değeri 6 aylık depolama süresinin sonunda, ham kepekte %43.08'e yükselirken, 600 W ile 5.2 dakika boyunca stabilize edilen pirinç kepeklerinde %5.87'ye, 700 W ile 3.0 dakika boyunca stabilize edilen pirinç kepeklerinde ise %6.81'e çıkmıştır. Bununla birlikte enzim inaktivasyonu tamamen ve geri dönüşsüz bir şekilde gerçekleşmemiş, SYA değeri söz konusu şartlarda stabilize edilen pirinç kepeklerinde dahi çok yavaş da olsa depolama boyunca devam etmiştir. Enzim inaktivasyonunun tamamen ve geri dönüşsüz bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için stabilizasyon düzeneğinde birtakım yapısal değişikliklerin yapılması gerektiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte etkili IR radyasyon aralığı ve işlem süresi seçenekleri oldukça daraltılmış ve bundan sonra yapılacak stabilizasyon çalışmaları için önemli bir altyapı oluşturulmuştur. Enzim inaktivasyonu bakımından başarılı bulunan söz konusu şartlarda yapılan IR stabilizasyonun, enerji tüketimi bakımından pirinç kepeği stabilizasyonunda endüstriyel olarak kullanılan en yaygın teknik olan ekstrüzyon işlemi ile rekabet edebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

IR stabilizasyonun pirinç kepeğinin hemen hemen tüm besin öğeleri üzerine etkisi incelenmiş olup, bunların çoğunda önemli bir kayıp tespit edilmemiştir ($p>0.05$). İncelenen parametrelerden yalnızca nem, E ve B₁ vitamini ile fitik asit miktarlarında stabilizasyon koşulları ile ilişkilendirilebilir, mantıklı ve istatistiksel olarak da anlamlı düzeyde ($p<0.05$) azalma olduğu tespit edilmiştir. Nispeten yüksek IR gücü ve kısa işlem süresi koşullarında stabilize edilen pirinç kepeklerinin söz konusu besin öğelerinde meydana gelen kayıpların daha az olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte pirinç kepeğinin besleyici niteliğinin stabilizasyon işleminden sonra da oldukça yüksek olduğu söylenebilir.

Enzim inaktivasyon etkinliği, enerji sarfiyatı ve besin öğelerinin korunması bakımından 700 W IR gücünde 3.0 dakika yapılan stabilizasyonun, incelenen stabilizasyon

koşulları arasından, en uygun koşul olduğu tespit edilmiştir. Bu koşulda stabilize edilen pirinç kepeği; beyaz, kepekli, tam buğday unlu ekmek ile kraker ürünlerine %2.5, 5.0 ve 10.0 düzeyinde katılarak söz konusu fırın ürünlerinin fiziksel ve duyuşal özellikleri ile besin öğeleri üzerine etkisi incelenmiştir. %10.0 düzeyinin üzerinde yapılan SPK katkısının, söz konusu ürünlerin duyuşal özellikleri ile işlenebilme kalitesini olumsuz etkilediği belirlendiğinden daha yüksek katkı dozları değerlendirilmeye alınmamıştır. Beyaz ve kepekli ekmek ile kraker ürünleri için %10.0 düzeyine kadar SPK katkısının tüketici açısından birincil önemdeki duyuşal özellikleri olumsuz etkilenmediği tespit edilmiştir. Hâlihazırda tüketilen buğday kepekli ekmeğın SPK katkısı açısından en uygun ekmek çeşidi olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte tam buğday unlu ekmek için %2.5'un üzerindeki SPK katkısı tüketici beğenisini olumsuz etkilemiştir. SPK, katkılандığı tüm ürünlerin özellikle B grubu vitamin, toplam diyet lif ve mineral miktarlarını önemli düzeyde arttırmıştır ($p<0.05$). Ürün yelpazesi çok daha fazla genişletilebilir. Bu açıdan her ürün için çeşitli değerlendirmelerin yapılması gereklidir.

Gerek tek başına gerekse de bir ürün içerisinde pirinç kepeği tüketiminin olumsuz görülebilecek yönü, özellikle mineralleri bağlayarak biyoyararlılığını azalttığı bilinen fitik asit miktarının fazlalığıdır. Bu açıdan belli bir günlük tüketim miktarı belirlenmesi üzerine çalışmaların yapılması önerilebilir. Ayrıca, ülkemizde pirinç kepeği ile ilgili yasal bir yönetmelik / tebliğ vb. mevcut olmadığından, ticarileştirilebilecek potansiyele sahip bu ürün için özellikle %SYA düzeyi ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, besleyici ve fonksiyonel özellikleri bakımından oldukça zengin bir yan ürün olmasına rağmen atılan veya hayvan yemi olarak değerlendirilen pirinç kepeğinin düşük maliyetli ve etkili bir teknik olan IR enerji ile stabilize edilebileceği ve bu ürüne yaklaşık 6 ay gibi önemli bir raf ömrü kazandırılarak gıda olarak kullanılabilceği belirlenmiştir. Bu sayede katma değeri arttırılarak ülke ekonomisine kazandırılması ve toplumun günlük diyetinde önemli yer tutan ürünlere uygun dozlarda katkılanarak sağlık açısından genel bir olumlu etki yaratması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- AACC, 2000. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of American Association of Cereal Chemists*, (10th ed.). Minnesota, USA.
- Abdul-Hamid A. ve Luan Y.S., 2000. Functional Properties of Dietary Fibre Prepared from Defatted Rice Bran. *Food Chem.*, 68: 15-19.
- Abdul-Hamid A., Raja Sulaiman R.R., Osman A. ve Saari N., 2007. Preliminary Study of The Chemical Composition of Rice Milling Fractions Stabilized by Microwave Heating. *J. Food Comp. Anal.*, 20: 627-637.
- Abe T. ve Afzal T.M., 1997. Thin-Layer Infrared Radiation Drying of Rough Rice. *J. Agric. Engng. Res.*, 67: 289-297.
- Adebiyi A.P., Adebiyi A.O., Jin D.H., Ogawa T. ve Muramoto K., 2008. Rice Bran Protein Based Edible Films. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 43: 476-483.
- Adhikari P., Shin J.A., Lee J.H., Hu J.N., Zhu X.M., Akoh C.C. ve Lee K.T., 2010. Production of Trans-Free Margarine Stock by Enzymatic Interestification of Rice Bran Oil, Palm Stearin and Coconut Oil. *J. Sci. Food Agric.*, 90: 703-711.
- Adom K.K. ve Liu R.H., 2002. Antioxidant Activity of Grains. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6182-6187.
- Afzal T.M. ve Abe T., 1999. Some Fundamental Attributes of Far Infrared Radiation Drying of Potato. *Dry. Technol.*, 17 (1): 138-155.
- Afzal T.M. ve Abe T., 2000. Simulation of Moisture Changes in Barley During Far Infrared Radiation Drying. *Comput. Electron. Agr.*, 26: 137-145.
- Afzal T.M., Abe T. ve Hikida Y., 1999. Energy and Quality Aspects of Combined FIR-Convection Drying of Barley. *J. Food Eng.*, 42:177-82.
- Ahmed F., Platel K., Vishwanatha S., Puttaraj S. ve Srinivasan K., 2007. Improved Shelf-Life of Rice Bran by Domestic Heat Processing and Assesment of Its Dietary Consumption in Experimental Rats. *J. Sci. Food Agric.*, 87: 60-67.
- Ajmal M., Butt M.S., Sharif K., Nasir M. ve Nadeem M.T., 2006. Preparation of Fiber and Mineral Enriched Pan Bread by Using Defatted Rice Bran. *Int. J. Food Prop.*, 9: 623-636.
- Anderson J.W., Deakins D.A., Floore T.L., Smith B.M. ve Whitis S.E., 1990. Dietary Fiber and Coronary Heart Disease. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 29 (2): 95-147.
- Anonim, (2009). *TS Çeltik Standardı*. 10 Aralık 2013, http://www.egelihracatcilar.com/images/menu11-page/celtik_00001031.pdf

- Anonim, (2013) . *Rice anatomy*. 21 Temmuz 2013,
http://www.google.com.tr/imgres?sa=X&biw=1366&bih=563&tbm=isch&tbnid=E_SYd1yj7BI6MM%3A&imgrefurl=http%3A%2F%2Fascannotdo.wordpress.com%2Ftag%2Fbeta-glucan%2F&docid=XOA-45TU0EcnkM&imgurl=http%3A%2F%2Fascannotdo.files.wordpress.com%2F2012%2F06%2Frice_anatomy.png&w=578&h=480&ei=iabZUum2A_P1yAOdjYHABw&zoom=1&ved=0CHUQhBwwCw&iact=rc&dur=360&page=1&start=0&dsp=19
- AOAC, 2000. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*, (17th ed.), Maryland, USA.
- AOCS, 1997. Mehlenbacher V.V., Hopper T.H., Sallee E.M., Link W. E., Walker R.O., Walker R.C. ve Firestone D. (Eds.), *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. Champaign, Illinois.
- Arella F., Lahely S., Bourguignon J.B. ve Hasselmann C., 1996. Liquid Chromatographic Determination of Vitamins B₁ and B₂ in Foods. A Collaborative Study. *Food Chem.*, 56, 81-86.
- Atungulu G.G. ve Pan Z., 2011. Combined Infrared Radiation and Freeze Drying. In: Pan, Z. ve Atungulu, G.G., Eds. *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*. Boca Raton, Florida. 117-140.
- Balasundram N., Sundram K. ve Samman S., 2006. Phenolic Compounds in Plants and Agri-Industrial By-Products: Antioxidant Activity, Occurrence, and Potential Uses. *Food Chem.*, 99: 191-203.
- Ball G.F.M., 2006. Thiamin (Vitamin B₁). In: Ball, G.F.M., Ed. *Vitamins in foods. Analysis, bioavailability, and stability*. Boca Raton, Florida. 149-160.
- Barber S. ve Benedito de Barber C., 1980. Rice bran: Chemistry and Technology. In: Luh, B. S., Ed. *Rice: Production and Utilization*. AVI Publishing Co., Westport, New York. 791 p.
- Baysal T., Icier F., Ersus S. ve Yildiz H., 2003. Effects of Microwave and Infrared Drying on The Quality of Carrot and Garlic. *Eur. Food Res. Technol.*, 218: 68-73.
- Belefant-Miller H. ve Grace S.C., 2010. Variations in Bran Carotenoid Levels Within and Between Rice Subgroups. *Plant Food Hum. Nutr.*, 65: 358-363.

- Bergman C.J. ve Xu Z., 2003. Genotype and Environment Effects on Tocopherol, Tocotrienol and Gamma-Oryzanol Contents of Southern U.S. Rice. *Cereal Chem.*, 80 (4): 446-449.
- Bilgiçli N., İbanoğlu Ş. ve Herken E.N., 2007. Effect of Dietary Fiber Addition on The Selected Nutritional Properties of Cookies. *J. Food Eng.*, 78: 86-89.
- Bingöl G., Wang B., Zhang A., Pan Z. ve McHugh T.H., 2014. Comparison of Water and Infrared Blanching Methods for Processing Performance and Final Product Quality of French Fries. *J. Food Eng.*, 121: 135-142.
- Bingöl G., Yang J., Brandi M.T., Pan Z., Wang H. ve McHugh T.H., 2011. Infrared Pasteurization of Raw Almonds. *J. Food Eng.*, 104: 387-393.
- Brouns F., Hemery Y., Price R. ve Anson N.M., 2012. Wheat Aleurone: Separation, Composition, Health Aspects, and Potential Use. *Crit. Rev. Food Sci.*, 52: 553-568.
- Bruscatto M.H., Zambiasi R.C., Sganzerla M., Pestana V.R., Otero D., Lima R. ve Paiva F., 2009. Degradation of Tocopherols in Rice Bran Oil Submitted to Heating at Different Temperatures. *J. Chromatogr. Sci.*, 47 (9): 762-765.
- Bunzel M., Allerdings E., Sinwell V., Ralph J. ve Steinhart H., 2002. Cell Wall Hydroxycinnamates in Wild Rice (*Zizania Aquatica L.*) Insoluble Dietary Fibre. *Eur. Food Res. Technol.*, 214: 482-488.
- Canan C., Cruz F.T.L., Delarosa F., Casagrande R., Sarmiento C.P.M., Shimokomaki M. ve Ida E.I., 2011. Studies on the Extraction and Purification of Phytic Acid From Rice Bran. *J. Food Compos. Anal.*, 24: 1057-1063.
- Celma A.R., Cuadros F. ve Lopez-Rodrigues F., 2009. Characterisation of Industrial Tomato By-Products From Infrared Drying Process. *Food Bioprod. Process*, 87: 282-291.
- Chakraborty R., Bera M., Mukhopadhyay P. ve Bhattacharya P., 2011. Prediction of Optimal Conditions of Infrared Assisted Freeze-Drying of Aloe Vera (*Aloe barbadensis*) Using Response Surface Methodology. *Sep. Purif. Technol.*, 80: 375-384.
- Chawla R. ve Patil G.R., 2010. Soluble Dietary Fiber. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 9: 178-196.
- Chen M.H. ve Bergman C.J., 2005. A Rapid Procedure For Analyzing Rice Bran Tocopherol, Tocotrienol and γ -Oryzanol Contents. *J. Food Compos. Anal.*, 18: 319-331.
- Chen H.H., Chiu E.M. ve Huang J.R., 1997. Color and Gel-Forming Properties of Horse Mackerel (*Trachurus Japonicus*) as Related to Washing Conditions. *J. Food Sci.*, 62: 985-991.
- Chotimarkorn C., Benjakul S. ve Silalai N., 2008. Antioxidative Effects of Rice Bran Extracts on Refined Tuna Oil During Storage. *Food Res. Int.*, 41: 616-622.

- Chua K.J. ve Chou S.K., 2003. Low-Cost Drying Methods For Developing Countries. *Trends Food Sci. Tech.*, 14: 519-528.
- Chua K.J. ve Chou S.K., 2005. A Comparative Study Between Intermittent Microwave and Infrared Drying of Bioproducts. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 40: 23-39.
- Connor M.A., Saunders R.M. ve Kohler G.O., 1976. Rice Bran Protein Concentrates Obtained by Wet Alkaline Extraction. *Cereal Chem.*, 53: 488-496.
- Curti E., Carini E., Bonacini G., Tribuzio G. ve Vittadini E., 2013. Effect of The Addition of Bran Fractions on Bread Properties. *J. Cereal Sci.*, 57: 325-332.
- Dakshinamurti S. ve Dakshinamurti K., 2007. Vitamin B6. In: Zempleni, J., Rucker, R.B., McCormick, D.B. ve Suttie J.W., Eds. *Handbook of Vitamins*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 315-347.
- Das I., Das S.K. ve Bal S., 2004. Specific Energy and Quality Aspects of Infrared (IR) Dried Parboiled Rice. *J. Food Eng.*, 62: 9-14.
- Das I., Das S.K. ve Bal A., 2009. Drying Kinetics of High Moisture Paddy Undergoing Vibration-Assisted Infrared (IR) Drying. *J. Food Eng.*, 95: 166-171.
- Datta A.K. ve Almeida M., 2005. Properties Relevant to Infrared Heating of Foods. In: Rao, M.A., Rizvi, S. S.H. ve Datta, A. K., Eds. *Engineering Properties of Foods* (3rd ed.). Boca Raton, Florida. 209-235.
- Datta A.K. ve Ni H., 2002. Infrared and Hot-Air-Assisted Microwave Heating of Foods for Control of Surface Moisture. *J. Food Eng.*, 51: 355-364.
- De Delahaye E.P., Jimenez P. ve Perez E., 2005. Effect of Enrichment With High Content Dietary Fiber Stabilized Rice Bran Flour on Chemical and Functional Properties of Storage Frozen Pizzas. *J. Food Eng.*, 68: 1-7.
- Deolankar R.P. ve Singh K.S., 1979. Trypsin Inhibitor, Mineral Availability and Performance of Broiler Chickens Fed on Diets Based on Rice Bran. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 4: 133-141.
- Doymaz İ., 2012. Infrared Drying of Sweet Potato (*Ipomoea Batatas L.*) Slices. *J. Food Sci. Tech. Mys.*, 49 (6): 760-766.
- Doymaz İ. ve Pala M., 2003. The Thin-Layer Drying Characteristics of Corn. *J. Food Eng.*, 60: 125-130.
- Eitenmiller R.R., Ye L. ve Landen W.O., 2008. Thiamin. In: *Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences*. Boca Raton, Florida. 291-318.
- El Boulifi N., Bouaid A., Martinez M. ve Aracil J., 2013. Optimization and Oxidative Stability of Biodiesel Production From Rice Bran Oil. *Renew. Energ.*, 53: 141-147.

- EN ISO, 1995. Analysis by Gas Chromatography of Methyl Esters of Fatty Acids. *European Standard* EN ISO 5508.
- Escamilla-Castillo B., Varela-Montellano R., Sánchez-Tovar S.A., Solis-Fuentes J.A. ve Durán-de-Bazúa C., 2005. Extrusion Deactivation of Rice Bran Enzymes by Ph Modification. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, 107: 871-876.
- Esteve M.J., Farré R., Frígola A. ve García-Cantabella J.M., 1998. Determination of Vitamin B6 (Pyridoxamine, Pyridoxal And Pyridoxine) in Pork Meat and Pork Meat Products by Liquid Chromatography. *J Chromatogr. A.*, 795: 383-387.
- Faccin G.L., Vieira L.N., Miotto L.A., Barreto P.L.M. ve Amante E.R., 2009. Chemical, Sensorial and Rheological Properties of a New Organic Rice Bran Beverage. *Rice Science*, 16: 226-234.
- Fang N., Yu S. ve Badger T.M., 2003. Characterization of Triterpene Alcohol and Sterol Ferulates in Rice Bran Using LC-MS/MS. *J Agric. Food Chem.*, 51: 3260-3267.
- FAO, 1996. Draft Definition and Classification of Commodities. 29 Temmuz 2013, <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/economic/faodef/fdef11e.htm>.
- FAO, 2011. Food and Agriculture Organization Statistics. 10 Kasım 2013, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Farhoosh R. ve Esmailzadeh Kenari R., 2009. Anti-Rancidity Effects of Sesame and Rice Bran Oils on Canola Oil During Deep Frying. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 86: 539-544.
- Fasina O., 2003. Infrared Heating of Food and Agricultural Materials. *ASAE paper no: 036219* St Joseph, Mich.
- Fasina O., Tyler B., Pickard M., Zheng G.H. ve Wang, N. 2001. Effect of Infrared Heating on The Properties of Legume Seeds. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 36: 79-90.
- Fredlund K., Asp N.G., Larsson M., Marklinder I. ve Sandberg A.S., 1997. Phytate Reduction in Whole Grains of Wheat, Rye, Barley and Oats After Hydrothermal Treatment. *J. Cereal Sci.*, 25: 83-91.
- Fuh W.S. ve Chiang B.H., 2001. Dephytinisation of Rice Bran and Manufacturing a New Food Ingredient. *J. Sci. Food Agr.*, 81: 1419-1425.
- Gabel M.M., Pan Z., Amaratunga K.S.P., Harris L.J. ve Thompson J.F., 2006. Catalytic Infrared Dehydration of Onions. *J. Food Sci.*, 71 (9): 351-357.
- Galindo F.G., Toledo R.T. ve Sjöholm I., 2005. Tissue Damage in Heated Carrot Slices. Comparing Mild Hot Water Blanching and Infrared Heating. *J. Food Eng.*, 67: 381-385.

