T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

FARKLI PROSES UYGULAMALARI İLE BAZI TAHILLARIN KAVUZ VE KEPEKLERİNİN DEFİTİNİZASYON, BİYOAKTİVİTE VE BİYOYARARLANIM ORANLARININ ARTTIRILMASI VE KULLANIM ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

RABİA ATASOY

YÜKSEK LİSANS

DOÇ.DR. MÜGE HENDEK ERTOP

TEMMUZ - 2021
KASTAMONU

TEZONAYI

RABİA ATASOYtarafından hazırlanan "**FARKLI PROSES UYGULAMALARI İLE BAZI TAHILLARIN KAVUZ VE KEPEKLERİNİN DEFİTİNİZASYON, BİYOAKTİVİTE VE BİYOYARARLANIM ORANLARININ ARTTIRILMASI VE KULLANIM ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **05.07.2021** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç.Dr. Müge HENDEK ERTOP KastamonuÜniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Pınar ŞANLIBABA Ankara Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Fırat SEFAOĞLU Kastamonu Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. İzzet ŞENER .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıcatez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Rabia ATASOY

İmza

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

FARKLI PROSES UYGULAMALARI İLE BAZI TAHILLARIN KAVUZ VE KEPEKLERİNİN DEFİTİNİZASYON, BİYOAKTİVİTE VE BİYOYARARLANIM ORANLARININ ARTTIRILMASI VE KULLANIM ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

RABİA ATASOY

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN:DOÇ.DR. MÜGE HENDEK ERTOP

Tahıllar diyetimizde tükettiğimiz, günlük karbonhidrat, mineral, protein, diyet lifi ve vitamin ihtiyacımızı karşılayan besin grubudur. Tahılların en temel fraksiyonlarından olan kepek ve kavuz tabakaları gıda sanayinde farklı kullanım alanları bulmakla birlikte çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan kepek ve kavuz yüksek lif içeriği ve rengi nedeniyle ekmek başta olmak üzere temel gıdalarımızda fiziksel ve duyusal problemlere neden olmaktadır. Ayrıca tahılların kepek ve kavuz tabakalarında bulunan mineral ve proteinlerin biyoyararlanımını kısıtlayan bir antinutrient olan fitik asitin varlığı, bu fraksiyonların kullanıldığı gıdaların besinsel değerini de düşürmektedir. Bu çalışmada ekonomik öneme sahip Siyez (*Triticum monococcum)*, Gernik (*Triticum dicoccon)* ve Pirinç tahıllarının işlenmesi sonucu atık ürün olarak ortaya çıkan kepek ve kavuz fraksiyonları, gıda sanayinde genel kabul görmüş buğday kepeğine göre fizikokimyasal (rutubet, yağ, kül, protein, ağırlık, hacim), defitinizasyon, biyoaktivite ve biyoyararlanım açısından karşılaştırılmıştır. Bu amaçlakepekve kavuz örneklerine farklı ısıl işlemler (otoklavda (121 ^{o}C, 10/15/30dk), fırınlama (3 saat, 45/90/135 ^{o}C), ıslatma (12 saat), fitaz enzim uygulaması (45 ^{o}C, 1 saat) ve fermantasyon (starter ilaveli (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii)* ve spontan) prosesleri uygulanmıştır. Uygulama öncesi ve sonrası kepek ve kavuzların fitik asit, mineral biyoyararlanım, antioksidan aktivite ve toplam fenolik içerikleri tespit edilmiştir. Her bir örnek için en yüksek definitinizasyon, kül sindirilebilirliği, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriği sağlayan proses tespit edilmiş ve bu proses uygulanan kepek ve kavuz örnekleriyle ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Uygulanan prosesler içinde starter ilaveli fermantasyon uygulamasının fitik asit içeriğini önemli düzeyde düşürdüğü, mineral biyoyararlanım, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerinde ise artış sağladığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda en iyi proses uygulamasının strarter fermantasyon olduğu belirlenmiştir. Starter ilaveli fermantasyona tabi tutulan kepek ve kavuz ilaveli ekmek örneklerinde kül, yağ protein gibi temel bileşen analizleri ile fitik asit, kül sindirilebilirlik oranı, antioksidan aktivite düzeylerinin yanı sıra hacim, gözenek analizi gibi fizikokimyasal analizler de yapılarak, örnekler kendi arasında karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada Türk Gıda Kodeksi Ekmek Tebliği kepekli ekmek tanımındaki en yüksek limit değer olan %30 düzeyinde kepek/kavuzun una paçalı ile ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Ekmek örneklerinin spesifik hacim, rutubet değerleri arasında