- Garcia-Esteba R.M., Guerra-Hernandez E. ve Garcia-Villanova B., 1999. Phytic Acid Content in Milled Cereal Products and Breads. *Food Res. Int.*, 32: 217-221.
- Gaytancıoğlu O., 1997. Türkiye’de eltikte Uygulanan Üretim, Fiyat ve Pazar Politikalarının Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ.
- Goffman F.D., Pinson S. ve Bergman C., 2003. Genetic Diversity for Lipid Content and Fatty Acid Profile in Rice Bran. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 80: 485-490.
- Goffman F.D. ve Bergman C., 2003. Relationship Between Hydrolytic Rancidity, Oil Concentration, and Esterase Activity in Rice Bran. *Cereal Chem.*, 80 (6): 689-692.
- Gomez M., Jimenez S., Ruiz E. ve Oliete B., 2011. Effect of Extruded Bran on Dough Rheology and Bread Quality. *LWT-Food Sci. Tech.*, 44: 2231-2237.
- Gomez M., Ronda F., Blanco C.A., Caballero P.A. ve Apestegufa A., 2003. Effect of Dietary Fibre on Dough Rheology and Bread Quality. *Eur. Food Res. Technol.*, 216: 51-56.
- Görhan G., 2011. eltik Kavuzunun Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Gualberto D.G., Bergman C.J., Kazemzadeh M. ve Weber C.W., 1997. Effect of Extrusion Processing on the Soluble and Insoluble Fiber, and Phytic Acid Contents of Cereal Brans. *Plant Food Hum. Nutr.*, 51: 187-198.
- Hagen W. ve Drawert F., 1986. Determination of Water Content by Infrared. *Monatsschrift Brauwissenschaft* 40 (6): 240-246.
- Hebbar H.U., Nandini K.E., Lakshmi M.C. ve Subramanian R., 2003. Microwave and Infrared Heat Processing of Honey and Its Quality. *Food Sci Technol Res.*, 9 (1): 49-53.
- Hebbar H.U., Viswanathan K.H. ve Ramesh M.N., 2004. Development of Combined Infrared and Hot Air Dryer For Vegetables. *J. Food Eng.*, 65: 557–563.
- Huang D., Ou B. ve Prior R.L., 2005. The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 1841-1856.
- Huang L., 2004. Infrared Surface Pasteurization of Turkey Frankfurters. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 5: 345-351.
- Huang L. ve Sites J., 2008. Elimination of *Listeria monocytogenes* on Hotdogs by Infrared Surface Treatment. *J. Food Sci.*, 73 (1): 27-31.
- ICH, 1996. The International Conference on Harmonisation (ICH), Topic Q2A, *Validation of Analytical Procedures: Methodology*, PMP/ICH/281/95.

- Iqbal S., Bhangar M.I. ve Anwar F., 2005. Antioxidant Properties and Components of Some Commercially Available Varieties of Rice Bran in Pakistan. *Food Chem.*, 93: 265-272.
- Jain D. ve Pathare P.B., 2004. Selection and Evaluation of Thin Layer Drying Models For Infrared Radiative and Convective Drying of Onion Slices. *Biosyst. Eng.*, 89: 289-296.
- James C., Lechevalier V. ve Ketteringham L., 2002. Surface Pasteurization of Shell Eggs. *J. Food Eng.*, 53: 193-197.
- James C. ve Sloan S., 1984. Functional Properties of Edible Rice Bran in Model System. *J. Food Sci.*, 54: 143-146.
- Ju Y.H. ve Vali S.R., 2005. Rice Bran Oil as a Potential Resource for Biodiesel: A Review. *J. Sci. Ind. Res. India.*, 64: 866-882.
- Juliano C., Cossu M., Alamanni M.C. ve Piu L., 2005. Antioxidant Activity of Gamma-Oryzanol: Mechanism of Action and Its Effect on Oxidative Stability of Pharmaceutical Oils. *Int. J. Pharmaceut.*, 299: 146-154.
- Juliano B.O. ve Hick P.A., 1996. Rice Functional Properties and Rice Food Product. *Food Rev. Int.*, 12: 71-103.
- Jun S., Krishnamurthy K., Irudayaj J. ve Demirci A., 2011. Fundamentals and Theory of Infrared radiation. In: Pan, Z. ve Atungulu, G.G., Eds. *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*. Boca Raton, Florida. 1-18.
- Kahlon T.S., 2009. Rice bran: Production, Composition, Functionality and Food Applications, Physiological Benefits. In: Cho, S.S. ve Samuel, P. Eds. *Fiber Ingredients Food Applications and Health benefits*. Boca Raton, Florida. 305-318.
- Kahlon T.S. ve Chow F.I., 2001. Rice bran: Production, Composition, Availability, Healthful Properties, Safety and Food Applications. In: Cho, S.S. ve Dreher M.L. Eds. *Handbook of Dietary Fiber*. Marcel Dekker, New York. 543-552.
- Keskin S.Ö., Sumnu G. ve Şahin S., 2004. Bread Baking in Halogen Lamp-Microwave Combination Oven. *Food Res. Int.*, 37: 489-495.
- Kırca A. ve Arslan E., 2008. Antioxidant Capacity and Total Phenolic Content of Selected Plants From Turkey. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43: 2038-2046.
- Kim C.J., Byun S.M., Cheigh H.S. ve Kwon T.W., 1987. Optimization of Extrusion Rice Bran Stabilization Process. *J. Food Sci.*, 52: 1355-1357.

- Kim I.H., Kim C.J., You J.M., Lee K.W., Kim C.T., Chung S.H. ve Tae B.S., 2002. Effect of Roasting Temperature and Time on the Chemical Composition of Rice Germ Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79 (5): 413-418.
- Kim J.H., Maeda T. ve Morita N., 2006b. Effect of Fungal α -amylase on the Dough Properties and Bread Quality of Wheat Flour Substituted with Polished Flours. *Food Res. Int.*, 39: 117-126.
- Kim S.Y., Jeong S.M. ve Jo S.C., 2006a. Application of Far Infrared Radiation in Manufacturing of Process Green Tea. *J. Agric. Food Chem.*, 54: 9943-9947.
- Kirkland J.B., 2007. Niacin. In: Zempleni, J., Rucker R. B., McCormick D. B. ve Suttie J. W., Eds. *Handbook of Vitamins* Boca Raton, Florida. 191-233.
- Ko S.N., Kim C.J., Kim C.T., Kim H., Chung S.H., Lee S.M., Yoon H.H. ve Kim I.H., 2003. Changes of Vitamin E Content in Rice Bran with Different Heat Treatment. *Eur J Lipid Sci Tech.*, 105: 225-228.
- Kocabıyık H. ve Tezer D., 2009. Drying of Carrot Slices Using Infrared Radiation. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44: 953-959.
- Kocabıyık H., Yılmaz N., Tuncel N.B., Sümer S.K. ve Büyükcan M.B., 2013. The Effects of Middle Infrared Radiation Intensity on the Quality of Dried Tomato Products. *Int J Food Sci Tech* doi: 10.1111/ijfs.12353.
- Kouzeh-Kanani M., van Zuilichem D.J., Roozen J.P. ve Pilnik W., 1981. A Modified Procedure for Low Temperature Infrared Radiation of Soybeans. Part 1: Improvement of Nutritive Quality of Full-Fat Flour. *LWT- Food Sci. Technol.*, 14: 242-244.
- Kowalski S.J. ve Rajewska K., 2009. Convective Drying Enhanced with Microwave and Infrared Radiation. *Drying Tech.*, 27: 878-887.
- Krishnamurthy K., Khurana H.K., Jun S., Irudayaraj J. ve Demirci A., 2008. Infrared Heating in Food Processing: An Overview. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 7: 2-13.
- Kumar D.G.P., Hebbar H.U., Sukumar D. ve Ramesh M.N., 2005. Infrared and Hot-Air Drying of Onions. *J. Food Process. Pres.*, 29: 132-150.
- Kumar D.G.P., Hebbar H.U. ve Ramesh M.N., 2006. Suitability of Thin Layer Models for Infrared-Hot Air Drying of Onion Slices. *LWT- Food Sci. Technol.*, 39: 700-705.
- Kumar R.R., Tiku P.K. ve Prakash V., 2009. Preferential Extractability of γ -Oryzanol From Dried Soapstock Using Different Solvents. *J. Sci. Food Agric.*, 89: 195-200.
- Lai P., Li K.Y., Lu S. ve Chen H.H., 2009. Phytochemicals and Antioxidant Properties of Solvent Extracts From *Japonica* Rice Bran. *Food Chem.*, 117: 538-544.

- Lakkakula N.R., Lima M. ve Walker T., 2004. Rice Bran Stabilization and Rice Bran Oil Extraction Using Ohmic Heating. *Biosource Technology*, 92: 157-161.
- Laohavanich J. ve Wongpichet S., 2009. Drying Characteristics and Milling Quality Aspects of Paddy Dried with Gas-Fired Infrared. *J. Food Process Eng.*, 32: 442-461.
- Larsson M., Minekus M. ve Havenaar R., 1997. Estimation of The Bioavailability of Iron and Phosphorus in Cereals Using a Dynamic in Vitro Gastrointestinal Model. *J. Sci. Food Agric.*, 74: 99-106.
- Lebiedzinska A. ve Szefer P., 2006. Vitamins B in Grain and Cereal-Grain Food, Soy-Products and Seeds. *Food Chem.*, 95: 116-122.
- Lee S.C., Kim J.H., Jeong S.M., Kim D.R., Ha J.U., Nam K.C. ve Ahn D.U., 2003. Effect of Far Infrared Radiation on the Antioxidant Activity of Rice Hulls. *J. Agric. Food Chem.*, 51: 4400-4403.
- Lerma-García M.J., Herrero-Martínez J.M., Simó-Alfonso E.F., Mendonça C.R.B. ve Ramis-Ramos G., 2009. Composition, Industrial Processing and Applications of Rice Bran Gamma-Oryzanol. *Food Chem.*, 115: 389–404.
- Liang J., Han B.Z., Han L., Nout M.J.R. ve Hamer R.J., 2007. Iron, Zinc and Phytic Acid Content of Selected Rice Varieties From China. *J. Sci. Food Agric.*, 87: 504-510.
- Lin Y. L., Li S.J., Zhu Y., Bingol G., Pan Z. ve McHugh T.H., 2009. Heat and Mass Transfer Modelling of Apple Slices Under Simultaneous Infrared Dry Blanching and Dehydration Process. *Drying Tech.*, 27: 1051-1059.
- Lin Y.P., Lee T.Y., Tsen J.H. ve King V.A.E., 2007. Dehydration of Yam Slices Using FIR-Assisted Freeze Drying. *J. Food Eng.*, 79: 1295–1301.
- Lin Y.P., Tsen, J.H. ve King, V.A.E., 2005. Effects of Far-Infrared Radiation on The Freeze-Drying of Sweet Potato. *J. Food Eng.*, 68: 249–255.
- Liu R.H., 2007. Whole Grain Phytochemicals and Health, *J. Cereal Sci.*, 46: 207-219.
- Loypimai P., Moonggarm A. ve Chottanom P., 2009. Effects of Ohmic Heating on Lipase Activity, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Rice Bran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (4): 3642-3652.
- Malekian F., Rao R.M., Prinyawiwatukul W., Marshall W.E., Windhauser M. ve Ahmedna M., 2000. Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, and Nutrient Losses in Rice Bran During Storage. *Bulletin number 870*, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA 70803.
- Meeso N., Nathakaranakule A., Madhiyanon T. ve Soponronnarit S., 2007. Modelling of Far Infrared Radiation in Paddy Drying Process. *J. Food Eng.*, 78: 1248-1258.

- Meilgaard M., Civille G.V. ve Carr B.T., 1999. Affective Tests: Consumer Tests and in-house Panel Acceptance Tests. In: Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Mongpraneet S., Abe T. ve Tsurusaki T., 2002. Accelerated Drying of Welsh Onion by Far Infrared Radiation Under Vacuum Conditions. *J. Food Eng.*, 55: 147-156.
- Mujahid A., Ul Haq I., Asif M. ve Gilani A.H., 2005. Effect of Various Processing Techniques and Different Levels of Antioxidant on Stability of Rice Bran During Storage. *J. Sci. Food Agr.*, 85: 847-852.
- Munshi S.K., Bhatia N., Sekhon B.S. ve Sukhija P.S., 1993. Inactivation of Rice Bran Lipase with Metal Ions. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 57: 169-174.
- Nanua J.N., McGregor J.U. ve Godbert J.S., 2000. Influence of High-Oryzanol Rice Bran Oil on the Oxidative Stability of Whole Milk Powder. *J. Dairy Sci.*, 83: 2426-2431.
- NAS, 2013. National Academy of Science. 21 Temmuz 2013 http://www.iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/5_Summary%20Table%20Tables%201-4.pdf.
- Nasıroğlu Ş. ve Kocabıyık H., 2009. Thin-Layer Infrared Radiation Drying of Red Pepper Slices. *J. Food Process Eng.*, 32: 1-16.
- Nimmol, C. ve Devahastin S., 2011. Vacuum Infrared Drying. In: Pan, Z. Ve Atungulu, G.G., Eds. *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*. Boca Raton, Florida. 141-166.
- Niwa Y., Kanoh T., Kasama T. ve Neigishi M., 1988. Activation of Antioxidant Activity in Natural Medicinal Products by Heating, Brewing and Lipophilization. A New Drug Delivery System. *Drugs under Experimental and Clinical Research*, 14: 361–372.
- Nowak D. ve Lewicki P.P., 2004. Infrared Drying of Apple Slices. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 5: 353-360.
- Oatway L., Vasanthan T. ve Helm J.H., 2001. Phytic Acid. *Food Rev. Int.*, 17: 419-431.
- Onofre F.O. ve Hettiarachchy N.S., 2007. Extraction, Quantification, and Characterization of Phenolics Extracted with the Aid of Sonication From Rice Bran. *Cereal Chem.*, 84: 337-342.
- Orthoefer F.T., 2005. Rice bran oil In: Shahidi, F., Ed. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. (Chapter 10, Vol 2) 465-489.

- Ory R.L., Bog-Hansen T.C. ve Mod R.R., 1981. Properties of Hemagglutinins in Rice and Other Cereal Grains. In: Ory, R.L., Ed. *Antinutrients and Natural Toxicants in Foods* Westport, CT, USA.
- Özkoç S.Ö., 2010. Kızılötesi ve Kızılötesi-Kombinasyon Isıtma Teknolojilerinin Gıda İşleme Uygulamalarında Kullanımı. *Gıda*, 35 (3): 211-218.
- Pan Z., Khir R., Godfrey L.D., Lewis R., Thompson J.F. ve Salim A., 2008a. Feasibility of Simultaneous Rough Rice Drying and Disinfestation by Infrared Radiation Heating and Rice Milling Quality. *J Food Eng.*, 84: 469-479.
- Pan Z., Shih C., McHugh T.H. ve Hirschberg E., 2008b. Study of Banana Dehydration Using Sequential Infrared Radiation Heating and Freeze-Drying. *LWT-Food Sci. Tech.*, 41: 1944-1951.
- Pan Z. ve Atungulu G.G., 2011. Infrared Radiative Properties of Food Materials. In: Pan, Z. Ve Atungulu, G.G., Eds. *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*. Boca Raton, Florida. 19-37.
- Panfili G., Fratianni A. ve Irano M., 2003. Normal Phase High-Performance Liquid Chromatography Method for the Determination of Tocopherols and Tocotrienols in Cereals. *J. Agric. Food Chem.*, 51: 3940–3944.
- Patel M. ve Naik S.N., 2004. Gamma-Oryzanol From Rice Bran Oil. A Review. *J. Sci. Ind. Res. India*, 63: 569-578.
- Pathare P.B. ve Sharma, G.P., 2006. Effective Moisture Diffusivity of Onion Slices Undergoing Infrared Convective Drying. *Biosystems Engineering*, 93 (3): 285-291.
- Pautanen K., 1997. Enzymes: An Important Tool in the Improvement of the Quality of Cereal Foods. *Trends Food Sci. Tech.*, 8: 300-306.
- Pérez-Jiménez J. ve Saura-Calixto F., 2005. Literature Data May Underestimate the Actual Antioxidant Capacity of Cereals. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 5036-5040.
- Pomeranz Y., 1971. *Wheat Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists. St Paul, Minnesota.
- Pomeranz Y., Shogren N.M., Finney K.F. ve Bechtel D.B., 1977. Fibre in Breadmaking: Effects on Functional Properties. *Cereal Chem.*, 54: 25-41.
- Qiu Y., Liu Q. ve Beta T., 2010. Antioxidant Properties of Commercial Wild Rice and Analysis of Soluble and Insoluble Phenolic Acids. *Food Chem.*, 121: 140-147.

- Raghavendra M.P., Kumar P.R. ve Prakash V., 2007. Mechanism of Inhibition of Rice Bran Lipase By Polyphenols: A Case Study with Chlorogenic Acid and Caffeic Acid. *J. Food Sci.*, 72 (8): 412-419.
- Raghavendra M.P. ve Prakash V., 2002. Phenylboronic Acid: A Potent Inhibitor of Lipase From *Oryza sativa*. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 6037-6041.
- Ramezanzadeh F.M., Rao R.M., Windhauser M., Prinyawiwatukul W., Tulley R. ve Marshall W.E., 1999. Prevention of Hydrolytic Rancidity in Rice Bran During Storage. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 3050-3052.
- Ramezanzadeh F.M., Rao R.M., Prinyawiwatukul W., Marshall W.E. ve Windhauser M., 2000. Effects of Microwave Heat, Packaging, and Storage Temperature on Fatty Acid and Proximate Compositions in Rice Bran. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 464-467.
- Randall J.M., Sayre R.N., Schults W.G., Fong R.Y., Mossman A.P., Tribelhorn R.E. ve Saunders R.M., 1985. Rice bran Stabilization by Extrusion Cooking for Extraction of Edible Oil. *J. Food Sci.*, 50: 361-364.
- Randhir R., Kwon Y.I. ve Shetty K., 2008. Effect of Thermal Processing on Phenolics, Antioxidant Activity and Health Relevant Functionality of Select Grain Sprouts and Seedlings. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 9: 355-364.
- Ravindran V., Ravindran G. ve Sivalogan S., 1994. Total and Phytate Phosphorus Contents of Various Foods and Feedstuffs of Plant Origin. *Food Chem.*, 50: 133-136.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. ve Rice-Evans C., 1999. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolourisation Assay. *Free Radical Bio. Med.*, 26: 1231-1237.
- Rosell C.M., Rojas J.A. ve Benedito de Barger C., 2001. Influence of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Hydrocolloid.*, 15: 75-81.
- Sakai N. ve Hanzawa T., 1994. Applications and Advances in Far-Infrared Heating in Japan. *Trends Food Sci. Technol.*, 5: 357-362.
- Sakai N. ve Mao W., 2006. Infrared Heating. In: Sun, D.W., Ed. *Thermal Food Processing New Technologies And Quality Issues*. Boca Raton, Florida. 493-527.
- Sandu C., 1986. Infrared Radiative Drying in Food Engineering: A Process Analysis. *Biotechnol Prog.*, 2 (3): 109-119.
- Saravanan S., Nagarajan G. ve Rao G.L.N., 2008. Effect of FFA of Crude Rice Bran Oil on the Properties of Diesel Blends. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 85: 663-666.