önemli farklılık (p>0,05) tespit edilmezken, özellikle pirinç kavuzu ve gernik kepeği kullanımı, fitik asit içeriği ve kül sindirilebilirlik oranı açısından ekmeklik buğday kepeği kullanımı ile benzer sonuçlar vermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Kepek, Kavuz, Defitinizasyon, Biyoaktivite, Biyoyararlanım

Temmuz 2021, 104 Sayfa

ABSTRACT

MSC. THESIS

INCREASING THE DEFINIZATION, BIOACTIVITY AND BIOAVAILABILITY RATES OF SOME CEREALS HULL AND BRAN USING DIFFERENT PROCESS TREATMENTS, AND INVESTIGATION OF THEIR USAGE EFFECTS

RABİA ATASOY

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

SUPERVISOR:ASSOC. PROF. MÜGE HENDEK ERTOP

Cereals are the food group that we consume in our daily diet and meet our daily carbohydrate, mineral, protein, dietary fiber and vitamin needs. Therefore, it has an important place in the human diet. Bran and husk layers, which are the most basic fractions of cereals, have different uses in the food industry, but are mostly used as animal feed. On the other hand, bran and husk cause physical and sensory problems in our basic foods, especially bread, due to their high fiber content and color. In addition, the presence of phytic acid, an antinutrient that limits the bioavailability of minerals and proteins in the bran and husk layers of cereals, reduces the nutritional value of the foods which these fractions are used in. In this study, the physicochemical (moisture, oil, ash, protein, weight), defitinization, bioactivity and bioavailability of the bran and husk fractions, which are produced as waste products as a result of the processing of the economically important Einkorn (*Triticum monococcum*), Gernik (*Triticum dicoccon*) and Rice grains, were compared with the wheat bran accepted in the food industry. For this purpose, different heat treatments (autoclave (121 ºC, 10/15/30 min), baking (3 hours, 45/90/135 ºC), soaking (12 hours), phytase enzyme application (45 ºC, 1 hour))) and fermentation (starter (*L. brevis* (obligate heterofermentative), *L. plantarum* (facultative heterofermentative), *L. delbrueckii* (obligate homofermentative)) and spontaneous) processes were applied. Before and after the application, phytic acid, mineral bioavailability, antioxidant activity and total phenolic contents were determined. The process providing the highest definitinization, antioxidant activity and total phenolic content was determined for each fraction and wholegrain and spelled bread was produced by applying this process. Among the processes applied to bran and husk samples, it was determined that the starter fermentation application significantly reduced the phytic acid content, the mineral bioavailability content increased proportionally to the decrease in phytic acid, and it increased in terms of total phenolic substance and antioxidant activity values. In line with the results obtained, it was determined that the best process application was starter fermentation. In the bran and husk added bread samples subjected to fermentation with starter addition, basic component analyzes such as ash, fat protein, phytic acid, ash digestibility ratio, antioxidant activity levels as well as physicochemical analyzes such as volume and pore analysis were made and the samples were compared among themselves. In this study, the highest limit value in the definition of wholemeal bread in the Turkish Food Codex Bread Communiqué, 30%, was produced with

bran/husk flour mixed bread. While there was no significant difference (p>0,05) between the specific volume and moisture values of the bread samples, especially the use of rice husk and gernic bran gave similar results with the use of bread wheat bran in terms of phytic acid content and ash digestibility.

KEYWORDS: Bran, Husk, Defitinization, Bioactivity, Bioavailability

July 2021,104 Page

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimi ile bana yol gösteren, tezimin hazırlanmasında katkı sağlyan değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP'a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim. Eğitim-öğretim hayatımın başından beri beni destekleyen her zaman yanımda olan annem Emine ATASOY ve babam İsmail ATASOY'a sonsuz teşekkürler ederim.

RABİA ATASOY

Kastamonu, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xi**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR **4**
2.1 Diyet Lifi ve Kepek 4
2.2 Buğday Kepeği 6
2.3 Siyez Kepeği ve Kavuzu 8
2.4 Gernik Kepeği 11
2.5 Pirinç Kepeği 13
2.6 Fitik Asit 16
2.6.1 Fitik Asitin Yapısı 16
2.6.2 Fitik Asitin Önemi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri 18
2.6.3 Tahıllardaki Fitik Asit İçeriği ve Tanedeki Dağılımı 19
2.6.4 Fitaz Aktivitesi 19
2.6.5 Fitik Asitin Mineral Biyoyararlanımına Etkisi 20
2.6.6 Fitik Asit Miktarını Azaltmada Kullanılan Üretim Metodları 21
2.6.6.1 Termal işlemler (ısıl işlem) uygulamaları 21
2.6.6.2 Fermantasyon 22
2.6.6.3 Fitaz enzimi uygulaması 22
2.6.6.4 Islatma 23
3. MATERYAL VE METOT **25**
3.1 Materyal 25
3.2 Metot 25
3.2.1 Tahıl Kepeklerine Uygulanacak Prosesler 25
3.2.1.1 Kuru ısıl işlem 25
3.2.1.2 Otoklavda ısıl işlem 26
3.2.1.3 Fermantasyon 26
3.2.1.4 Islatma 26
3.2.1.5 Fitaz enzim uygulaması 27
3.2.2 Tahıl Kepekleri ve Ekmek Numunelerinde UygulananAnalizler 27
3.2.2.1 Fitik asit tayini 27
3.2.2.2 Kül tayini 28
3.2.2.3 Rutubet tayini 28
3.2.2.4 Yağ tayini 28
3.2.2.5 Protein tayini 28
3.2.2.6 Biyoyararlanım 29
3.2.2.7 Toplam fenolik madde tayini 29

3.2.2.8 Antioksidant aktivite 29
3.2.3 Renk (*L*,a*,b**) 30
3.2.4 Ekmek Örneklerinin Hazırlanması 30
3.2.5 Ekmek Örneklerinde Hacim, Kabul edilebilirlik ve Gözenek Analizi 30
3.2.6 İstatistiksel analiz 31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 32
4.1 Kepeklerin ve Kavuzların Fizikokimyasal ve Besinsel Nitelikleri 32
4.2 Kepeklerin ve Kavuzların Renk Özellikleri 33
4.3 İşlem Görmüş Kepeklerin ve Kavuzların Defitinizasyon Nitelikleri 34
4.4 İşlem Görmüş Kepeklerin ve Kavuzların Biyoyararlanım Özellikleri 37
4.5 İşlem Görmüş Kepeklerin ve Kavuzların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Özellikleri 40
4.6 Kepek ve Kavuzlar İçin Uygun Prosesin Belirlenmesi 48
4.7 Ekmeklerin Fizikokimyasal, Biyoyararlanım, Fitik Asit, Toplam Fenolik ve Antioksidan Nitelikleri 50
4.8 Ekmeklerin Gözenek Analizi 54
4.9 Ekmeklerin İç ve Dış Renk Nitelikleri 56
4.10 Ekmeklerin Hacim, Ağırlık, Spesifik Hacim ve Duyusal Nitelikleri 58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 63
5.1 Sonuç 63
5.2 Öneriler 65
KAYNAKLAR 67
ÖZGEÇMİŞ 89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Buğday, unu ve kepeği ……..7
Şekil 2.2 Siyez buğdayı, unu, kepeği ve kavuzu……...9
Şekil 2.3 Gernik buğdayı, unu, kepeği ……12
Şekil 2.4 Pirinç çeşitleri ve işlenme esnasındaki boyut ve renk farklılıkları …14
Şekil 2.5 Neuberg fitik asit modeli ……...17
Şekil 2.6 Anderson fitik asit modeli ……17
Şekil 2.7 Fitik asit ve fitik asit şelatının kimyasal yapısı ……18
Şekil 4.1 Ekmeklik buğday kepeği (a), Gernik kepeği (b), Pirinç kavuzu (c), Pirinç kepeği (d), Siyez kavuzu (e) ve Siyez Kepeği içeren ekmeklerin gözenek analizinde kullanılan iç görüntü kesitleri …….55
Şekil 4.2 Ekmeklerin görünümleri ……... 58
Şekil 4.3 Ekmeklerin dış özelliklerinin duyusal analizi ……..... 60
Şekil 4.4 Ekmeklerin iç özelliklerinin duyusal analizi ……61