- Saunders R.M., 1985. Rice bran: Composition and Potential Food Uses. *Food Rev. Int.*, 1 (3): 465-495.
- Saunders R.M., 1990. The Properties of Rice Bran as a Foodstuff. *Cereal Food World* 35 (7): 632-636.
- Sawai J., Sagara K., Hashimoto A., Igararashi H. ve Shimizu M., 2003. Inactivation Characteristics Shown by Enzymes and Bacteria Treated with Far-Infrared Radiative Heating. *Int. J. Food. Sci. Tech.*, 38: 661-667.
- Schlemmer U., Frolish W., Prieto R.M. ve Grases F., 2009. Phytate in Foods and Significance for Humans: Food Sources, Intake, Processing, Bioavailability, Protective Role and Analysis. *Mol. Nutr. Food Res.*, 53: 330-375.
- Sekhon K.S., Dhillon S.S., Singh N. ve Singh B., 1997. Functional Suitability of Commercially Milled Rice Bran in India for Use in Different Food Products. *Plant Food Hum. Nutr.*, 50: 127-140.
- Sharma G.P., Verma R.C. ve Pathare P., 2005. Mathematical Modelling of Infrared Radiation Thin Layer Drying of Onion Slices. *J. Food Eng.*, 71: 282-286.
- Sharma H.R., Chauhan G.S. ve Agrawal K., 2004. Physico-Chemical Characteristics of Rice Bran Processed by Dry Heat and Extrusion Cooking. *Int. J. Food Prop.*, 7: 603-614.
- Sheridan P. ve Shilton N., 1999. Application of Far-Infrared Radiation to Cooking of Meat Products. *J. Food Eng.*, 41: 203-208.
- Shewry P.R., Van Schaik F., Ravel C., Charmet G., Rakszegi M., Bedo Z. ve Ward J.L., 2011. Genotype and Environment Effects on the Contents of Vitamins B1, B2, B3, and B6 in Wheat Grain. *J. Agric. Food Chem.*, 59: 10564-10571.
- Shi J., Pan Z., McHugh T.H., Wood D., Hirschberg E. ve Olson D., 2008. Drying and Quality Characteristics of Fresh and Sugar Infused Blueberries Dried with Infrared Radiation Heating. *LWT-Food Sci. Technol.*, 41: 1962-1972.
- Shih F.F. ve Daigle K.W., 2003. Antioxidant Properties of Milled-Rice Co-Products and Their Effects on Lipid Oxidation in Ground Beef. *J. Food Sci.*, 68: 2672-2675.
- Shin T.S. ve Godber J.S., 1996. Changes of Endogenous Antioxidants and Fatty Acid Composition in Irradiated Rice Bran During Storage. *J. Agr. Food Chem.*, 44: 567-573.
- Shin T.S., Godber J.S., Martin D.E. ve Wells J.H., 1997. Hydrolytic Stability and Changes in E Vitamers and Oryzanol of Extruded Rice Bran During Storage. *J. Food Sci.*, 62: 704-708.

- Shyu Y.S., Sung W.C., Chang M.H. ve Hwang J.Y., 2008. Effect of Far-Infrared Oven on the Qualities of Bakery Products. *Journal of Culinary Science and Technology*, 6: 105-118.
- Singleton V.L., Orthofer R. ve Lamuela-Raventos R.M., 1999. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Method. Enzymol.*, 299: 152-178.
- Skjöldebrand C., 2001. Infrared Heating. In: Richardson, R., Ed. *Thermal Technologies in Food Processing*. Boca Raton, Florida. 208-227.
- Skjöldebrand C., 2002. Infrared Processing. In: Henry, C.J.K. ve Chapman C., Eds. *The Nutrition Handbook for Food Processors*. Boca Raton, Florida. 423-432.
- Skjöldebrand C. ve Andersson C., 1989. A Comparison of Infrared Bread Baking and Conventional Baking. *Journal of Microwave power and Electromagnetic Energy*, 24: 91-101.
- Sumnu S.G. ve Özkoç S.Ö., 2011. Infrared Baking and Roasting. In: Pan, Z. ve Atungulu, G.G., Eds. *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*. Boca Raton, Florida. 203-225.
- Sumnu G., Turabi E. ve Öztöp M., 2005. Drying of Carrots in Microwave and Halogen Lamp-Microwave Combination Oven. *LWT-Food Sci. Technol.*, 38: 549-553.
- Szczesniak A.S., 2002. Texture is a Sensory Property. *Food Qual. Prefer.*, 13: 215-225.
- Tan J., Baisakh N., Oliva N., Parkhi V., Rai M., Torrizo L., Datta K. ve 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. J. Food Sci. Technol.*, 40: 563-569.
- Tao J., Rao R.M. ve Liuzzo J.A., 1993. Thermal Efficiencies of Conventional and Microwave Heat Stabilization of Rice Bran. *Louisiana Agriculture*, 36: 15.
- Thanonkaew A., Wongyai S., McClements D.J. ve Decker E.A., 2012. Effect of Stabilization of Rice Bran by Domestic Heating on Mechanical Extraction Yield, Quality, and Antioxidant Properties of Cold-Pressed Rice Bran Oil (*Oryza sativa* L.). *LWT-Food Sci. Technol.*, 48: 231-236.
- Tian S., Nakamura K. ve Kayahara H., 2004. Analysis of Phenolic Compounds in White Rice, Brown Rice, and Germinated Brown Rice. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 4808-4813.

- Timoumi S., Mihoubi D. ve Zagrouba F., 2007. Shrinkage, Vitamin C Degradation and Aroma Losses During Infrared Drying of Apple Slices. *LWT-Food Sci. Technol.*, 40: 1648-1654.
- Tireki S., Şumnu G. ve Esin A., 2006. Production of Bread Crumbs by Infrared-Assisted Microwave Drying. *Eur. Food Res. Technol.*, 222: 8-14.
- Toğrul H., 2005. Simple Modelling of Infrared Drying of Fresh Apple Slices. *J. Food Eng.*, 71: 311-323.
- Toğrul H., 2006. Suitable Drying Model for Infrared Drying of Carrot. *J. Food Eng.*, 77 (3): 610-619.
- TUİK, 2013. 20 Eylül 2013. (<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=13513>).
- Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Öztürk N. ve Tunçel M., 2010. The Effects of Infrared and Hot-Air Drying on Some Properties of Corn. *J. Food Agric. Environ.*, 8 (1): 63-68.
- Tuncel N.B. ve Yılmaz N., 2011. Gamma-Oryzanol Content, Phenolics Acid Profiles and Antioxidant Activity of Rice Milling Fractions. *Eur. Food Res. Technol.*, 233: 577-585.
- Vishwanathan K.H., Giwari G.K. ve Hebbar H.U., 2013. Infrared Assisted Dry-Blanching and Hybrid Drying of Carrot. *Food Bioprod. Process.*, 91: 89-94.
- Vishwanathan K.H., Hebbar H.U. ve Raghavarao K.S.M.S., 2010. Hot Air Assisted Infrared Drying of Vegetables and Its Quality. *Food Sci. Technol. Res.*, 16 (5): 381-388.
- Wade P., 1987. Biscuit Baking by Near-Infrared Radiation. *J. Food Eng.*, 6: 165-175.
- Wang J. ve Sheng K., 2006. Far Infrared and Microwave Drying of Peach. *LWT-Food Sci. Technol.*, 39: 247-255.
- Xu Z.M. ve Godber J.S., 1999. Purification and Identification of Components of Gamma-Oryzanol in Rice Bran Oil. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 2724-2728.
- Xu Z., Hua N. ve Godber J.S., 2001. Antioxidant Activity of Tocopherols, Tocotrienols, and γ -Oryzanol Components From Rice Bran Against Cholesterol Oxidation Accelerated by 2,2-Azobis (2-methylpropionamide) Dihydrochloride. *J. Agric. Food Chem.*, 49: 2077-2081.
- Yang J., Bingöl G., Pan Z., Brandi M.T., McHugh T.H. ve Wang H., 2010. Infrared Heating for Dry-Roasting and Pasteurization of Almonds. *J. Food Eng.*, 101: 273-280.
- Yılmaz N. ve Tuncel N.B., 2010. An Alternative Strategy for Corn Drying (*Zea mays*) Resulted in Both Energy Savings and Reduction of Fumonisin B1 and B2 Contamination. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 45: 621-628.

- Yoshida H., Hirooka N. ve Kajimoto G., 1991. Microwave Heating Effects on Relative Stabilities of Tocopherols in Oils. *J. Food Sci.*, 56: 1042-1046.
- Zhou Z., Robards K., Helliwell S. ve Blanchard C., 2004. The Distribution of Phenolics Acids in Rice. *Food Chem.*, 87: 401-406.
- Zhu Y. ve Pan Z., 2009. Processing and Quality Characteristics of Apple Slices Under Simultaneous Infrared Dry-Blanching and Dehydration with Continuous Heating. *J. Food Eng.*, 90: 441-452.

Ek 1. Ham ve stabilize kepeklerin depolama boyunca SYA değerleri (% oleik asit)

IR gücü (W)	İşlem süresi (dk)	Depolama süresi (gün)											
		15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
200	1.0	10.41 ± 0.62 Ca1	15.74 ± 1.58 BCa1	20.98 ± 1.88 ABCa1	24.82 ± 2.00 ABCa1	28.11 ± 3.59 ABCa1	33.19 ± 4.58 ABCa1	35.97 ± 1.09 ABCa1	39.74 ± 2.59 ABa1	41.41 ± 2.77 ABa1	40.38 ± 2.23 ABa1	42.98 ± 2.11 ABa1	44.22 ± 1.60 Aa1
	2.0	9.43 ± 0.04 Ca1	14.34 ± 2.82 BCa1	19.31 ± 2.71 ABCa1	23.21 ± 2.85 ABCa1	27.09 ± 4.14 ABCa12	32.00 ± 5.72 ABCa1	37.53 ± 2.44 ABa1	37.00 ± 4.85 ABa1	39.82 ± 3.47 ABa1	40.18 ± 2.22 ABa1	41.32 ± 2.66 ABa1	43.29 ± 1.96 Aa1
	3.0	9.40 ± 0.33 Ca1	14.34 ± 2.37 BCa1	19.14 ± 2.85 ABCa1	22.59 ± 2.77 ABCa1	26.55 ± 3.64 ABCa12	31.31 ± 5.95 ABCa1	35.40 ± 3.38 ABCa1	37.22 ± 4.17 ABa1	38.86 ± 3.25 ABa1	41.29 ± 3.03 ABa1	41.87 ± 2.80 Aa1	42.61 ± 1.79 Aa1
	4.0	9.31 ± 0.12 Ca1	14.33 ± 2.71 BCa1	18.59 ± 2.20 ABCa1	23.34 ± 2.72 ABCa1	26.64 ± 2.88 ABCa1	31.41 ± 5.80 ABCa1	35.79 ± 3.54 ABCa1	37.09 ± 5.31 ABa1	39.32 ± 2.24 ABa1	40.55 ± 1.62 ABa1	42.03 ± 2.27 Aa1	42.89 ± 1.07 Aa1
	5.2	8.48 ± 1.04 Ba1	14.04 ± 3.90 ABa1	18.24 ± 1.66 ABa1	21.33 ± 5.38 ABa1	24.17 ± 6.59 ABa1	36.01 ± 0.24 Aa1	33.80 ± 11.70 ABa1	35.20 ± 13.10 ABa1	36.50 ± 13.70 Aa1	37.70 ± 14.00 Aa1	38.10 ± 12.70 Aa1	38.90 ± 13.10 Aa1
	6.3	7.88 ± 0.72 Ba1	12.67 ± 2.14 ABa1	15.67 ± 3.79 ABa1	20.12 ± 4.56 ABa1	24.45 ± 5.48 ABa1	27.83 ± 7.78 ABa1	30.42 ± 7.70 ABa1	31.11 ± 6.61 ABa1	32.24 ± 7.16 ABa1	35.28 ± 7.68 ABa1	35.43 ± 7.18 Aa1	36.58 ± 6.86 Aa1
	7.2	9.01 ± 0.87 Ba1	14.63 ± 2.72 ABa1	18.49 ± 4.25 ABa1	22.19 ± 3.83 ABa1	24.79 ± 3.38 ABa1	28.98 ± 8.18 ABa1	30.74 ± 7.44 ABa1	32.95 ± 8.13 ABa1	34.02 ± 7.62 ABa1	36.24 ± 8.15 ABa1	37.06 ± 7.82 Aa1	37.40 ± 7.31 Aa1
	8.3	8.52 ± 0.89 Ba1	13.74 ± 3.89 ABa1	16.77 ± 5.43 ABa	22.38 ± 6.56 ABa1	25.72 ± 7.38 ABa1	28.95 ± 8.84 ABa1	32.34 ± 8.05 ABa1	33.03 ± 8.81 ABa1	34.26 ± 9.33 ABa1	34.26 ± 9.76 ABa1	35.34 ± 8.22 ABa1	36.91 ± 8.40 Aa1
	10.0	11.57 ± 0.84 Aa1	19.22 ± 3.35 Aa1	19.85 ± 5.51 Aa1	27.38 ± 6.20 Aa1	34.50 ± 11.50 Aa1	29.70 ± 10.90 Aa1	32.80 ± 10.70 Aa1	35.00 ± 11.10 Aa1	35.17 ± 9.76 Aa1	36.30 ± 10.00 Aa1	37.31 ± 9.12 Aa1	37.85 ± 8.72 Aa1

300	1.0	10.44 ± 0.68 Ba1	14.85 ± 3.00 ABa1	19.23 ± 1.96 ABa1	24.08 ± 3.31 ABa1	29.65 ± 6.70 ABa1	31.25 ± 5.51 ABa1	35.24 ± 3.63 ABa1	37.66 ± 3.56 ABa1	39.07 ± 1.55 Aa1	40.64 ± 2.46 Aa1	40.83 ± 2.05 Aa1	41.51 ± 2.11 Aa1
	2.0	10.04 ± 1.06 Ca1	14.83 ± 4.16 BCa1	18.43 ± 4.25 ABCa1	22.01 ± 4.64 BCa1	28.70 ± 7.90 ABCa1	30.60 ± 7.18 ABCa1	34.97 ± 5.92 ABCa12	34.94 ± 3.80 ABCa1	38.55 ± 5.26 ABa12	39.64 ± 3.31 ABa1	41.33 ± 3.70 ABa1	42.35 ± 2.81 Aa1
	3.0	9.97 ± 2.15 Ba1	15.15 ± 5.44 ABa1	19.30 ± 5.67 ABa1	23.58 ± 5.58 ABa1	29.40 ± 10.10 ABa1	31.72 ± 7.50 ABa1	35.28 ± 5.52 ABa1	38.47 ± 6.37 Aa1	38.83 ± 5.03 Aa1	41.11 ± 4.70 Aa1	42.01 ± 3.50 Aa1	42.18 ± 4.22 Aa1
	4.0	9.88 ± 1.66 Ba1	14.77 ± 4.88 ABa1	18.27 ± 4.17 ABa1	22.27 ± 4.57 ABa1	28.47 ± 8.10 ABa1	31.01 ± 7.31 ABa1	34.54 ± 5.71 ABa1	36.55 ± 4.54 ABa1	38.53 ± 4.07 Aa1	40.84 ± 4.32 Aa1	41.12 ± 3.63 Aa1	39.63 ± 4.94 Aa1
	5.2	7.77 ± 2.21 Ba1	12.60 ± 5.15 ABa1	14.93 ± 5.99 ABa1	19.64 ± 6.90 ABa1	24.70 ± 10.30 ABa1	27.20 ± 10.10 ABa12	29.90 ± 10.30 ABa 12	31.70 ± 10.70 ABa1	33.10 ± 9.57 ABa1	34.10 ± 9.18 ABa1	36.28 ± 8.61 Aa1	37.14 ± 7.42 Aa1
	6.3	7.26 ± 0.97 Ba1	11.56 ± 2.73 ABa1	13.66 ± 3.80 ABa1	17.67 ± 4.30 ABa1	21.85 ± 6.58 ABa1	24.90 ± 5.95 ABa12	26.74 ± 7.49 ABa12	28.67 ± 8.29 ABa12	31.99 ± 7.33 ABa1	32.06 ± 8.71 ABa12	34.16 ± 8.24 ABa12	36.31 ± 8.20 Aa1
	7.2	6.89 ± 0.08 Ca1	10.56 ± 1.09 BCa1	13.34 ± 2.16 ABCa1	17.62 ± 2.76 ABCa1	22.71 ± 5.15 ABCa1	25.40 ± 5.03 ABCa12	27.72 ± 5.74 ABCa1	29.40 ± 7.67 ABCa1	31.33 ± 7.54 ABCa1	32.65 ± 7.82 ABCa1	34.65 ± 7.12 ABa1	38.12 ± 7.33 Aa1
	8.3	7.15 ± 0.29 Ba1	11.20 ± 0.48 ABa1	14.87 ± 2.26 ABa	19.47 ± 2.86 ABa1	23.90 ± 4.60 ABa12	27.31 ± 5.95 ABa1	31.44 ± 5.34 ABa1	33.31 ± 5.67 ABa1	33.36 ± 8.46 ABa1	34.74 ± 7.84 Aa1	35.67 ± 7.47 Aa1	37.38 ± 7.35 Aa1
	10.0	5.40 ± 0.14 Ca1	7.64 ± 0.60 BCa1	10.02 ± 2.22 ABCa1	14.09 ± 3.02 ABCa12	18.77 ± 4.98 ABCa12	20.49 ± 6.08 ABCa1	24.21 ± 6.06 ABCa1	27.09 ± 7.39 ABCa1	30.53 ± 6.84 ABCa1	31.89 ± 5.90 ABCa1	33.36 ± 7.17 ABa1	35.66 ± 7.67 Aa1
400	1.0	8.60 ± 0.70 Ca1	11.80 ± 2.11 BCa1	15.77 ± 2.83 ABCa1	20.19 ± 2.70 ABCa1	23.91 ± 4.02 ABCa1	27.97 ± 5.44 ABCa1	30.26 ± 1.67 ABCa1	35.03 ± 4.30 ABCa1	36.78 ± 2.57 ABa1	38.11 ± 2.04 ABa1	40.34 ± 2.11 Aa1	39.94 ± 1.47 Aa1
	2.0	7.50 ± 0.33 Ba1	9.86 ± 1.54 Ba1	14.50 ± 3.06 ABa1	17.64 ± 2.79 ABa1	21.63 ± 3.90 ABa12	25.68 ± 4.36 ABa12	28.59 ± 1.18 ABa123	31.72 ± 3.84 ABa1	34.75 ± 2.03 ABa12	37.29 ± 1.83 Aa1	39.94 ± 0.48 Aa1	39.37 ± 1.12 Aa1
	3.0	6.44 ± 0.84 Ba1	8.16 ± 1.14 Ba1	11.41 ± 2.07 ABa1	14.79 ± 1.82 ABa1	17.77 ± 0.75 ABa12	22.51 ± 0.05 ABa12	26.74 ± 1.24 ABa12	31.69 ± 0.04 ABa12	33.38 ± 0.67 ABa12	36.08 ± 0.74 Aa12	37.29 ± 1.79 Aa12	38.69 ± 0.67 Aa12

	4.0	5.80 ± 0.45 Ca1	6.35 ± 0.01 Ca1	8.40 ± 0.12 BCa1	10.69 ± 0.89 ABCa1	14.27 ± 1.42 ABCa12	18.79 ± 1.70 ABCa12	21.98 ± 1.69 ABCa12	26.13 ± 1.88 ABCa12	29.07 ± 2.42 ABCa12	31.99 ± 2.56 ABCa1	34.63 ± 3.74 ABa1	36.48 ± 3.95 Aa1
	5.2	4.52 ± 0.13 Aa1	5.58 ± 0.29 Aa1	6.55 ± 0.01 Aa1	8.87 ± 0.03 Aa1	11.01 ± 0.46 Aa1	15.32 ± 1.80 Aa123	18.51 ± 1.10 Aa123	20.86 ± 3.08 Aa12	23.10 ± 4.83 Aa12	26.60 ± 5.50 Aa12	28.79 ± 5.11 Aa1	31.42 ± 3.62 Aa1
	6.3	4.78 ± 0.19 Aa1	6.20 ± 0.05 Aa1	7.46 ± 0.24 Aa1	9.66 ± 0.39 Aa1	12.14 ± 0.96 Aa1	16.88 ± 2.98 Aa12	17.93 ± 3.65 Aa12	20.11 ± 6.61 Aa12	23.92 ± 6.46 Aa1	26.24 ± 6.55 Aa12	29.43 ± 6.92 Aa12	31.85 ± 6.65 Aa1
	7.2	4.68 ± 0.25 Aa1	5.70 ± 1.05 Aa1	7.05 ± 2.38 Aa1	9.81 ± 3.84 Aa1	12.84 ± 5.02 Aa1	17.58 ± 8.10 Aa12	20.10 ± 10.20 Aa12	22.04 ± 9.77 Aa12	23.31 ± 9.81 Aa12	25.80 ± 10.30 Aa12	28.26 ± 9.45 Aa12	30.51 ± 7.53 Aa12
	8.3	4.65 ± 0.25 Aa1	5.73 ± 0.63 Aa1	6.55 ± 1.38 Aa1	8.87 ± 2.39 Aa1	10.88 ± 3.77 Aa12	15.51 ± 5.62 Aa12	17.89 ± 7.31 Aa12	19.09 ± 8.50 Aa12	21.31 ± 8.60 Aa12	22.45 ± 8.28 Aa12	24.42 ± 8.30 Aa12	26.20 ± 8.71 Aa12
	10.0	4.10 ± 0.23 Aa1	5.05 ± 0.22 Aa1	5.82 ± 1.09 Aa1	7.59 ± 1.38 Aa2	9.46 ± 2.18 Aa2	12.02 ± 3.04 Aa1	14.11 ± 5.28 Aa1	15.87 ± 7.09 Aa1	18.18 ± 6.58 Aa1	20.92 ± 6.84 Aa1	23.26 ± 7.49 Aa1	24.43 ± 6.84 Aa1
500	1.0	6.37 ± 0.35 Da1	8.87 ± 1.77 CDa1	11.92 ± 1.64 BCDa1	16.06 ± 0.28 ABCDa1	19.04 ± 0.14 ABCDa1	23.08 ± 0.56 ABCDa1	28.43 ± 3.03 ABCDa1	31.16 ± 4.27 ABCDa1	33.47 ± 6.75 ABCDa1	35.06 ± 6.43 ABCa1	36.96 ± 7.33 Aba1	39.39 ± 6.75 Aa1
	2.0	5.38 ± 0.34 Ba1	6.87 ± 1.61 Ba1	9.07 ± 3.35 ABa1	12.37 ± 4.93 ABa1	14.82 ± 5.81 ABa12	19.84 ± 9.52 ABa12	22.63 ± 7.75 ABa123	22.90 ± 2.60 ABab12	29.28 ± 6.58 ABab12	29.71 ± 7.27 ABab12	31.46 ± 7.49 ABab1	34.74 ± 6.66 Aab1
	3.0	4.52 ± 0.06 Aa1	4.91 ± 0.94 Aa1	6.36 ± 1.80 Aa1	7.73 ± 3.04 Aa1	9.20 ± 3.99 Aa12	11.92 ± 5.91 Aa12	12.44 ± 5.27 Aa12	17.56 ± 9.63 Aab123	18.70 ± 9.75 Aab123	21.10 ± 10.10 Aab123	23.40 ± 10.10 Aab123	26.39 ± 9.08 Aab123
	4.0	3.99 ± 0.13 Aa1	4.61 ± 0.89 Aa1	4.91 ± 0.49 Aa1	5.62 ± 0.98 Aa1	6.23 ± 1.27 Aa12	9.27 ± 2.64 Aa12	10.89 ± 3.05 Aa2	12.66 ± 4.68 Aab2	15.91 ± 5.71 Aab23	18.74 ± 6.46 Aab12	20.59 ± 8.41 Aab12	21.13 ± 8.30 Aab12
	5.2	4.00 ± 0.45 Aa1	4.26 ± 0.78 Aa1	5.21 ± 1.24 Aa1	5.60 ± 1.45 Aa1	7.53 ± 3.12 Aa1	10.00 ± 4.89 Aa23	11.02 ± 5.45 Aa23	14.00 ± 7.74 Aab12	17.12 ± 7.53 Aab12	19.12 ± 8.69 Aab12	21.56 ± 7.49 Aab12	20.78 ± 6.91 Aab12
	6.3	3.82 ± 0.14 Aa1	3.79 ± 0.23 Aa1	3.89 ± 0.20 Aa1	4.48 ± 0.46 Aa1	4.63 ± 0.58 Aa1	5.86 ± 1.22 Aa2	6.69 ± 1.56 Aa2	9.36 ± 3.26 Aab2	11.95 ± 4.48 Aab1	12.51 ± 3.66 Aab2	14.04 ± 3.34 Aab2	16.98 ± 5.52 Aab1

	7.2	3.81 ± 0.01 Aa1	3.79 ± 0.15 Aa1	3.86 ± 0.44 Aa1	4.02 ± 0.35 Aa1	4.35 ± 0.53 Aa1	5.27 ± 1.14 Aa2	5.44 ± 1.12 Aa2	6.43 ± 1.67 Aab2	7.20 ± 1.61 Ab2	8.32 ± 2.26 Ab2	9.65 ± 2.65 Ab2	11.93 ± 3.15 Ab2
	8.3	3.65 ± 0.04 Aa1	3.48 ± 0.30 Aa1	3.77 ± 0.39 Aa1	3.54 ± 0.45 Aa1	4.09 ± 0.98 Aa2	4.95 ± 1.59 Aa2	5.31 ± 1.93 Aa2	5.78 ± 1.76 Ab2	6.44 ± 2.83 Ab2	7.82 ± 3.53 Ab2	9.97 ± 3.24 Ab2	11.17 ± 3.43 Ab2
600	1.0	6.55 ± 0.26 Ba1	9.25 ± 1.41 ABa1	12.83 ± 2.28 ABa1	15.67 ± 2.94 ABa1	20.62 ± 5.03 ABa1	23.60 ± 5.56 ABa1	28.27 ± 6.09 ABa1	29.56 ± 5.40 ABa1	33.03 ± 6.86 ABa1	34.05 ± 5.34 ABa1	35.23 ± 4.99 Aa1	36.42 ± 4.81 Aa1
	2.0	4.47 ± 0.59 Aa1	4.95 ± 0.77 Aa1	5.32 ± 0.06 Aa1	6.23 ± 0.10 Aa1	7.54 ± 0.07 Aa12	9.96 ± 1.05 Aa12	11.42 ± 0.58 Aab23	15.07 ± 1.67 Aab12	15.61 ± 2.93 Aab23	18.63 ± 4.64 Aab12	23.64 ± 1.10 Aab12	23.09 ± 3.84 Aab12
	3.0	4.19 ± 0.53 Aa1	3.88 ± 0.30 Aa1	4.14 ± 0.34 Aa1	4.57 ± 0.63 Aa1	5.63 ± 1.43 Aa2	6.49 ± 1.55 Aa2	7.80 ± 1.73 Aab2	9.84 ± 2.86 Aab23	10.76 ± 3.66 Aab23	12.79 ± 4.87 Aab23	14.94 ± 4.95 Aab23	17.45 ± 4.71 Aab23
	4.0	3.94 ± 0.32 Aa1	3.63 ± 0.35 Aa1	3.65 ± 0.23 Aa1	3.51 ± 0.58 Aa1	3.91 ± 0.49 Aa2	4.50 ± 0.87 Aa2	4.67 ± 0.83 Ab2	5.10 ± 1.13 Ab2	6.03 ± 1.98 Ab3	6.73 ± 2.32 Ab2	9.44 ± 2.88 Ab2	10.10 ± 3.51 Ab2
	5.2	4.19 ± 0.66 Aa1	3.39 ± 0.25 Aa1	3.40 ± 0.39 Aa1	3.27 ± 0.41 Aa1	4.40 ± 0.24 Aa1	3.97 ± 0.47 Aa3	4.03 ± 0.75 Ab3	4.31 ± 1.45 Ab2	4.48 ± 1.49 Ab2	4.60 ± 1.54 Ab2	4.56 ± 1.79 Ab2	5.87 ± 2.91 Ab2
700	1.0	5.79 ± 0.36 Ba1	7.30 ± 1.88 ABa1	9.71 ± 2.51 ABa1	11.72 ± 4.47 ABa1	16.33 ± 6.94 ABa1	18.39 ± 7.91 ABa1	20.17 ± 7.39 ABa1	24.67 ± 7.94 ABa1	29.80 ± 10.40 ABa1	30.25 ± 8.22 ABa1	32.32 ± 7.87 ABa1	33.34 ± 7.49 Aa1
	2.0	4.13 ± 0.65 Aa1	3.81 ± 0.14 Aa1	4.12 ± 0.39 Aa1	4.40 ± 0.79 Aa1	4.97 ± 0.97 Aa2	6.00 ± 1.53 Aa2	6.86 ± 2.32 Aa3	7.90 ± 2.44 Aab2	7.05 ± 1.02 Ab3	7.32 ± 0.34 Ab2	7.64 ± 0.22 Ab2	8.01 ± 0.29 Ab2
	3.0	3.82 ± 0.20 Aa1	3.86 ± 0.04 Aa1	3.77 ± 0.09 Aa1	3.75 ± 0.12 Aa1	3.77 ± 0.66 Aa2	4.08 ± 0.20 Aa2	4.63 ± 0.15 Aa2	5.21 ± 0.56 Ab3	5.64 ± 0.56 Ab3	5.64 ± 0.70 Ab3	6.51 ± 1.29 Ab3	6.81 ± 1.87 Ab3

*Aynı IR gücü ve işlem süresinde farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar (depolama süresi) arasındaki farklar önemlidir (p<0.05).

**Aynı IR gücü ve depolama süresinde farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar (işlem süresi) arasındaki farklar önemlidir (p<0.05).

***Aynı işlem süresi ve depolama süresinde farklı sayılar ile gösterilen ortalamalar (IR gücü) arasındaki farklar önemlidir (p<0.05).

Ek 2. Ham ve stabilize kepeklerin depolama boyunca L^* değerleri

		Depolama süresi (gün)												
IR Gücü (W)	İşlem süresi (dk)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Ham	-	79.02 ± 1.04	79.07 ± 0.98	79.27 ± 1.14	79.14 ± 1.11	79.19 ± 1.12	78.96 ± 1.11	79.16 ± 1.04	79.53 ± 1.18	79.49 ± 1.11	79.43 ± 1.04	79.88 ± 0.59	80.20 ± 1.54	79.58 ± 0.90
200	1.0	77.58 ± 0.96	78.74 ± 1.17	78.54 ± 1.16	79.38 ± 1.87	78.22 ± 1.18	78.33 ± 1.03	78.58 ± 1.11	78.36 ± 1.18	78.38 ± 1.05	78.77 ± 1.01	78.69 ± 1.09	78.74 ± 1.19	78.64 ± 0.90
	2.0	77.49 ± 1.14	78.30 ± 1.16	78.24 ± 1.12	78.10 ± 1.19	77.98 ± 1.14	78.09 ± 0.90	78.30 ± 1.06	78.25 ± 1.05	78.16 ± 0.99	78.19 ± 0.95	78.36 ± 1.02	78.22 ± 1.05	78.20 ± 0.88
	3.0	77.26 ± 1.20	78.36 ± 1.19	78.19 ± 1.21	78.10 ± 1.18	77.88 ± 1.20	78.11 ± 0.99	78.34 ± 1.20	78.17 ± 1.17	78.05 ± 0.99	78.27 ± 1.04	78.09 ± 1.29	78.29 ± 1.11	78.34 ± 1.06
	4.0	77.30 ± 1.08	78.26 ± 1.01	78.10 ± 1.02	77.99 ± 1.05	77.83 ± 1.07	77.97 ± 0.87	78.16 ± 0.99	78.16 ± 1.00	78.14 ± 0.87	78.24 ± 0.98	78.21 ± 1.17	78.23 ± 0.90	78.38 ± 0.86
	5.2	78.19 ± 1.66	78.92 ± 1.46	78.97 ± 1.57	78.91 ± 1.48	78.68 ± 1.51	78.99 ± 1.56	78.73 ± 1.70	78.92 ± 1.54	79.06 ± 1.40	78.99 ± 1.52	78.72 ± 1.28	79.56 ± 1.05	78.81 ± 1.56
	6.3	78.72 ± 1.23	79.01 ± 1.48	78.97 ± 1.50	78.88 ± 1.44	78.80 ± 1.47	79.05 ± 1.37	78.95 ± 1.35	79.08 ± 1.40	79.27 ± 1.50	79.32 ± 1.47	79.02 ± 1.56	80.03 ± 1.83	79.25 ± 1.40
	7.2	78.23 ± 1.40	78.75 ± 1.36	78.98 ± 1.42	78.57 ± 1.47	78.50 ± 1.52	78.75 ± 1.40	78.59 ± 1.31	78.85 ± 1.49	78.97 ± 1.41	78.95 ± 1.44	78.73 ± 1.47	79.82 ± 1.76	78.90 ± 1.27
	8.3	77.86 ± 1.53	78.72 ± 1.61	78.60 ± 1.65	78.50 ± 1.72	78.33 ± 1.65	78.47 ± 1.54	78.50 ± 1.42	78.61 ± 1.51	78.82 ± 1.60	79.04 ± 1.66	78.92 ± 1.79	79.81 ± 1.97	79.08 ± 1.57
	10.0	77.44 ± 1.83	77.00 ± 1.20	77.09 ± 1.39	77.52 ± 1.54	76.97 ± 1.33	77.12 ± 1.25	77.66 ± 1.42	77.91 ± 1.57	78.36 ± 1.61	78.25 ± 1.63	78.04 ± 1.77	79.10 ± 2.04	78.48 ± 1.47
300	1.0	77.53 ± 1.24	78.48 ± 1.07	78.27 ± 1.10	78.35 ± 1.08	78.05 ± 1.10	78.31 ± 0.94	78.27 ± 1.06	78.22 ± 1.01	78.36 ± 1.01	78.59 ± 0.94	78.35 ± 1.09	78.48 ± 1.01	78.37 ± 0.97
	2.0	77.54 ± 0.98	78.78 ± 0.99	78.42 ± 1.04	78.24 ± 0.99	78.77 ± 0.90	78.32 ± 0.84	78.46 ± 0.95	78.50 ± 0.98	78.42 ± 0.90	78.64 ± 0.90	78.40 ± 1.03	78.84 ± 0.97	79.00 ± 0.84
	3.0	77.09 ± 1.03	78.23 ± 0.97	78.00 ± 1.10	78.06 ± 1.06	77.55 ± 0.97	77.97 ± 0.91	78.23 ± 0.96	78.28 ± 1.02	78.17 ± 0.99	78.37 ± 0.89	78.05 ± 1.08	78.36 ± 1.03	78.57 ± 0.86
	4.0	77.38 ± 1.88	78.51 ± 0.86	78.50 ± 0.95	78.31 ± 0.88	78.22 ± 0.95	78.32 ± 0.77	78.62 ± 0.86	78.69 ± 0.87	78.60 ± 0.81	78.63 ± 0.77	78.39 ± 0.89	78.78 ± 0.89	78.97 ± 0.75