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Bazı ürünlerin ortalama diyet lif içerikleri ……5
Tablo 2.2 Siyez buğdayının, unun ve kepeğinin, protein (g/100 g KM), kül (g/100 g KM) içerikleri ……10
Tablo 2.3 Tahılların fitik asit miktarı ……19
Tablo 3.1 Tez çalışmasında kepek/kavuz örneklerine uygulanacak işlemler ve parametreler ……..25
Tablo 4.1 Ham maddelerin rutubet, kül, yağ ve protein miktarları ……...32
Tablo 4.2 Ham maddelerin *L*, *a* ve *b* değerleri ……...……...33
Tablo 4.3 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki fitik asit içeriğine etkisi ……..……...……..35
Tablo 4.4 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki kül sindirilebilirlik oranına (%KSO) etkisi ……..…38
Tablo 4.5 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki sindirilebilir kül içeriği etkisi ……..……39
Tablo 4.6 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki toplam fenolik madde içeriğine etkisi ……..……..…… 42
Tablo 4.7 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki antioksidan aktivitesi üzerine etkisi ……..…….45
Tablo 4.8 Kepek ve kavuzlarda varyans analizine (ANOVA) göre en etkin sonuçları veren prosesler……...…….49
Tablo 4.9 Ekmek numunelerinin rutubet, kül, yağ ve protein miktarları…...50
Tablo 4.10 Ekmeklerin fitik asit (%), %KSO, sindirilebilir kül, toplam fenolik içerik ve %İnhibisyon değerleri ……52
Tablo 4.11 Ekmek örneklerine ait gözenek analiz sonuçları ……...54
Tablo 4.12 Ekmeklerin iç ve dış renk nitelikleri…… 57
Tablo 4.13 Ekmeklerin hacim, ağırlık ve spesifik hacim nitelikleri…… 59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	:Yüzde
Gİ	:Glisemik İndeksi
cm	:Santimetre
cm^2	:Santimetre Kare
cm^3	:Santimetre Küp
g	:Gram
KM	:Kuru Madde
L	:Litre
mg	:Miligram
mm	:Milimetre
vd.	:Ve Diğerleri
µg	:Mikrogram
µmol	:Mikromol

Kısaltmalar

ANOVA	:Analyses Of Varyans (Varyans Analizi)
DPPH	:2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
EK	:Ekmeklik Kepeği
GK	:Gernik Kepeği
KM	:Kuru Madde
LAB	:Laktik Asit Bakterileri
PK	:Pirinç Kepeği
PKA	:Pirinç Kavuzu
SK	:Siyez Kepeği
SKA	:Siyea Kavuzu
SPSS	:Statical Program For Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı)
TGK	:Türk Gıda Kondeksi
TKM	:Toplam Kuru Madde
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Yaşamsal faaliyetlerimizi sürdürebilmek için ihtiyaçlarımızın başında gelen beslenmede, pramidin ilk basamağını tahıllar ve tahıl ürünleri oluşturmaktadır. İnsanların zihinsel ve bedensel döngülerini sürdürebilmek ve sağlıklı kalabilmek için, bileşenlerinde azot bulunan gıda ürünlerini tüketmeleri gerekmektedir. Bu gıda ürünleri arasında bitkisel kaynaklı tahıl ve ürünleri en çok tercih edilen gıdalardır ve diğer hayvansal kaynaklı gıda ürünlerine oranla temin edilmeleri, taşınmaları, muhafaza edilmeleri ve işlenmeleri bakımından daha ekonomik ve daha kolaydırlar (Tangüler vd., 2015). Düşük gelirli ülkelerde hayvansal kaynaklı gıdalarla beslenilme oranının düşük olması, bitkisel kaynaklı gıdaların önemini artırmaktadır. Aynı zamanda hayvansal kaynaklı gıdaları tüketmeyen bireyler içinde bitkisel kaynaklı gıdaların önemi yüksektir. Dolayısıyla tahıllar gibi bitkisel gıdalar, başta insanlar olmak üzere bütün canlılar için yüksek önem taşımaktadır (Blandino vd., 2003; Kılınçer, 2018).

Tahıllar günlük diyetimizde tükettiğimiz, günlük karbonhidrat, mineral, protein, diyet lifi ve vitamin ihtiyacımızın %70'ni giderdiğimiz kaynaklardır. Bu nedenle insan sağlığı açısından önemli yere sahiptir. İnsan vücudunun temel enerji kaynağı ağırlıklı karbonhidrattır. Tahılların cilt sağlığı ile sindirim ve sinir sistemin hastalıklarına karşı direnç oluşumunda önemli görevleri bulunmaktadır. Bileşen bakımından karbonhidrat ağırlıklı olmasına rağmen bir miktar yağ ve protein içermektedirler. Protein kalitesini artırmak için ek gıdalarla tüketilebilmektedir. Vitamin içeriği bakımından E, B12 hariç özellikle B grubu vitaminlerinden B1 (tiamin) vitamini açısından zengindirler (TÜBER, 2015; Batmaz Sarı, 2018).

Tahıl tanesi değirmencilik açısından kabuk (kepek), endosperm ve rüşeymden (embriyo) oluşmaktadır. "Tam tahıl" ifadesi bu üç bileşeni içermektedir. Tam tahıllar, işlem görmemiş tahıllarda (kahverengi pirinç, karabuğday vb.), işlenmiş bazı gıda ürünlerinde (yulaf ezmesi, bulgur vb.) veya tüketime hazır gıdaların içeriğine katılarak (ekmek, tarhana, bisküvi vb.) bulunmaktadır. Günümüzde tam tahıllara olan talep artmasına rağmen günlük diyetimizin büyük bir çoğunluğunu rafine tahıllar

oluşturmaktadır. Rafine tahıllar, tahıl tanesinin morfolojik kısmının yani taneyi öğüterek kabuk (kepek) ve rüşeym (embriyo) kısımlarının ayrılmasıyla elde edilmektedir. Tahıllarda rafinasyon kavuz ve kepek tabakasının uzaklaştırılmasıyla genellikle öğütülmesi sırasında gerçekleştirilmektedir. Fakat bu işlem tanenin kabuğunda ve rüşeym kısmında yer alan diyet lifi, birçok vitamini ve demir gibi mineralleri uzaklaştırmaktadır (McKevith,2004; TÜBER, 2015; Batmaz Sarı, 2018). Bu mineral maddeler ve vitaminlerin büyük bir kısmı tanede kabuk (kepek) ve rüşeym (embriyo) tabakalarında bulunmaktadır. Dolayısıyla tam tahıllar ve ürünleri rafine tahıllardan magnezyum, demir, selenyum, B vitaminleri ve diyet lifi içeriği bakımından daha zengindir. Diyet lif yoğunluğu insanlarda glisemik indeksi (Gİ) düşürmektedir. Farklı çalışmalarda tam tahıl ve ürünlerinin tüketiminin kalp-damar hastalığını, kolon kanseri gibi bazı kanser risklerini ve tip 2 diyabet hastalığını azaltabileceği ve düşük vücut ağırlığına katkı sağlayacağı bildirilmiştir. Sağlık açısından önemli etkileri bulunduğu tespit edilmiş ve bu yüzden diyet lif içeri yüksek tam tahıllı gıdaların tercih edilmesi önerilmektedir (Van der Kamp vd., 2014; Batmaz Sarı, 2018).