Λ

	5.2	78.18 ± 1.28	78.80 ± 1.08	79.17 ± 1.32	79.07 ± 1.32	78.83 ± 1.33	79.00 ± 1.11	78.94 ± 1.11	79.35 ± 1.24	79.17 ± 1.15	79.34 ± 1.21	79.16 ± 1.29	80.28 ± 1.63	79.56 ± 1.15
	6.3	78.58 ± 1.53	79.23 ± 0.99	79.31 ± 1.25	79.17 ± 1.31	79.12 ± 1.33	79.35 ± 1.16	79.28 ± 1.16	79.33 ± 1.22	79.26 ± 1.12	79.18 ± 1.08	79.09 ± 1.35	80.25 ± 1.53	79.57 ± 1.04
	7.2	77.98 ± 1.56	78.59 ± 1.20	78.77 ± 1.42	78.78 ± 1.48	78.54 ± 1.50	78.72 ± 1.33	78.40 ± 1.24	78.60 ± 1.40	78.79 ± 1.36	78.94 ± 1.33	78.62 ± 1.50	79.65 ± 1.73	79.19 ± 1.26
	8.3	77.32 ± 1.15	78.47 ± 1.04	78.57 ± 1.30	78.51 ± 1.29	78.43 ± 1.31	78.71 ± 1.13	78.47 ± 1.07	78.76 ± 1.19	78.80 ± 1.15	78.77 ± 1.21	78.57 ± 1.28	79.60 ± 1.49	78.93 ± 1.09
	10.0	77.85 ± 1.54	78.50 ± 1.22	78.66 ± 1.39	78.51 ± 1.42	78.28 ± 1.47	78.53 ± 1.31	78.37 ± 1.33	78.56 ± 1.43	78.59 ± 1.46	78.73 ± 1.43	78.61 ± 1.50	79.55 ± 1.75	78.86 ± 1.24
400	1.0	77.28 ± 1.16	78.44 ± 1.04	78.53 ± 1.05	78.38 ± 1.02	78.12 ± 0.95	77.98 ± 0.98	78.25 ± 0.97	78.31 ± 0.92	78.27 ± 0.83	78.33 ± 0.95	78.30 ± 0.99	78.41 ± 1.04	78.70 ± 0.80
	2.0	76.97 ± 0.91	78.35 ± 0.85	78.26 ± 0.91	78.17 ± 0.92	77.70 ± 0.92	77.68 ± 0.98	78.06 ± 0.85	78.14 ± 0.93	78.05 ± 0.77	78.30 ± 0.77	78.11 ± 0.88	78.14 ± 0.89	78.45 ± 0.75
	3.0	77.53 ± 0.86	78.74 ± 0.89	78.68 ± 0.83	78.40 ± 0.81	78.11 ± 0.79	77.89 ± 0.91	78.26 ± 0.84	78.42 ± 0.88	78.50 ± 0.73	78.69 ± 0.70	78.65 ± 0.72	78.67 ± 0.86	78.87 ± 0.73
	4.0	77.64 ± 0.78	78.21 ± 0.86	78.11 ± 0.99	77.95 ± 0.91	78.07 ± 0.88	77.41 ± 1.07	77.90 ± 0.91	78.01 ± 1.05	77.91 ± 0.84	77.09 ± 0.88	78.19 ± 1.01	78.03 ± 0.97	78.44 ± 0.88
	5.2	78.23 ± 1.32	78.77 ± 1.19	78.93 ± 1.30	78.81 ± 1.34	78.76 ± 1.31	78.64 ± 1.41	78.66 ± 1.19	78.89 ± 1.30	78.43 ± 1.08	78.43 ± 1.06	78.35 ± 1.09	78.31 ± 1.02	78.59 ± 0.89
	6.3	77.46 ± 1.05	78.71 ± 0.91	78.37 ± 1.05	78.14 ± 1.09	77.95 ± 1.15	77.88 ± 1.15	78.05 ± 1.04	78.73 ± 1.10	78.49 ± 1.07	78.58 ± 1.09	78.58 ± 1.18	78.82 ± 1.01	78.67 ± 0.99
	7.2	77.80 ± 1.38	78.46 ± 1.13	78.42 ± 1.23	78.30 ± 1.29	78.26 ± 1.28	78.14 ± 1.27	78.12 ± 1.06	78.47 ± 1.22	78.35 ± 1.18	78.66 ± 1.17	78.52 ± 1.20	78.40 ± 1.18	78.95 ± 1.09
	8.3	77.14 ± 1.25	78.22 ± 1.12	78.20 ± 1.14	78.02 ± 1.21	78.02 ± 1.16	77.81 ± 1.22	77.79 ± 0.99	78.20 ± 1.19	78.34 ± 1.15	78.31 ± 1.14	78.14 ± 1.19	77.96 ± 1.22	78.27 ± 0.97
	10.0	76.38 ± 1.32	77.73 ± 1.09	77.75 ± 1.17	77.67 ± 1.14	77.57 ± 1.20	77.60 ± 1.27	77.36 ± 1.09	77.95 ± 1.26	77.79 ± 1.13	77.99 ± 1.12	77.99 ± 1.30	78.02 ± 1.18	78.21 ± 1.08
500	1.0	77.83 ± 1.27	78.28 ± 0.82	78.76 ± 0.98	78.66 ± 0.92	78.48 ± 0.93	78.16 ± 0.96	78.12 ± 0.94	78.43 ± 1.01	78.49 ± 1.09	78.72 ± 1.02	78.58 ± 0.85	78.56 ± 0.86	78.94 ± 1.17
	2.0	77.19 ± 1.22	77.90 ± 0.99	78.27 ± 1.07	78.03 ± 1.11	78.00 ± 1.00	77.67 ± 1.11	77.86 ± 0.90	78.01 ± 1.11	78.26 ± 1.02	78.28 ± 1.16	78.25 ± 1.13	78.01 ± 1.09	78.40 ± 0.97
	3.0	77.54 ± 1.40	78.30 ± 1.14	78.22 ± 1.31	78.06 ± 1.32	78.15 ± 1.24	77.95 ± 1.26	77.93 ± 1.14	78.11 ± 1.28	78.30 ± 1.13	78.28 ± 1.16	78.14 ± 1.30	78.08 ± 1.25	78.47 ± 1.14

	4.0	77.11 ± 1.40	77.58 ± 1.15	77.74 ± 1.12	77.61 ± 1.22	77.45 ± 1.21	77.40 ± 1.19	77.52 ± 1.07	77.48 ± 1.21	77.85 ± 1.20	78.16 ± 1.22	77.99 ± 1.32	77.54 ± 1.27	77.95 ± 1.01
	5.2	76.64 ± 1.44	77.48 ± 1.07	77.47 ± 1.09	77.35 ± 1.17	77.10 ± 1.16	77.26 ± 1.18	77.13 ± 1.04	77.32 ± 1.11	77.29 ± 1.08	77.55 ± 1.09	77.65 ± 1.18	77.40 ± 1.13	77.64 ± 1.01
	6.3	76.50 ± 1.17	76.89 ± 0.92	77.11 ± 1.05	76.84 ± 1.07	76.72 ± 1.08	76.56 ± 1.08	76.56 ± 1.01	77.00 ± 0.94	77.58 ± 1.26	77.82 ± 1.25	77.56 ± 1.37	77.37 ± 1.38	77.95 ± 1.21
	7.2	75.80 ± 1.19	76.66 ± 1.03	76.91 ± 1.17	76.81 ± 1.16	76.67 ± 1.14	76.65 ± 1.16	76.87 ± 0.79	76.69 ± 1.13	76.91 ± 1.13	77.01 ± 1.14	77.03 ± 1.21	77.03 ± 1.33	77.41 ± 1.19
	8.3	75.73 ± 1.44	76.60 ± 1.20	76.93 ± 1.28	76.69 ± 1.34	76.15 ± 1.22	76.61 ± 1.30	76.74 ± 1.22	76.76 ± 1.33	76.75 ± 1.24	76.99 ± 1.33	77.00 ± 1.30	76.67 ± 1.32	77.08 ± 1.26
600	1.0	77.07 ± 1.41	78.11 ± 1.19	78.09 ± 1.22	77.84 ± 1.27	77.56 ± 1.30	77.73 ± 1.10	77.94 ± 1.21	78.42 ± 1.38	78.03 ± 1.11	78.16 ± 1.08	78.01 ± 1.32	78.09 ± 1.18	78.31 ± 1.06
	2.0	76.51 ± 0.93	77.51 ± 0.87	77.68 ± 0.87	77.40 ± 0.93	77.26 ± 0.89	76.98 ± 0.90	77.34 ± 0.91	77.34 ± 0.98	77.30 ± 0.90	77.80 ± 1.04	77.76 ± 1.14	77.95 ± 1.14	78.02 ± 0.86
	3.0	76.19 ± 0.97	77.26 ± 1.06	77.22 ± 1.02	77.32 ± 0.98	76.98 ± 1.01	76.95 ± 1.03	77.15 ± 1.00	77.11 ± 1.05	77.11 ± 0.95	77.11 ± 0.88	77.08 ± 1.02	77.14 ± 1.02	78.14 ± 0.94
	4.0	74.93 ± 0.87	76.14 ± 0.87	76.32 ± 0.85	76.04 ± 0.95	75.85 ± 0.97	75.79 ± 0.91	76.12 ± 0.96	76.19 ± 0.93	76.52 ± 0.97	76.64 ± 1.02	76.48 ± 1.20	76.72 ± 1.19	77.02 ± 0.91
	5.2	74.22 ± 0.94	75.68 ± 0.91	75.49 ± 0.87	75.31 ± 0.95	75.26 ± 0.87	75.31 ± 0.96	75.51 ± 1.01	75.50 ± 0.96	75.60 ± 0.90	75.64 ± 0.93	75.64 ± 1.07	76.27 ± 1.36	77.39 ± 0.98
700	1.0	76.21 ± 1.53	77.72 ± 1.35	77.49 ± 1.36	77.35 ± 1.42	77.26 ± 1.50	77.25 ± 1.29	77.29 ± 1.36	77.33 ± 1.38	77.14 ± 1.26	77.32 ± 1.33	77.23 ± 1.37	77.50 ± 1.27	77.24 ± 1.36
	2.0	76.34 ± 1.33	77.05 ± 1.20	77.13 ± 1.15	77.06 ± 1.16	76.82 ± 1.16	76.86 ± 1.12	77.11 ± 1.14	76.94 ± 1.19	76.90 ± 1.11	76.98 ± 1.10	76.85 ± 1.17	76.69 ± 1.19	77.63 ± 0.73
	3.0	74.95 ± 0.96	76.12 ± 0.80	76.23 ± 0.82	76.02 ± 0.82	75.92 ± 0.77	75.38 ± 0.80	75.96 ± 0.81	76.03 ± 0.83	76.29 ± 0.85	76.14 ± 0.81	76.26 ± 0.99	76.36 ± 1.02	76.85 ± 0.77
800	1.0	77.00 ± 1.08	77.76 ± 0.90	77.65 ± 1.02	77.60 ± 1.08	77.41 ± 1.12	77.52 ± 0.92	77.71 ± 1.04	77.59 ± 0.96	77.45 ± 0.91	77.69 ± 0.93	77.64 ± 1.06	77.91 ± 1.97	77.91 ± 0.89
900	1.0	77.66 ± 0.34	78.40 ± 0.21	78.58 ± 0.13	78.35 ± 0.35	78.17 ± 0.28	78.33 ± 0.12	78.32 ± 0.19	78.38 ± 0.27	78.38 ± 0.11	78.54 ± 0.23	78.37 ± 0.39	78.64 ± 0.32	79.11 ± 0.14

Ek 3. Ham ve stabilize kepeklerin depolama boyunca a^* değerleri

III

		Depolama süresi (gün)												
IR Gücü (W)	İşlem Süresi (dk)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Ham	-	1.58 ± 0.17	1.41 ± 0.17	1.29 ± 0.10	1.28 ± 0.14	1.16 ± 0.12	1.19 ± 0.18	1.26 ± 0.16	1.22 ± 0.11	1.00 ± 0.08	0.93 ± 0.21	1.23 ± 0.12	1.02 ± 0.09	1.18 ± 0.18
200	1.0	1.81 ± 0.15	1.68 ± 0.10	1.48 ± 0.09	1.31 ± 0.06	1.44 ± 0.09	1.32 ± 0.08	1.35 ± 0.07	1.35 ± 0.07	1.38 ± 0.08	1.43 ± 0.12	1.25 ± 0.09	1.30 ± 0.09	1.52 ± 0.14
	2.0	1.82 ± 0.18	1.69 ± 0.11	1.48 ± 0.08	1.31 ± 0.04	1.39 ± 0.09	1.37 ± 0.06	1.40 ± 0.06	1.35 ± 0.06	1.43 ± 0.06	1.47 ± 0.08	1.31 ± 0.06	1.32 ± 0.07	1.53 ± 0.12
	3.0	1.77 ± 0.21	1.64 ± 0.11	1.46 ± 0.10	1.32 ± 0.06	1.38 ± 0.11	1.32 ± 0.08	1.38 ± 0.11	1.33 ± 0.11	1.38 ± 0.10	1.47 ± 0.18	1.44 ± 0.15	1.31 ± 0.09	1.46 ± 0.14
	4.0	1.76 ± 0.13	1.62 ± 0.07	1.44 ± 0.06	1.28 ± 0.03	1.38 ± 0.08	1.32 ± 0.05	1.41 ± 0.08	1.33 ± 0.07	1.36 ± 0.05	1.41 ± 0.13	1.38 ± 0.12	1.26 ± 0.06	1.44 ± 0.11
	5.2	1.52 ± 0.32	1.38 ± 0.19	1.41 ± 0.24	1.08 ± 0.34	1.06 ± 0.23	1.14 ± 0.34	1.13 ± 0.28	1.10 ± 0.29	1.11 ± 0.24	1.31 ± 0.21	1.36 ± 0.25	1.08 ± 0.28	1.25 ± 0.22
	6.3	1.65 ± 0.18	1.49 ± 0.17	1.46 ± 0.16	1.14 ± 0.11	1.09 ± 0.21	1.17 ± 0.11	1.21 ± 0.15	1.16 ± 0.14	1.11 ± 0.20	1.17 ± 0.25	1.21 ± 0.20	1.09 ± 0.15	1.21 ± 0.19
	7.2	1.50 ± 0.21	1.48 ± 0.16	1.42 ± 0.16	1.19 ± 0.11	1.11 ± 0.22	1.21 ± 0.15	1.25 ± 0.16	1.23 ± 0.17	1.14 ± 0.18	1.17 ± 0.27	1.34 ± 0.13	1.12 ± 0.15	1.26 ± 0.16
	8.3	1.46 ± 0.28	1.48 ± 0.17	1.45 ± 0.20	1.10 ± 0.16	1.11 ± 0.27	1.20 ± 0.17	1.19 ± 0.20	1.17 ± 0.18	1.11 ± 0.24	1.12 ± 0.28	1.24 ± 0.21	1.06 ± 0.17	1.06 ± 0.26
	10.0	1.59 ± 0.31	1.68 ± 0.16	1.64 ± 0.17	1.21 ± 0.17	1.20 ± 0.26	1.30 ± 0.17	1.28 ± 0.21	1.24 ± 0.22	1.20 ± 0.25	1.37 ± 0.25	1.39 ± 0.20	1.20 ± 0.21	1.30 ± 0.21
	300	1.0	1.84 ± 0.13	1.62 ± 0.07	1.48 ± 0.13	1.32 ± 0.05	1.29 ± 0.13	1.28 ± 0.05	1.40 ± 0.09	1.33 ± 0.09	1.37 ± 0.10	1.41 ± 0.12	1.39 ± 0.10	1.21 ± 0.08
2.0		1.76 ± 0.11	1.43 ± 0.05	1.39 ± 0.12	1.29 ± 0.02	1.22 ± 0.09	1.24 ± 0.04	1.29 ± 0.06	1.27 ± 0.07	1.28 ± 0.09	1.46 ± 0.10	1.27 ± 0.06	1.09 ± 0.06	1.17 ± 0.09
3.0		1.89 ± 0.15	1.59 ± 0.06	1.47 ± 0.14	1.27 ± 0.04	1.35 ± 0.08	1.31 ± 0.06	1.37 ± 0.09	1.33 ± 0.08	1.34 ± 0.12	1.44 ± 0.14	1.33 ± 0.10	1.23 ± 0.09	1.25 ± 0.09
4.0		1.79 ± 0.11	1.55 ± 0.04	1.38 ± 0.13	1.25 ± 0.01	1.23 ± 0.10	1.21 ± 0.05	1.28 ± 0.07	1.25 ± 0.07	1.27 ± 0.08	1.42 ± 0.11	1.28 ± 0.08	1.14 ± 0.08	1.20 ± 0.08

	5.2	1.63 ± 0.20	1.36 ± 0.14	1.29 ± 0.15	1.07 ± 0.10	1.04 ± 0.20	1.09 ± 0.08	1.12 ± 0.15	1.05 ± 0.15	1.03 ± 0.19	1.15 ± 0.22	1.14 ± 0.14	1.01 ± 0.13	0.99 ± 0.17
	6.3	1.48 ± 0.19	1.26 ± 0.13	1.28 ± 0.15	0.99 ± 0.11	0.97 ± 0.19	1.04 ± 0.10	1.08 ± 0.17	1.06 ± 0.17	1.01 ± 0.19	1.18 ± 0.26	1.11 ± 0.15	0.97 ± 0.14	0.94 ± 0.18
	7.2	1.60 ± 0.21	1.41 ± 0.14	1.37 ± 0.13	1.10 ± 0.14	1.10 ± 0.22	1.16 ± 0.13	1.19 ± 0.17	1.17 ± 0.19	1.11 ± 0.21	1.16 ± 0.26	1.23 ± 0.16	1.13 ± 0.16	1.08 ± 0.16
	8.3	1.70 ± 0.14	1.40 ± 0.11	1.35 ± 0.13	1.10 ± 0.10	1.07 ± 0.20	1.14 ± 0.08	1.17 ± 0.16	1.11 ± 0.17	1.13 ± 0.19	1.19 ± 0.20	1.23 ± 0.11	1.04 ± 0.13	1.02 ± 0.17
	10.0	1.51 ± 0.27	1.33 ± 0.15	1.41 ± 0.16	1.10 ± 0.13	1.13 ± 0.24	1.17 ± 0.12	1.18 ± 0.20	1.17 ± 0.21	1.17 ± 0.23	1.28 ± 0.22	1.27 ± 0.12	1.10 ± 0.18	1.13 ± 0.16
400	1.0	1.65 ± 0.11	1.61 ± 0.06	1.24 ± 0.06	1.32 ± 0.07	1.21 ± 0.09	1.37 ± 0.08	1.23 ± 0.02	1.14 ± 0.01	1.18 ± 0.01	1.32 ± 0.07	1.36 ± 0.09	1.09 ± 0.05	1.26 ± 0.13
	2.0	1.64 ± 0.04	1.57 ± 0.03	1.24 ± 0.04	1.30 ± 0.05	1.28 ± 0.08	1.37 ± 0.09	1.17 ± 0.02	1.17 ± 0.01	1.19 ± 0.01	1.27 ± 0.04	1.40 ± 0.08	1.15 ± 0.02	1.31 ± 0.10
	3.0	1.66 ± 0.10	1.54 ± 0.07	1.25 ± 0.05	1.30 ± 0.06	1.26 ± 0.10	1.37 ± 0.12	1.25 ± 0.05	1.17 ± 0.03	1.17 ± 0.04	1.36 ± 0.05	1.40 ± 0.11	1.15 ± 0.08	1.30 ± 0.14
	4.0	1.57 ± 0.07	1.66 ± 0.11	1.30 ± 0.08	1.39 ± 0.08	1.27 ± 0.14	1.42 ± 0.14	1.31 ± 0.07	1.19 ± 0.05	1.24 ± 0.06	1.45 ± 0.12	1.49 ± 0.13	1.15 ± 0.09	1.31 ± 0.14
	5.2	1.37 ± 0.21	1.43 ± 0.17	1.20 ± 0.12	1.13 ± 0.19	1.03 ± 0.24	1.20 ± 0.19	1.04 ± 0.17	0.93 ± 0.15	1.06 ± 0.14	1.13 ± 0.21	1.43 ± 0.14	1.24 ± 0.09	1.30 ± 0.16
	6.3	1.60 ± 0.14	1.57 ± 0.10	1.31 ± 0.05	1.24 ± 0.11	1.17 ± 0.20	1.32 ± 0.15	1.13 ± 0.13	1.04 ± 0.12	1.07 ± 0.13	1.15 ± 0.21	1.40 ± 0.13	1.25 ± 0.06	1.24 ± 0.18
	7.2	1.53 ± 0.20	1.57 ± 0.17	1.29 ± 0.09	1.19 ± 0.16	1.14 ± 0.23	1.32 ± 0.18	1.12 ± 0.16	1.02 ± 0.15	1.02 ± 0.15	1.14 ± 0.23	1.43 ± 0.15	1.23 ± 0.10	1.18 ± 0.19
	8.3	1.55 ± 0.16	1.55 ± 0.11	1.34 ± 0.06	1.21 ± 0.15	1.19 ± 0.20	1.36 ± 0.16	1.15 ± 0.14	1.07 ± 0.14	1.10 ± 0.15	1.17 ± 0.23	1.44 ± 0.16	1.31 ± 0.09	1.35 ± 0.13
	10.0	1.71 ± 0.15	1.57 ± 0.15	1.41 ± 0.08	1.25 ± 0.15	1.22 ± 0.21	1.36 ± 0.17	1.24 ± 0.14	1.08 ± 0.17	1.07 ± 0.18	1.22 ± 0.22	1.41 ± 0.20	1.27 ± 0.09	1.28 ± 0.19
500	1.0	1.63 ± 0.13	1.56 ± 0.09	1.29 ± 0.19	1.12 ± 0.11	1.15 ± 0.05	1.29 ± 0.11	1.21 ± 0.09	1.04 ± 0.14	1.02 ± 0.13	1.12 ± 0.16	1.42 ± 0.10	1.23 ± 0.19	1.10 ± 0.12
	2.0	1.73 ± 0.16	1.56 ± 0.13	1.30 ± 0.07	1.07 ± 0.13	1.17 ± 0.19	1.26 ± 0.14	1.16 ± 0.13	1.07 ± 0.14	1.03 ± 0.13	1.15 ± 0.22	1.36 ± 0.16	1.28 ± 0.07	1.20 ± 0.15
	3.0	1.57 ± 0.18	1.48 ± 0.14	1.32 ± 0.10	1.11 ± 0.16	1.13 ± 0.22	1.27 ± 0.17	1.11 ± 0.15	1.03 ± 0.15	0.98 ± 0.18	1.31 ± 0.14	1.43 ± 0.15	1.23 ± 0.09	1.19 ± 0.16