Günümüzde, gıda ürünlerinin diyet lifi ile takviye edilmesine artan bir ilgi vardır. Yaygın olarak bilinen lif kaynakları, kepekli tahıllar, fasulye, meyve ve sebzeler gibi çeşitli gıdalardan oluşan sindirilemez karbonhidratlardan gelmektedir (Verardo vd., 2011; Ktenioudaki ve Gallagher, 2012).Yetersiz beslenme dünya çapında büyük bir sorundur. Kronik olarak yetersiz beslenen insanların sayısı gün geçtikçe artmakta (FAO, 2016) ve dünya nüfusunun yaklaşık olarak %30'unu oluşturmaktadır. Bunların iki milyardan daha fazlası ise mikro besin eksikliği yaşamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün yayınlamış olduğu sağlık raporuna göre (WHO, 2002) göre çinko (Zn) eksikliği dünyada hastalık yüküne katkıda bulunan en önemli 20 risk faktörü arasında 11'nci sırada, gelişmekte olan ülkelerde ise en önemli 10 faktör arasında 5'nci sırada yer almaktadır. Buna ek olarak 10 risk faktörü arasında demir (Fe) eksikliği de Dünya'da ki gelişmekte olan ülkeler arasında 6'nci sıradadır. Tahıllar açısından çok zengin diyetler ve düşük diyet çeşitliği dünya çapında mikro besin yetersizliği ile ilişkilendirilmiştir (Black vd., 2013; Magallanes-López, 2017; Perera vd., 2018). Tahıl ve bakliyat tabanlı bitkisel ağırlıklı diyetlerde beslenme karşıtı yapıların (antinutrient) mineral ve protein düşük biyoyararlanımın sebep olduğu bilinmektedir. Özellikle tam

tahıl formunda tüketim ya da tahılların kepek veya kavuzlarının gıdalara diyet lifi olarak ilavesi durumda söz konusu gıdaların ya da tahılların mikrobesin içeriklerinin biyoyarlanımları düşmektedir. Oysa farklı uygulamalarla definizasyonun mümkün olduğu ve gıdaların biyoyararlanımlarının artırılabileceği bilinmektedir (Bouis ve Saltzman, 2017; Perera vd., 2018).

Bu çalışmanın amacı farklı proseslerin bazı tahıl kepeklerinin ve kavuzlarının biyoyararlanımlarını düşüren fitik asidin degrasyonu ve mineral biyoyararlanımı üzerindeki etkisi araştırmak, diğer taraftan kepek ve kavuz tabakasındaki biyoaktif bileşenlerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik içeriğe etkilerini tespit etmektedir. Bu amaçla özellikle farklı araştırmalarda mikrobesin içeriğine dikkat çekilen pirinç kepek ve kavuzu ile yine mikrobesin içeriği zengin olan ata buğdaylarımızdan siyez ve gernik fraksiyonları hammadde olarak seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında, özellikle besinsel açıdan zengin olan ancak öğütme teknolojisi açısından atık olarak değerlendirilen ve çoğunlukla hayvan yemine verilen kepek ve kavuz fraksiyonlarına gıda sektöründe kullanımdan önce defitinizasyon amacıyla yapılabilecek en iyi yöntemi tespit etmek amaçlanmıştır. Aynı zamanda kullanımı genel kabul görmüş ekmeklik buğday kepeğine karşın diğer kepek ve kavuz fraksiyonlarının içeriği ve kullanım olanağı da değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR

2.1 Diyet Lifi ve Kepek

Son yıllarda bilinçli tüketimin artması ile başta buğday kepeği olmak üzere diğer tahıl kepekleri ve diyet lif içeriği yüksek tam tane unlarının da kullanıldığı değişik tip ve nitelikte gıda ürünlerine olan ilgi artmıştır. Diyet lif veya besinsel lif olarak bilinen bileşikler, insan bağırsağı tarafından sindirilemeyen ve gıdaların bileşiminde bulunan selüloz, hemiselüloz, gam, pektin ve lignin gibi bileşiklerdir. Diyet lif tüketimi bağırsak içeriğini etkileyerek birçok hastalıklara yakalanma riskini azaltmaktadır.