	4.0	1.60 ± 0.17	1.63 ± 0.10	1.36 ± 0.06	1.15 ± 0.12	1.27 ± 0.18	1.34 ± 0.12	1.22 ± 0.12	1.18 ± 0.12	1.07 ± 0.17	1.30 ± 0.16	1.39 ± 0.19	1.31 ± 0.07	1.19 ± 0.18
	5.2	1.76 ± 0.16	1.67 ± 0.09	1.47 ± 0.02	1.24 ± 0.10	1.34 ± 0.17	1.34 ± 0.13	1.30 ± 0.11	1.21 ± 0.09	1.18 ± 0.13	1.48 ± 0.11	1.48 ± 0.16	1.38 ± 0.05	1.34 ± 0.12
	6.3	1.85 ± 0.15	1.91 ± 0.08	1.53 ± 0.04	1.36 ± 0.10	1.44 ± 0.16	1.53 ± 0.11	1.43 ± 0.13	1.30 ± 0.09	1.16 ± 0.20	1.28 ± 0.24	1.55 ± 0.21	1.40 ± 0.11	1.27 ± 0.20
	7.2	2.00 ± 0.13	2.07 ± 0.06	1.72 ± 0.02	1.51 ± 0.08	1.62 ± 0.16	1.64 ± 0.09	1.42 ± 0.04	1.47 ± 0.07	1.42 ± 0.11	1.54 ± 0.18	1.83 ± 0.12	1.56 ± 0.10	1.33 ± 0.20
	8.3	2.05 ± 0.20	2.02 ± 0.15	1.78 ± 0.06	1.54 ± 0.17	1.58 ± 0.24	1.63 ± 0.15	1.54 ± 0.16	1.46 ± 0.15	1.41 ± 0.17	1.52 ± 0.26	1.77 ± 0.20	1.59 ± 0.10	1.50 ± 0.19
600	1.0	1.67 ± 0.26	1.56 ± 0.08	1.38 ± 0.18	1.31 ± 0.08	1.28 ± 0.16	1.26 ± 0.10	1.31 ± 0.14	1.33 ± 0.13	1.30 ± 0.14	1.44 ± 0.17	1.37 ± 0.11	1.20 ± 0.12	1.22 ± 0.12
	2.0	1.71 ± 0.16	1.64 ± 0.07	1.29 ± 0.05	1.30 ± 0.02	1.31 ± 0.11	1.38 ± 0.08	1.30 ± 0.07	1.25 ± 0.05	1.27 ± 0.06	1.43 ± 0.11	1.42 ± 0.18	1.16 ± 0.14	1.20 ± 0.12
	3.0	1.69 ± 0.16	1.68 ± 0.11	1.38 ± 0.07	1.36 ± 0.04	1.39 ± 0.15	1.39 ± 0.10	1.38 ± 0.10	1.29 ± 0.06	1.30 ± 0.09	1.57 ± 0.04	1.60 ± 0.14	1.29 ± 0.10	1.23 ± 0.12
	4.0	2.29 ± 0.09	2.14 ± 0.04	1.73 ± 0.01	1.77 ± 0.03	1.76 ± 0.10	1.75 ± 0.05	1.71 ± 0.06	1.65 ± 0.02	1.54 ± 0.06	1.80 ± 0.08	1.87 ± 0.16	1.49 ± 0.11	1.54 ± 0.09
	5.2	2.58 ± 0.07	2.34 ± 0.02	2.03 ± 0.02	2.01 ± 0.03	1.99 ± 0.06	1.97 ± 0.03	1.94 ± 0.04	1.89 ± 0.01	1.85 ± 0.01	2.04 ± 0.04	2.09 ± 0.08	1.51 ± 0.18	1.35 ± 0.14
700	1.0	1.74 ± 0.21	1.51 ± 0.11	1.42 ± 0.16	1.28 ± 0.07	1.24 ± 0.19	1.24 ± 0.12	1.28 ± 0.16	1.35 ± 0.15	1.34 ± 0.17	1.42 ± 0.17	1.37 ± 0.12	1.18 ± 0.15	1.33 ± 0.19
	2.0	1.82 ± 0.19	1.77 ± 0.14	1.42 ± 0.11	1.42 ± 0.08	1.42 ± 0.20	1.43 ± 0.14	1.35 ± 0.14	1.34 ± 0.11	1.37 ± 0.14	1.63 ± 0.11	1.70 ± 0.16	1.36 ± 0.15	1.27 ± 0.10
	3.0	2.40 ± 0.15	2.30 ± 0.08	1.95 ± 0.05	1.94 ± 0.02	1.90 ± 0.12	1.91 ± 0.07	1.86 ± 0.08	1.79 ± 0.03	1.78 ± 0.05	1.98 ± 0.10	1.97 ± 0.15	1.68 ± 0.13	1.68 ± 0.10
800	1.0	1.79 ± 0.20	1.59 ± 0.07	1.50 ± 0.13	1.35 ± 0.04	1.29 ± 0.17	1.32 ± 0.08	1.36 ± 0.15	1.39 ± 0.12	1.37 ± 0.15	1.48 ± 0.16	1.42 ± 0.09	1.23 ± 0.14	1.25 ± 0.11
900	1.0	1.76 ± 0.08	1.56 ± 0.03	1.48 ± 0.01	1.29 ± 0.06	1.24 ± 0.04	1.24 ± 0.03	1.32 ± 0.06	1.33 ± 0.03	1.32 ± 0.05	1.51 ± 0.03	1.38 ± 0.03	1.16 ± 0.06	1.19 ± 0.04

Ek 4. Ham ve stabilize kepeklerin depolama boyunca b^* değerleri

IX

		Depolama süresi (gün)												
IR Gücü (W)	İşlem süresi (dk)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Ham	-	14.53 ± 0.18	13.80 ± 0.05	14.02 ± 0.41	14.57 ± 0.37	14.67 ± 0.30	15.04 ± 0.20	14.74 ± 0.25	14.81 ± 0.32	14.73 ± 0.24	14.89 ± 0.20	15.29 ± 0.34	15.18 ± 0.22	14.87 ± 0.16
200	1.0	15.75 ± 0.07	13.74 ± 0.26	14.46 ± 0.52	15.24 ± 0.32	15.48 ± 0.27	15.44 ± 0.24	15.49 ± 0.37	15.76 ± 0.40	15.42 ± 0.22	15.27 ± 0.32	15.65 ± 0.35	15.62 ± 0.22	15.54 ± 0.10
	2.0	15.71 ± 0.10	13.93 ± 0.16	14.62 ± 0.40	15.33 ± 0.25	15.64 ± 0.20	15.52 ± 0.11	15.66 ± 0.23	15.70 ± 0.15	15.62 ± 0.08	15.47 ± 0.24	15.99 ± 0.22	15.81 ± 0.05	15.58 ± 0.08
	3.0	15.58 ± 0.24	13.83 ± 0.24	14.58 ± 0.43	15.32 ± 0.26	15.57 ± 0.29	15.53 ± 0.18	15.65 ± 0.33	15.89 ± 0.29	15.58 ± 0.14	15.52 ± 0.25	16.04 ± 0.32	15.89 ± 0.11	15.69 ± 0.09
	4.0	15.72 ± 0.11	13.94 ± 0.15	14.75 ± 0.37	15.43 ± 0.20	15.61 ± 0.19	15.64 ± 0.11	15.64 ± 0.24	15.89 ± 0.18	15.67 ± 0.04	15.59 ± 0.21	16.01 ± 0.25	15.94 ± 0.07	15.80 ± 0.05
	5.2	14.91 ± 0.52	13.28 ± 0.50	13.93 ± 0.77	14.43 ± 0.54	14.73 ± 0.62	14.64 ± 0.60	14.94 ± 0.66	14.82 ± 0.61	14.89 ± 0.61	14.80 ± 0.58	15.13 ± 0.41	15.38 ± 0.65	15.15 ± 0.67
	6.3	15.24 ± 0.25	13.55 ± 0.34	14.16 ± 0.61	14.70 ± 0.50	15.05 ± 0.50	14.87 ± 0.50	15.17 ± 0.47	14.93 ± 0.54	14.82 ± 0.45	14.88 ± 0.54	15.05 ± 0.57	15.11 ± 0.45	15.07 ± 0.45
	7.2	15.40 ± 0.31	13.70 ± 0.33	14.20 ± 0.58	14.85 ± 0.55	15.18 ± 0.49	14.99 ± 0.47	15.26 ± 0.46	15.27 ± 0.47	15.09 ± 0.35	15.16 ± 0.50	15.15 ± 0.59	15.37 ± 0.36	15.31 ± 0.42
	8.3	15.73 ± 0.23	13.63 ± 0.43	14.12 ± 0.72	14.74 ± 0.70	15.06 ± 0.64	14.91 ± 0.59	15.11 ± 0.62	15.09 ± 0.58	14.92 ± 0.49	14.89 ± 0.59	15.04 ± 0.73	15.10 ± 0.58	15.20 ± 0.57
	10.0	15.54 ± 0.39	14.38 ± 0.30	14.87 ± 0.62	15.26 ± 0.59	15.55 ± 0.56	15.60 ± 0.48	15.60 ± 0.61	15.41 ± 0.59	15.29 ± 0.53	15.29 ± 0.66	15.41 ± 0.76	15.47 ± 0.56	15.35 ± 0.66
300	1.0	15.59 ± 0.16	13.98 ± 0.20	14.78 ± 0.33	15.35 ± 0.21	15.62 ± 0.21	15.57 ± 0.15	15.63 ± 0.23	15.77 ± 0.13	15.52 ± 0.03	15.53 ± 0.22	15.90 ± 0.28	15.85 ± 0.07	15.83 ± 0.18
	2.0	15.42 ± 0.17	13.83 ± 0.13	14.68 ± 0.27	15.35 ± 0.22	15.38 ± 0.26	15.57 ± 0.10	15.54 ± 0.23	15.56 ± 0.10	15.42 ± 0.05	15.33 ± 0.20	15.80 ± 0.17	15.68 ± 0.04	15.84 ± 0.16
	3.0	15.90 ± 0.12	14.21 ± 0.24	15.06 ± 0.34	15.59 ± 0.27	15.75 ± 0.37	15.82 ± 0.16	15.94 ± 0.26	15.96 ± 0.16	15.76 ± 0.08	15.72 ± 0.30	16.24 ± 0.26	16.23 ± 0.08	16.24 ± 0.15
	4.0	16.24 ± 0.07	14.22 ± 0.20	14.85 ± 0.39	15.47 ± 0.23	15.64 ± 0.27	15.70 ± 0.19	15.69 ± 0.27	15.73 ± 0.18	15.71 ± 0.14	15.67 ± 0.26	16.04 ± 0.27	15.96 ± 0.12	15.96 ± 0.20

	5.2	15.28 ± 0.39	13.91 ± 0.22	14.21 ± 0.61	14.77 ± 0.56	15.07 ± 0.52	14.97 ± 0.42	15.26 ± 0.44	15.17 ± 0.42	15.04 ± 0.34	15.10 ± 0.44	15.25 ± 0.58	15.40 ± 0.34	15.28 ± 0.37
	6.3	15.15 ± 0.38	13.79 ± 0.23	14.18 ± 0.57	14.74 ± 0.55	14.97 ± 0.50	14.96 ± 0.44	15.12 ± 0.47	15.19 ± 0.43	14.96 ± 0.34	15.00 ± 0.36	15.31 ± 0.55	15.36 ± 0.33	15.38 ± 0.38
	7.2	15.34 ± 0.41	14.03 ± 0.21	14.49 ± 0.53	15.00 ± 0.48	15.29 ± 0.45	15.28 ± 0.37	15.58 ± 0.38	15.24 ± 0.41	15.18 ± 0.34	15.21 ± 0.42	15.59 ± 0.56	15.52 ± 0.34	15.59 ± 0.47
	8.3	15.44 ± 0.21	14.12 ± 0.19	14.50 ± 0.50	15.11 ± 0.41	15.37 ± 0.36	15.21 ± 0.30	15.48 ± 0.32	15.43 ± 0.30	15.26 ± 0.21	15.44 ± 0.36	15.58 ± 0.41	15.65 ± 0.19	15.75 ± 0.32
	10.0	15.41 ± 0.38	14.04 ± 0.27	14.38 ± 0.60	14.92 ± 0.50	15.14 ± 0.48	15.10 ± 0.41	15.32 ± 0.49	15.29 ± 0.43	15.13 ± 0.34	15.30 ± 0.50	15.42 ± 0.60	15.52 ± 0.37	15.49 ± 0.46
400	1.0	16.28 ± 0.42	13.68 ± 0.07	14.44 ± 0.21	14.98 ± 0.07	15.36 ± 0.08	15.45 ± 0.03	15.42 ± 0.10	15.53 ± 0.07	15.51 ± 0.08	15.34 ± 0.08	15.62 ± 0.06	15.90 ± 0.07	15.54 ± 0.06
	2.0	15.97 ± 0.06	13.89 ± 0.04	14.61 ± 0.12	15.22 ± 0.03	15.46 ± 0.03	15.61 ± 0.04	15.57 ± 0.03	15.70 ± 0.04	15.59 ± 0.15	15.50 ± 0.02	15.82 ± 0.05	16.12 ± 0.07	15.66 ± 0.16
	3.0	15.90 ± 0.09	14.02 ± 0.13	14.72 ± 0.18	15.25 ± 0.05	15.64 ± 0.05	15.60 ± 0.06	15.63 ± 0.02	15.74 ± 0.04	15.64 ± 0.05	15.48 ± 0.07	15.69 ± 0.03	16.10 ± 0.05	15.83 ± 0.03
	4.0	16.50 ± 0.08	14.18 ± 0.08	14.78 ± 0.27	15.32 ± 0.07	15.59 ± 0.09	15.80 ± 0.10	15.67 ± 0.09	15.87 ± 0.06	15.74 ± 0.02	15.64 ± 0.07	15.94 ± 0.08	16.09 ± 0.07	15.95 ± 0.02
	5.2	15.48 ± 0.49	13.84 ± 0.33	14.33 ± 0.51	14.67 ± 0.45	14.86 ± 0.36	14.98 ± 0.37	15.14 ± 0.36	15.45 ± 0.29	15.49 ± 0.18	15.52 ± 0.25	15.54 ± 0.33	15.69 ± 0.27	15.55 ± 0.17
	6.3	16.55 ± 0.12	14.12 ± 0.19	14.59 ± 0.38	15.24 ± 0.23	15.49 ± 0.20	15.49 ± 0.19	15.45 ± 0.23	15.49 ± 0.24	15.33 ± 0.19	15.42 ± 0.22	15.34 ± 0.32	15.61 ± 0.37	15.55 ± 0.22
	7.2	16.25 ± 0.34	14.13 ± 0.21	14.68 ± 0.43	15.15 ± 0.37	15.43 ± 0.30	15.41 ± 0.27	15.59 ± 0.24	15.61 ± 0.30	15.46 ± 0.20	15.33 ± 0.25	15.48 ± 0.41	15.74 ± 0.33	15.53 ± 0.18
	8.3	16.43 ± 0.44	14.12 ± 0.24	14.74 ± 0.37	15.20 ± 0.25	15.46 ± 0.17	15.46 ± 0.16	15.61 ± 0.16	15.68 ± 0.20	15.52 ± 0.13	15.43 ± 0.19	15.66 ± 0.25	15.91 ± 0.24	15.61 ± 0.21
	10.0	16.71 ± 0.15	14.70 ± 0.11	15.00 ± 0.35	15.58 ± 0.26	15.76 ± 0.19	15.77 ± 0.16	15.96 ± 0.13	15.82 ± 0.22	15.60 ± 0.16	15.78 ± 0.23	15.76 ± 0.31	15.89 ± 0.23	15.76 ± 0.20
500	1.0	15.89 ± 0.03	14.16 ± 0.05	14.23 ± 0.14	15.01 ± 0.02	15.25 ± 0.09	15.30 ± 0.12	15.33 ± 0.17	15.48 ± 0.17	15.43 ± 0.21	15.32 ± 0.12	15.44 ± 0.03	15.64 ± 0.08	15.28 ± 0.32
	2.0	16.44 ± 0.23	14.24 ± 0.07	14.41 ± 0.37	15.09 ± 0.31	15.25 ± 0.21	15.37 ± 0.24	15.53 ± 0.18	15.47 ± 0.20	15.39 ± 0.16	15.42 ± 0.24	15.47 ± 0.30	15.85 ± 0.27	15.60 ± 0.11
	3.0	16.01 ± 0.21	14.36 ± 0.10	14.51 ± 0.41	15.17 ± 0.34	15.26 ± 0.26	15.37 ± 0.25	15.49 ± 0.26	15.46 ± 0.26	15.33 ± 0.21	15.22 ± 0.30	15.49 ± 0.40	15.70 ± 0.37	15.39 ± 0.27

	4.0	16.71 ± 0.26	14.59 ± 0.08	14.86 ± 0.30	15.58 ± 0.23	15.70 ± 0.20	15.67 ± 0.14	15.87 ± 0.08	15.77 ± 0.17	15.53 ± 0.19	15.36 ± 0.20	15.58 ± 0.34	15.86 ± 0.27	15.72 ± 0.10
	5.2	17.38 ± 0.09	14.99 ± 0.10	15.33 ± 0.21	16.01 ± 0.12	16.22 ± 0.08	16.04 ± 0.04	16.24 ± 0.05	16.17 ± 0.06	16.18 ± 0.03	15.75 ± 0.18	15.90 ± 0.20	16.17 ± 0.11	15.89 ± 0.07
	6.3	17.96 ± 0.16	15.22 ± 0.05	15.74 ± 0.19	16.54 ± 0.06	16.69 ± 0.04	16.73 ± 0.06	16.77 ± 0.09	16.65 ± 0.09	16.17 ± 0.23	16.01 ± 0.20	16.13 ± 0.36	16.36 ± 0.32	16.09 ± 0.13
	7.2	18.12 ± 0.19	15.63 ± 0.04	16.13 ± 0.19	16.90 ± 0.11	17.01 ± 0.09	16.97 ± 0.05	16.61 ± 0.25	17.01 ± 0.03	16.87 ± 0.04	16.93 ± 0.04	16.83 ± 0.09	16.88 ± 0.29	16.33 ± 0.17
	8.3	18.41 ± 0.44	15.58 ± 0.12	16.17 ± 0.38	16.96 ± 0.33	17.01 ± 0.25	16.97 ± 0.22	17.05 ± 0.22	16.95 ± 0.23	16.94 ± 0.19	16.79 ± 0.25	16.80 ± 0.29	17.18 ± 0.29	16.93 ± 0.12
600	1.0	15.90 ± 0.14	14.18 ± 0.23	14.87 ± 0.40	15.41 ± 0.28	15.66 ± 0.25	15.58 ± 0.18	15.72 ± 0.30	15.65 ± 0.19	15.56 ± 0.12	15.66 ± 0.30	15.94 ± 0.36	15.97 ± 0.16	15.90 ± 0.24
	2.0	17.04 ± 0.12	14.42 ± 0.04	15.09 ± 0.20	15.79 ± 0.07	15.91 ± 0.03	15.87 ± 0.05	15.92 ± 0.05	16.02 ± 0.02	16.02 ± 0.05	15.63 ± 0.19	15.94 ± 0.14	16.13 ± 0.19	15.74 ± 0.02
	3.0	17.61 ± 0.26	14.65 ± 0.07	15.40 ± 0.20	16.03 ± 0.06	16.20 ± 0.09	16.20 ± 0.03	16.15 ± 0.05	16.33 ± 0.07	16.11 ± 0.10	16.07 ± 0.07	16.36 ± 0.09	16.62 ± 0.08	15.76 ± 0.06
	4.0	18.84 ± 0.20	15.75 ± 0.05	16.53 ± 0.07	17.27 ± 0.09	17.37 ± 0.12	17.40 ± 0.12	17.29 ± 0.11	17.38 ± 0.17	17.10 ± 0.14	16.91 ± 0.02	17.27 ± 0.03	17.33 ± 0.06	16.88 ± 0.23
	5.2	19.61 ± 0.22	16.18 ± 0.09	17.10 ± 0.07	17.71 ± 0.05	17.81 ± 0.15	17.76 ± 0.16	17.76 ± 0.10	17.95 ± 0.22	17.80 ± 0.25	17.61 ± 0.07	17.93 ± 0.09	17.33 ± 0.23	16.48 ± 0.11
700	1.0	16.21 ± 0.14	14.40 ± 0.41	15.05 ± 0.30	15.39 ± 0.27	15.51 ± 0.31	15.54 ± 0.24	15.82 ± 0.25	15.79 ± 0.15	15.74 ± 0.12	15.78 ± 0.25	16.07 ± 0.29	16.06 ± 0.12	16.20 ± 0.25
	2.0	17.34 ± 0.21	14.84 ± 0.27	15.85 ± 0.27	16.16 ± 0.27	16.25 ± 0.22	16.24 ± 0.14	16.40 ± 0.19	16.43 ± 0.11	16.32 ± 0.10	16.28 ± 0.20	16.57 ± 0.19	16.83 ± 0.11	15.99 ± 0.17
	3.0	18.92 ± 0.26	15.94 ± 0.02	17.11 ± 0.06	17.65 ± 0.07	17.72 ± 0.11	17.78 ± 0.12	17.74 ± 0.08	17.73 ± 0.18	17.64 ± 0.09	17.42 ± 0.05	17.64 ± 0.08	17.84 ± 0.04	17.27 ± 0.08
800	1.0	16.51 ± 0.08	14.91 ± 0.30	15.47 ± 0.22	15.76 ± 0.26	16.05 ± 0.25	15.99 ± 0.15	16.11 ± 0.23	16.07 ± 0.16	16.01 ± 0.08	16.08 ± 0.28	16.39 ± 0.30	16.37 ± 0.09	16.29 ± 0.22
900	1.0	16.81 ± 0.35	15.13 ± 0.10	15.65 ± 0.04	16.00 ± 0.07	16.30 ± 0.03	16.29 ± 0.07	16.45 ± 0.04	16.34 ± 0.08	16.22 ± 0.06	16.23 ± 0.07	16.55 ± 0.12	16.61 ± 0.08	16.15 ± 0.16

Ek 5. Ham ve stabilize kepeklerin depolama boyunca su aktivitesi değerleri

		Depolama süresi (gün)												
IR Gücü (W)	Süre (dk)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Ham	-	0.3871± 0.0042	0.3866± 0.0107	0.3975± 0.0106	0.4068± 0.0130	0.4151± 0.0072	0.4216± 0.0024	0.4304± 0.0048	0.4330± 0.0011	0.4412± 0.0006	0.4478± 0.0015	0.4582± 0.0081	0.4407± 0.0026	0.4475± 0.0032
200	1.0	0.2915± 0.0064	0.3168± 0.0049	0.3569± 0.0072	0.3700± 0.0018	0.3914± 0.0043	0.4028± 0.0031	0.4154± 0.0043	0.4234± 0.0027	0.4367± 0.0036	0.4423± 0.0024	0.4340± 0.0020	0.4324± 0.0017	0.4367± 0.0020
	2.0	0.2326± 0.0222	0.2985± 0.0100	0.3306± 0.0152	0.3740± 0.0156	0.3841± 0.0128	0.3928± 0.0093	0.4063± 0.0063	0.4167± 0.0025	0.4290± 0.0044	0.4319± 0.0025	0.4325± 0.0008	0.4334± 0.0011	0.4344± 0.0026
	3.0	0.2313± 0.0213	0.2995± 0.0042	0.3312± 0.0090	0.3568± 0.0060	0.3782± 0.0096	0.3940± 0.0072	0.4097± 0.0108	0.4267± 0.0046	0.4278± 0.0070	0.4312± 0.0036	0.4336± 0.0018	0.4289± 0.0014	0.4346± 0.0016
	4.0	0.2264± 0.0191	0.3084± 0.0133	0.3334± 0.0160	0.3625± 0.0109	0.3804± 0.0039	0.3956± 0.0066	0.4068± 0.0082	0.4139± 0.0039	0.4273± 0.0064	0.4317± 0.0019	0.4353± 0.0016	0.4302± 0.0012	0.4351± 0.0018
	5.2	0.2652± 0.0233	0.3108± 0.0066	0.3253± 0.0202	0.3519± 0.0056	0.3822± 0.0001	0.3939± 0.0043	0.4083± 0.0042	0.4112± 0.0011	0.4227± 0.0019	0.4281± 0.0048	0.4299± 0.0067	0.4297± 0.0019	0.4329± 0.0031
	6.3	0.2361± 0.0082	0.2937± 0.0113	0.3213± 0.0093	0.3497± 0.0076	0.3691± 0.0076	0.3797± 0.0112	0.4069± 0.0041	0.4040± 0.0075	0.4163± 0.0093	0.4379± 0.0097	0.4262± 0.0004	0.4270± 0.0017	0.4274± 0.0033
	7.2	0.2842± 0.0093	0.3190± 0.0024	0.3402± 0.0082	0.3617± 0.0071	0.3822± 0.0031	0.3956± 0.0064	0.4253± 0.0017	0.4164± 0.0105	0.4211± 0.0110	0.4289± 0.0058	0.4313± 0.0017	0.4264± 0.0001	0.4291± 0.0028
	8.3	0.2430± 0.0156	0.2925± 0.0106	0.3354± 0.0137	0.3513± 0.0145	0.3799± 0.0143	0.3962± 0.0144	0.4104± 0.0120	0.4137± 0.0099	0.4291± 0.0049	0.4322± 0.0052	0.4258± 0.0033	0.4257± 0.0015	0.4299± 0.0035
	10.0	0.3191± 0.0276	0.3363± 0.0101	0.3559± 0.0211	0.3599± 0.0207	0.3571± 0.0316	0.4044± 0.0104	0.4003± 0.0151	0.4140± 0.0145	0.4206± 0.0091	0.4407± 0.0070	0.4348± 0.0018	0.4286± 0.0015	0.4316± 0.0004
	300	1.0	0.2362± 0.0208	0.3310± 0.0025	0.3446± 0.0222	0.3673± 0.0088	0.3819± 0.0145	0.3999± 0.0079	0.4158± 0.0144	0.4118± 0.0046	0.4221± 0.0020	0.4314± 0.0025	0.4312± 0.0001	0.4302± 0.0001
2.0		0.2471± 0.0147	0.3272± 0.0191	0.3367± 0.0265	0.3695± 0.0179	0.3679± 0.0165	0.3864± 0.0119	0.4017± 0.0141	0.4152± 0.0062	0.4178± 0.0070	0.4306± 0.0031	0.4308± 0.0002	0.4271± 0.0014	0.4297± 0.0015
3.0		0.2229± 0.0113	0.3095± 0.0292	0.3276± 0.0307	0.3499± 0.0182	0.3740± 0.0225	0.3885± 0.0181	0.3991± 0.0157	0.4151± 0.0060	0.4345± 0.0119	0.4294± 0.0045	0.4256± 0.0013	0.4266± 0.0010	0.4283± 0.0016
4.0		0.2393± 0.0312	0.3189± 0.0191	0.3418± 0.0212	0.3446± 0.0164	0.3785± 0.0203	0.3910± 0.0158	0.4070± 0.0114	0.4179± 0.0077	0.4252± 0.0058	0.4304± 0.0045	0.4261± 0.0006	0.4225± 0.0025	0.4291± 0.0009

	5.2	0.2081± 0.0237	0.2928± 0.0237	0.3162± 0.0240	0.3354± 0.0176	0.3687± 0.0178	0.3800± 0.0177	0.3982± 0.0164	0.3947± 0.0189	0.4043± 0.0184	0.4249± 0.0076	0.4178± 0.0029	0.4342± 0.0071	0.4282± 0.0022
	6.3	0.2045± 0.0083	0.3001± 0.0018	0.3146± 0.0182	0.3478± 0.0048	0.3647± 0.0161	0.3741± 0.0134	0.3932± 0.0074	0.4002± 0.0121	0.4044± 0.0091	0.4334± 0.0006	0.4169± 0.0037	0.4347± 0.0020	0.4267± 0.0023
	7.2	0.1889± 0.0252	0.2986± 0.0083	0.3107± 0.0116	0.3431± 0.0074	0.3683± 0.0162	0.3998± 0.0044	0.4013± 0.0102	0.4041± 0.0168	0.4019± 0.0143	0.4140± 0.0085	0.4111± 0.0061	0.4229± 0.0020	0.4393± 0.0004
	8.3	0.2528± 0.0162	0.3091± 0.0055	0.3221± 0.0036	0.3509± 0.0032	0.3805± 0.0095	0.4036± 0.0009	0.4073± 0.0058	0.4128± 0.0130	0.4131± 0.0073	0.4194± 0.0072	0.4159± 0.0043	0.4242± 0.0030	0.4422± 0.0021
	10.0	0.1842± 0.0073	0.2470± 0.0026	0.2983± 0.0048	0.3166± 0.0051	0.3649± 0.0057	0.3922± 0.0008	0.4047± 0.0239	0.3955± 0.0084	0.4151± 0.0128	0.4348± 0.0041	0.4299± 0.0008	0.4276± 0.0018	0.4293± 0.0034
400	1.0	0.1954± 0.0104	0.2754± 0.0090	0.3171± 0.0134	0.3381± 0.0118	0.3674± 0.0110	0.3826± 0.0109	0.3906± 0.0101	0.3988± 0.0040	0.4268± 0.0101	0.4335± 0.0025	0.4301± 0.0043	0.4214± 0.0021	0.4327± 0.0038
	2.0	0.1981± 0.0079	0.2733± 0.0113	0.3338± 0.0206	0.3463± 0.0118	0.3514± 0.0168	0.3688± 0.0149	0.3815± 0.0083	0.4025± 0.0034	0.4204± 0.0055	0.4323± 0.0057	0.4371± 0.0018	0.4256± 0.0031	0.4296± 0.0034
	3.0	0.1462± 0.0051	0.2628± 0.0232	0.2888± 0.0160	0.3320± 0.0173	0.3637± 0.0016	0.3770± 0.0104	0.3781± 0.0027	0.3927± 0.0031	0.4134± 0.0009	0.4211± 0.0000	0.4431± 0.0045	0.4641± 0.0023	0.4290± 0.0003
	4.0	0.1861± 0.0111	0.2361± 0.0067	0.2779± 0.0126	0.2966± 0.0011	0.3316± 0.0141	0.3450± 0.0008	0.3574± 0.0003	0.3781± 0.0017	0.3973± 0.0053	0.4102± 0.0014	0.4176± 0.0030	0.4268± 0.0039	0.4269± 0.0047
	5.2	0.1817± 0.0252	0.2436± 0.0079	0.2695± 0.0066	0.3067± 0.0031	0.3744± 0.0031	0.3574± 0.0018	0.3737± 0.0049	0.3882± 0.0056	0.4026± 0.0021	0.4086± 0.0038	0.4246± 0.0083	0.4155± 0.0028	0.4245± 0.0030
	6.3	0.2224± 0.0103	0.2598± 0.0086	0.3016± 0.0058	0.3112± 0.0039	0.3514± 0.0103	0.3480± 0.0023	0.3869± 0.0066	0.3703± 0.0032	0.4046± 0.0165	0.4069± 0.0062	0.4137± 0.0067	0.4116± 0.0027	0.4258± 0.0056
	7.2	0.1934± 0.0077	0.2572± 0.0086	0.3220± 0.0310	0.3418± 0.0213	0.3722± 0.0175	0.3653± 0.0123	0.3813± 0.0157	0.3851± 0.0092	0.4078± 0.0108	0.4202± 0.0038	0.4342± 0.0047	0.4258± 0.0009	0.4270± 0.0025
	8.3	0.2131± 0.0132	0.2635± 0.0049	0.3127± 0.0042	0.3222± 0.0172	0.3567± 0.0193	0.3638± 0.0082	0.3856± 0.0056	0.3933± 0.0047	0.3989± 0.0107	0.4152± 0.0060	0.4178± 0.0079	0.4214± 0.0034	0.4179± 0.0060
	10.0	0.2441± 0.0119	0.2745± 0.0011	0.3085± 0.0120	0.3560± 0.0138	0.3804± 0.0134	0.3860± 0.0000	0.3899± 0.0093	0.3873± 0.0041	0.3965± 0.0126	0.4227± 0.0090	0.4271± 0.0067	0.4202± 0.0009	0.4284± 0.0095
500	1.0	0.1485± 0.0115	0.2428± 0.0010	0.2690± 0.0340	0.3307± 0.0270	0.3645± 0.0236	0.3642± 0.0161	0.3963± 0.0201	0.3934± 0.0099	0.4027± 0.0051	0.4319± 0.0007	0.4291± 0.0000	0.4239± 0.0034	0.4368± 0.0003
	2.0	0.1513± 0.0045	0.2339± 0.0085	0.2819± 0.0213	0.3370± 0.0142	0.3593± 0.0265	0.3635± 0.0152	0.3850± 0.0150	0.3926± 0.0099	0.4097± 0.0082	0.4216± 0.0049	0.4224± 0.0021	0.4143± 0.0020	0.4245± 0.0046
	3.0	0.1799± 0.0134	0.2204± 0.0108	0.2805± 0.0093	0.3201± 0.0075	0.3545± 0.0139	0.3481± 0.0062	0.3698± 0.0062	0.3766± 0.0040	0.3965± 0.0098	0.4102± 0.0053	0.4218± 0.0007	0.4208± 0.0047	0.4273± 0.0027