Besinsel lifler insan sağlığı açısından önemli olup kolon kanseri başta olmak üzere sindirim sistemi bozukluklarını önlemede, vücuttaki serum kolesterol düzeyini azaltıcı, lipit ve glikoz metabolizmasını iyileştirici ve mide asit düzeyini düzenleyici etkileri bulunmaktadır (Fox ve Eberl, 2002; Slavin, 2004; Esmailzadeh ve Azadbakht, 2006; Özkeser, 2015).

Lifler çözünmeyen ve çözünen olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır (Dülger ve Şahan, 2011). Pektin, gam, β-glukan, suda çözünür pentozlar vb. bileşikler suda çözünen lifleri oluşturmaktadır. Suda çözünmeyen lifler selüloz, hemiselüloz, lignin ve suda çözünmeyen pentozları kapsamaktadır (Dönmez vd. 2010). Hemiselüloz tahıllarda, lignin buğdayda, selüloz kepekte bulunmaktadır (Dülger ve Şahan, 2011). Suda çözünmeyen lifler ağırlıklarının 20 kat fazlası kadar suyu tutabilmelerine rağmen viskoz yapı oluşturamamaktadırlar. Bu grup lifler insan vücudunda kabızlığın önlenmesine yardımcı olmakta ve dışkı hacminin artmasını sağlayarak bağırsak geçiş süresini azaltmaktadırlar (Bemiller ve Whistler 1996; Thebaudin vd. 1997; Özkeser, 2015). Günlük diyetimizde her iki grup lif türünü de barındıran gıda ürünlerinin tüketilmesi gerekmektedir. Sağlık problemlerine karşı daha iyi bir sonuç almak için her iki lif türünün birlikte alınması yapılan çalışmada tespit edilmiştir (Hamza vd., 2004).

Lif içerikleri gıdalarda çeşit, cins, yetiştirme şartları ve diğer değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örneğin; tahıllarda dış kısımlarında daha çok lif bulunmakta, baklagiller hariç meyve ve sebzeler ise tahıl ürünlerine oranla daha çok su içerdiklerinden lif oranlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Köksel ve Özboy, 1993). Bazı gıda ürünleri ile buğday kepeğinin lif içerikleri Tablo 2.1'de verilmiştir (Saldamlı, 2007; Özkeser, 2015).

Tablo 2.1 Bazı ürünlerin ortalama diyet lif içerikleri

Gıda	Besinsel Lif (% KM)		
	Çözünmeyen	Çözünebilir	Toplam
Buğday kepeği	48	8	56
Arpa kavuzu	72	3	75
Bezelye	22	7	29
Havuç	17	14	31
Elma	11	6	17
Şeker pancarı posası	67	21	88
Biracılık artığı küspe	-	-	36

Tahıllarda da diyet lif yoğun olarak kepek kısmında bulunduğundan kepek tüketimi diyet lif alımını sağlayacaktır. Diyet lif tüketiminin kolon kanseri, obezite, kalp damar hastalıkları, hipertansiyon ve bağışıklık sistemi rahatsızlıkları üzerine iyileştirici etkilerinin bulunduğu belirtilmektedir (Fernandez-Gines vd., 2004). Kepeğin su tutma kapasitesi yüksek olmasıyla mide içeriğinin viskozitesini artmakta ve midenin geç boşalarak kişinin yeme isteği azalmasına neden olmaktadır. Tokluk hissinin oluşmasının diğer bir sebebi ise kepekli ürünün ağızda çiğnenerek yutulmasının uzun zaman almasından kaynaklanmaktadır (Thompson ve Manore 2005).