	4.0	0.1991± 0.0145	0.2176± 0.0031	0.2725± 0.0186	0.3175± 0.0134	0.3656± 0.0079	0.3429± 0.0098	0.3825± 0.0002	0.3803± 0.0086	0.3891± 0.0135	0.4079± 0.0080	0.4164± 0.0058	0.4220± 0.0135	0.4109± 0.0115
	5.2	0.2308± 0.0093	0.2711± 0.0089	0.3034± 0.0264	0.3427± 0.0160	0.3686± 0.0154	0.3860± 0.0038	0.3938± 0.0086	0.4005± 0.0049	0.4106± 0.0075	0.4215± 0.0088	0.4246± 0.0072	0.4268± 0.0044	0.4227± 0.0066
	6.3	0.2150± 0.0175	0.2451± 0.0057	0.2851± 0.0033	0.3325± 0.0089	0.3570± 0.0125	0.3623± 0.0012	0.3783± 0.0018	0.3915± 0.0083	0.4104± 0.0046	0.4244± 0.0056	0.4220± 0.0007	0.4201± 0.0039	0.4256± 0.0046
	7.2	0.1678± 0.0104	0.2309± 0.0080	0.2838± 0.0102	0.3184± 0.0206	0.3395± 0.0283	0.3437± 0.0215	0.3709± 0.0182	0.3841± 0.0123	0.3963± 0.0099	0.4190± 0.0111	0.4174± 0.0047	0.4266± 0.0048	0.4136± 0.0083
	8.3	0.2341± 0.0054	0.2702± 0.0060	0.3042± 0.0124	0.3335± 0.0113	0.3711± 0.0162	0.3713± 0.0069	0.3983± 0.0017	0.3901± 0.0065	0.3994± 0.0067	0.4105± 0.0086	0.4249± 0.0143	0.4111± 0.0000	0.4251± 0.0049
600	1.0	0.1527± 0.0081	0.2650± 0.0046	0.3268± 0.0175	0.3409± 0.0081	0.3586± 0.0130	0.3875± 0.0037	0.4051± 0.0046	0.4043± 0.0079	0.4168± 0.0106	0.4218± 0.0026	0.4226± 0.0010	0.4245± 0.0005	0.4343± 0.0059
	2.0	0.1886± 0.0052	0.2348± 0.0041	0.2871± 0.0110	0.3266± 0.0025	0.3429± 0.0107	0.3503± 0.0011	0.3720± 0.0050	0.3878± 0.0031	0.4171± 0.0044	0.4187± 0.0019	0.4180± 0.0028	0.4306± 0.0015	0.4271± 0.0017
	3.0	0.1728± 0.0084	0.2337± 0.0061	0.2831± 0.0016	0.3279± 0.0047	0.3542± 0.0155	0.3578± 0.0047	0.3691± 0.0084	0.3965± 0.0036	0.4086± 0.0026	0.4131± 0.0047	0.4172± 0.0029	0.4176± 0.0021	0.4262± 0.0070
	4.0	0.1572± 0.0097	0.2114± 0.0025	0.2511± 0.0024	0.2982± 0.0061	0.3260± 0.0095	0.3377± 0.0003	0.3518± 0.0028	0.3784± 0.0038	0.3824± 0.0082	0.3937± 0.0045	0.4011± 0.0028	0.4076± 0.0059	0.4204± 0.0052
	5.2	0.2107± 0.0076	0.2363± 0.0108	0.2706± 0.0102	0.3202± 0.0109	0.3496± 0.0251	0.3600± 0.0010	0.3696± 0.0047	0.3899± 0.0050	0.4044± 0.0005	0.4191± 0.0055	0.4228± 0.0029	0.4019± 0.0074	0.4325± 0.0129
700	1.0	0.1464± 0.0141	0.2504± 0.0111	0.2950± 0.0079	0.3095± 0.0027	0.3292± 0.0143	0.3524± 0.0156	0.3665± 0.0170	0.3882± 0.0085	0.4043± 0.0069	0.4095± 0.0042	0.4147± 0.0001	0.4156± 0.0070	0.4264± 0.0033
	2.0	0.1885± 0.0213	0.2503± 0.0036	0.2847± 0.0004	0.3266± 0.0046	0.3553± 0.0018	0.3523± 0.0006	0.3665± 0.0006	0.3807± 0.0004	0.3930± 0.0008	0.4124± 0.0023	0.4129± 0.0024	0.4067± 0.0028	0.4339± 0.0152
	3.0	0.2336± 0.0026	0.2571± 0.0044	0.3062± 0.0054	0.3504± 0.0012	0.3642± 0.0109	0.3659± 0.0010	0.3843± 0.0011	0.3997± 0.0014	0.4075± 0.0029	0.4252± 0.0023	0.4165± 0.0029	0.4173± 0.0037	0.4326± 0.0034
800	1.0	0.1867± 0.0387	0.2687± 0.0154	0.3092± 0.0201	0.3623± 0.0045	0.3646± 0.0099	0.3851± 0.0031	0.3920± 0.0109	0.3967± 0.0088	0.4141± 0.0107	0.4204± 0.0031	0.4184± 0.0005	0.4284± 0.0024	0.4411± 0.0069
900	1.0	0.2055± 0.0063	0.2697± 0.0174	0.3334± 0.0214	0.3420± 0.0134	0.3579± 0.0209	0.3781± 0.0171	0.3957± 0.0157	0.4222± 0.0160	0.4189± 0.0095	0.4391± 0.0122	0.4230± 0.0005	0.4358± 0.0056	0.4302± 0.0011

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 1. Stabilizasyon ön deneme planı	32
Çizelge 2. Beyaz ekmek reçetesi.....	45
Çizelge 3. Kepekli ekmek reçetesi	45
Çizelge 4. Tam buğday unlu ekmek reçetesi	46
Çizelge 5. Kraker reçetesi.....	46
Çizelge 6. Pirinç kepeğinin IR ile stabilizasyonu için ön denemeler neticesinde seçilen koşullar	48
Çizelge 7. Pirinç kepeği stabilizasyonu için gerekli enerji tüketimi (kWh/kg).....	49
Çizelge 8. Ham ve farklı koşullarda stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin 6 ay depolama boyunca SYA değerleri	51
Çizelge 9. Farklı IR gücünde (radyasyon yoğunluklarında) stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin ortalama SYA değerleri (% oleik asit cinsinden)*	55
Çizelge 10. 6 aylık depolama sonunda SYA düzeyi en düşük bulunan 10 örneğin stabilizasyon koşulları	63
Çizelge 11. Ham ve stabilize kepeklerin temel bileşenleri.....	66
Çizelge 12. Ham ve farklı koşullarda stabilize edilen pirinç kepeklerinin gama-orizanol miktarları (n=3)	70
Çizelge 13. Tokoferol izomerlerine ait kalibrasyon parametreleri	71
Çizelge 14. Tokoferol tayini kesinlik parametreleri.....	72
Çizelge 15. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin tokoferol miktarları (mg/kg pirinç kepeği)	74
Çizelge 16. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin yağ asidi kompozisyonu (%)	78
Çizelge 17. B vitaminlerine ait kalibrasyon parametreleri	842
Çizelge 18 Ham ve stabilize kepeklerin B vitamini miktarları (mg/kg KM) (n =3).....	843
Çizelge 19. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin toplam fenol miktarı (mg FAE/g KM) (n=3)	85
Çizelge 20. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin ABTS radikaline karşı gösterdikleri antioksidan aktivite (mikromol Troloks eşdeğeri/g KM kepek) (n=3)	86
Çizelge 21. Ham ve stabilize kepeklerin DPPH radikalininin %50 oranında inhibisyonuna neden olan etkili konsantrasyonları (EC ₅₀) (mg KM) (n=3).....	88
Çizelge 22. Fenolik asit kompozisyonu tayininde kullanılan kalibrasyon parametreleri....	89

Çizelge 23. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin serbest formdaki fenolik asit kompozisyonu	91
Çizelge 24. Ham ve stabilize pirinç kepeklerinin bağlı formdaki fenolik asit kompozisyonu	92
Çizelge 25. Farklı dozlarda SPK katkılı ekmeklerin temel bileşen analizleri ve ekmeklik özellikleri	98
Çizelge 26. Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin renk değerleri (n=18).....	101
Çizelge 27. Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin diyet lif oranları (%) (n=3)..	102
Çizelge 28. Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin mineral madde miktarları (mg/100 g) (n=3).....	104
Çizelge 29. Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin mineral madde miktarları (mg/100 g) (n=3).....	105
Çizelge 30. Farklı dozlarda SPK ile katkılı ekmeklerin B grubu vitamin miktarları (µg/g) (n=3)	109
Çizelge 31. Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin tekstürel özellikleri (n=6)....	112
Çizelge 32. Farklı dozlarda SPK ile katkılanan ekmeklerin duyuşal özellikleri	114
Çizelge 33. Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin temel bileşen analizleri	119
Çizelge 34. Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin renk sonuçları (n=12).....	120
Çizelge 35. Farklı dozlarda SPK katkılı krakerlerin mineral madde miktarları (n=3).....	121
Çizelge 36. Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerlerin B grubu vitamin miktarları (n=3)	122
Çizelge 37. Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerlerin sertlik değerleri (n=11).....	123
Çizelge 38. Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerlerin tüketici testi sonuçları (n=61)	124

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. Çeltik tanesinin başlıca kısımları (Anonim, 2013).....	2
Şekil 2. Pirinç kepeğindeki bozunma yolları ve temel etmenleri (Malekian ve ark., 2000).....	18
Şekil 3. Laboratuvar tipi stabilizasyon düzeneğinin şematik gösterimi.	31
Şekil 4. Ham pirinç kepeğinin 6 ay depolama boyunca SYA değerleri (% oleik asit cinsinden).....	54
Şekil 5. 200 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.....	56
Şekil 6. 300 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.....	56
Şekil 7. 400 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.....	57
Şekil 8. 500 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.....	57
Şekil 9. 600 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.....	58
Şekil 10. 700 W IR gücü ile farklı işlem sürelerinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.....	58
Şekil 11. 800 W IR gücü ile 1 dakika stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.	59
Şekil 12. 900 W IR gücü ile 1 dakika stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.	59
Şekil 13. Farklı IR güçlerinde ve denenen en yüksek işlem süresinde stabilize edilmiş pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.	61
Şekil 14. Tüm stabilizasyon şartları için pirinç kepeklerinin depolama boyunca SYA değerleri.	63
Şekil 15. Ham pirinç kepeğinin (1) ve gama-orizanol standardının (2) kromatogramları. .	68
Şekil 16. Gama-orizanol standardına ait doğrusal kalibrasyon eğrisi.....	69
Şekil 17. Ham pirinç kepeği (1) ve tokoferol standartlarına (2) ait kromatogramlar.	74
Şekil 18. Ham pirinç kepeğine ait GC kromatogramı.	78
Şekil 19. Toplam fenol tayininde kullanılan ferulik asit eğrisi.....	84
Şekil 20. Troloks standardı eğrisi.....	86

Şekil 21. Fenolik asit standart kromatogramı	90
Şekil 22. Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış ekmekler.....	97
Şekil 23. Spektrofotometrik niasin metodunda kullanılan standart eğri.	107
Şekil 24. Tüm ekmek çeşitleri arasındaki tüketici puanları ilişkisi.	115
Şekil 25. Tüm ekmek çeşitlerinin besin öğeleri bakımından karşılaştırılması.	116
Şekil 26. Farklı dozlarda SPK ile katkılanmış krakerler.	117

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Neşe YILMAZ

Doğum Yeri: Edirne/Keşan

Doğum Tarihi: 29.09.1984

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce (Gelişmiş), Almanca (Başlangıç)

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar

A. SCI tarafından taranan dergilerde yer alan uluslararası yayınlar

1. Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Uygur A., 2013. The Effect of Infrared Stabilized Rice Bran Substitution on Physicochemical and Sensory Properties of Pan Breads: Part I. Journal of Cereal Science (Accepted).
2. Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Uygur A., 2013. The Effect of Infrared Stabilized Rice Bran Substitution on B Vitamins, Minerals and Phytic Acid Content of Pan Breads: Part II. Journal of Cereal Science (Accepted).
3. Yılmaz N., Tuncel N.B., Kocabıyık H., 2013. Infrared Stabilization of Rice Bran and Its Effects on Gamma Oryzanol Content, Tocopherols and Fatty Acid Composition. Journal of The Science of Food and Agriculture. DOI 10.1002/jsfa.6459 (In Press)
4. Kocabıyık H., Yılmaz N., Tuncel N.B., Sümer S.K., Büyükcan B., 2013. The Effects of Middle Infrared Radiation Intensity on the Quality of Dried Tomato Products. International Journal of Food Science and Technology. DOI: 10.1007/s13197-013-0968-0 (In press).

5. Tuncel N.B., Yılmaz N., 2013. Optimizing the Extraction of Phenolics and Antioxidants From Feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae). Journal of Food Science and Technology-Mysore. DOI: 10.1007/s13197-013-0968-0 (In Press).
6. Tuncel N.B., Yılmaz N., 2011. Gamma Oryzanol Content, Phenolic Acid Profiles and Antioxidant Activity of Rice Milling Fractions. European Food Research and Technology, 233: 577-585.
7. Tuncel N.B., Yılmaz N., Şener E., 2010. The Effect of Pea (*Pisum sativum* L.) Originated Asparaginase on Acrylamide Formation in Certain Bread Types. International Journal of Food Science and Technology, 45 (12): 2470-2476.
8. Yılmaz N., Tuncel N.B., 2010. An Alternative Strategy for Corn Drying Resulted in an both Energy Savings and a Reduction of Fumonisin B1 and B2 Contamination. International Journal of Food Science and Technology, 45 (3): 621-628.
9. Tuncel N.B., Yılmaz N., Kocabıyık H., Öztürk N., Tunçel M., 2010. The Effects of Infrared and Hot Air Drying on Some Properties of Corn (*Zea mays*). Journal of Food, Agriculture and Environment 8 (1): 63-68.
10. Uysal D.Ü., Öncü E.M., Beliktan D., Yılmaz N., Tuncel N.B., Kıvanç M., Tunçel M., 2009. Time and Temperature Dependent Microbiological and Mycotoxin (OchratoxinA) Levels in Boza. Journal of Food Microbiology, 130: 43-48.

B. Ulusal hakemli dergilerde yer alan yayınlar

1. Yılmaz N., Tuncel N.B., 2011. Pirinç Kepeği: Kompozisyonu, Acılaşma Sorunu, Gıdalarda Kullanımı ve Fizyolojik Etkileri. Akademik Gıda 9 (3): 46-52.
2. Yılmaz N., Genç A., Yılmaz E., 2010. Zeytin, Ceviz, Fındık Yaprağı ve Fındık Yeşil Kabuğunun Antioksidan Aktiviteleri. Hasad Gıda 26 (302): 38-43.
3. Tuncel N.B., Yılmaz N., 2010. Kaz Dağları'ndan Toplanan Bazı Bitkilerin Fenolik Asit Kompozisyonlarının Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi ile Belirlenmesi. Akademik Gıda 8 (3): 18-23.
4. Tuncel N.B., Yılmaz N., 2009. Mısır ve Mısır Bazlı Ürünlerde Fumonisin Kontaminasyonunun Belirlenmesi. Akademik Gıda 7 (3): 6-11.
5. Tuncel N.B., Yılmaz N., 2008. Çanakkale'de Yaygın Olarak Tarımı Yayılan Yazlık Buğday Çeşitlerinin Kalite Özellikleri Üzerine Çeşit ve Çevre Faktörlerinin Etkisi. Gıda 33 (2): 69-73.

b) Bildiriler

1. Tuncel, N.B., Yılmaz N., Uygur A., Kocanıyık H. 2013. Infrared Stabilized Rice Bran: Nutritious Breadmaking Ingredient (Oral presentation) 7th International Congress Flour-Bread, October 16-18, 2013 Opatija, Croatia pp 40.
2. N. Barış Tuncel, Neşe Yılmaz, Habib Kocabıyık, Ayşen Uygur. Çeltik yan ürünü olan pirinç kepeğinin infrared (kızılötesi) teknolojisi kullanılarak acılığının giderilmesi ve ülke ekonomisine kazandırılması. II. Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, 3-4 Haziran, 2013, İzmir-Türkiye.
3. Habib Kocabıyık, N. Barış Tuncel, Neşe Yılmaz. Meyve ve Sebze Kurutma için Infrared Kurutucu Tasarımı. II. Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, 3-4 Haziran, 2013, İzmir-Türkiye.
4. Kocabıyık H., Tuncel N.B., Yılmaz N., Arslan N., Büyükcan B., Sümer S. K. 2011. The Effect of Infrared Drying On B-Carotene and Lycopene Content of Tomato. International Food Congress -Novel Approaches in Food Industry, pp.298, May 26-29, Çeşme, İzmir, Turkey.
5. Tuncel N.B., Yılmaz N., Şener E. 2011 The Effect of Pea (Pisum Sativum L.) Originated Asparaginase On Acrylamide Formation in Some Bread Types. International Food Congress- Novel Approaches in Food Industry, pp. 695, May 26-29, Çeşme, İzmir, Turkey.
6. Tuncel N.B., Arslan N., Yılmaz N. 2011. Parsley Drying with Modified Household Microwave Oven. International Food Congress- Novel Approaches in Food Industry, pp. 1095, May 26-29, Çeşme, İzmir, Turkey.
7. Kocabıyık H., Tuncel N.B., Sumer S.K., Buyukcan B. Yılmaz N. and Arslan N. 2011. Middle Infrared Drying of Tomato. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference, pp. 29 June – 01 July, Vienna, Austria.
8. Tuncel, N.B., Yılmaz, N., Özçelik, S. 2010. Production and Investigation of Some Properties of Chickpea Bread. The 1st International Symposium On “Traditional Foods From Adriatic To Caucasus”, pp. 447-448, 15-17 April, Tekirdağ, Turkey.
9. Tuncel, N.B., Yılmaz, N., Kurtar-Bozbiyık, N. 2010. Extraction Optimization For Antioxidant Activity of a Potential Bioactive Source : Feijoa (Feijoa sellowiana), Workshop on Antioxidant Measurement Assay Methods, pp. 32, 21st April, Istanbul, Turkey.

10. Tuncel, N.B., Yılmaz, N. 2009. Development of a Simple Rapid and Reliable HPLC Method For the Determination of Fumonisin B1 And B2 In Maize: Adoption of Internal Standard (Butyl Paraben), 4th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, pp.380, November 4-6, Prague, Czech Republic.
11. Küçük, Z., Tuncel, N.B., Yılmaz, N. 2009. Comparison of HPLC and LC/ESI-MS/MS Methods For Determination of Acrylamide In Wheat, Barley And Rye Malts, 4th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, pp.413, November 4-6, Prague, Czech Republic
12. Tuncel, N.B., Yılmaz, N. 2009. Determination of 12 Phenolic Acids by a Validated HPLC Method: Its Application To Some Plants From Ida Mountain (Kaz Mountain/Kazdağı), 4th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, pp.579, November 4-6, Prague, Czech Republic.
13. Yılmaz N., Tunçel N. B., 2008. Alternative Technologies To Maize Drying. Bosphorus ICC International Conference, pp. 147, April 24-26, İstanbul, Turkey.
14. Tunçel N. B., Yılmaz N. 2008. A Research on the Facility of Drying Mantı (Mantu) with Infrared Technology. Bosphorus 2008 ICC International Conference, pp.166, April 24-26, İstanbul, Turkey.

c) Katıldığı Projeler

1. Pirinç Kepeğinin Infrared (Kızılötesi) İle Stabilizasyonu ve Stabilize Pirinç Kepeğinin Bazı Fırın Ürünlerinde Değerlendirilmesi. TÜBİTAK (1110204).
2. Stabilize Pirinç Kepeği İle Katkılanan Bazı Gıdaların Besinsel Öğelerinin İncelenmesi ÇOMU-BAP (2011/076).
3. Çeltik Yan Ürünü Olan Kepeğin Stabilizasyonu ve Bazı Fırın Ürünlerinde Değerlendirilmesi ÇOMU-BAP (2011/077).
4. İnfrared Kurutma Yönteminin Domates Kurutmada Kullanılması ve Kurutulmuş Domatesin Bazı Kalite Özellikleri ve Özgül Enerji Tüketimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK (1090578).
5. İnfrared kurutmanın pirincin verim, kalite ve bazı besinsel özellikleri üzerine etkisi. ÇOMU-BAP (2010/069).
6. Farklı Ekmek Tiplerindeki Akrilamid Düzeyinin Bezelye Kaynaklı Asparajinaz Enzimi İlavesi İle Azaltılması Üzerine Bir Çalışma. ÇOMU-BAP (2008/048).

7. Farklı Kurutma Tekniklerinin Mısırın Fiziksel, Kimyasal ve Toksikolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. ÇOMU-BAP (2007/073).

d) Ödüller /Burslar

1. Yurt içi Doktora Eğitim Bursu. TÜBİTAK (2008-2013).
2. Yurt içi Yüksek Lisans Eğitim Bursu. TÜBİTAK (2006-2008).
3. Best Posters Award. International Association for Cereal Science and Technology (ICC). ICC Bosphorus 2008. International Conference

e) Patentler

1. “Kızılötesi (İnfrared) Enerji ile Pirinç Kepeğini Stabilize Etme Yöntemi” Türk Patent Enstitüsü (Değerlendirme aşamasındadır) (Başvuru No: 2012/08335).

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Araştırma Görevlisi

(2009- Devam ediyor)

İLETİŞİM

E-posta Adresi: neseylimaz@comu.edu.tr