Kepekli gıdalar rafine gıdalara kıyasla çoğunlukla daha fazla mineral madde içeriğine sahiptirler. Günlük diyetimizin ihtiyacı olan mineral madde içeriği kepek tüketiminden karşılanabilmektedir. Farklı bir çalışmada ise kepekli gıdaların mineral biyoyararlılığı üzerinde olumlu etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir (Coudray vd., 1997; Greger, 1999; Frølich, 2001; Lattimer veHaub, 2010; Trinidad, 2014).

2.2 Buğday Kepeği

İnsan beslenmesinde buğday, temel enerji ve protein kaynağı olup, kültür bitkileri arasında ekim ve üretim alanı bakımından dünyada ve ülkemizde ilk sırada yer almaktadır (Doğan ve Kendal, 2012). Farklı tahıl ürünlerinde olduğu gibi buğdayın da üretim ve ıslah çalışmalarında kalite parametreleri ikinci plana atılırken öncelik genellikle verim olmuştur. Fakat çağdaş tarım anlayışında verim önemli iken kalite faktörününde artırılması çok önemli bir olgudur. Çünkü insan beslenmesi açısından büyük önem sahip olan buğday içerik bakımından protein, nişasta, lif, fitokimyasal ve antioksidan maddeleri bulundurmaktadır (Andersson vd., 2013; Vida vd., 2014). Tanenin bileşimine genel anlamda bakılacak olursa %70-75 karbonhidrat, %10-14 protein, %11-13 su, %1-2 yağ ve %1,5-1,7 mineral madde içeriğinden meydana gelmektedir (Baysal, 2011).

Buğday tanesi günlük besin ihtiyacımızı karşıladığı gibi lifleriyle sindirimi kolaylaştırıp bir çok rahatsızlıklara yakalanma riskini azaltmaktadır (Huang vd., 2015). Buğday tanesi içten dışa doğru sıralayacak olursak, taneye rengini veren ve renk bileşenlerinin çoğunluğunun oluşturduğu testa tabakası, dışarıdan suyun içeriye girmesini sağlayan gözenekli kabuk tabakası bulunmaktadır. Testa tabakasını takiben mineral madde ve protein bileşenleri bakımından zengin olan aleuron tabakası bulunmaktadır. Öğütme teknolojisi açısından buğday kepeği aleuron, testa hyalin ve perikarp tabakalarından oluşmakta ve endospermi çevreleyen dış tabaka olarak adlandırılmaktadır. Tanenin %14-16'sını kepek oluştumakta ve yapısında B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niasin) ve B5 (pantotenik asit) vitaminlerini içermektedir (Beta vd., 2005;Bilişli, 2012). Buğday kepeğinin günümüzde yem sanayisinde farklı kullanımları bulunmakta, fakat gıda sanayisinde kullanımı yeni gelişmektedir (Stevenson vd., 2012).



Şekil 2.1 Buğday, unu ve kepeği (URL1, URL2, URL3)

Nutrasötik ve fonksiyonel gıdalara ilginin artmasıyla buğday ve yan ürünleri ilgi odağı olmuştur (Beta vd., 2005). Buğdayın kabuk kısmında vitaminler, mineral maddeler, fenolik maddeler ve diyet lifi oranı taneye göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu sebepten dolayı insan beslenmesi açısından buğday kepeğinin önemi artmıştır (Dexter ve Wood, 1996; Bilişli, 2012) .

Zhou ve Yu (2004) yapmış oldukları çalışmada farklı bölgelerde yetiştirilen buğday kepeklerinin fenolik madde ve antioksidan miktarlarını araştırmışlar, kepekte 2,29-3,05 mg/g aralığında fenolik madde içeriği tespit etmişlerdir. Yetiştirilen bölgeye göre kepekte antioksidan aktivite ve fenolik madde miktarlarının değiştiği saptanmıştır. Farklı bir çalışmada ise Çin'de yetiştirilen olan 5 siyah buğday çeşidinin kepeklerinde yapılan çalışmada vanilik, ferulik, kafeik, gallik ve gentisik asitlerin zengin olduğu tespit edilmiştir. Fenolik asitlerden ferulik asitin daha baskın olduğu ve 1550-2119 µg/g arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir (Li vd., 2005) .

Çelik vd. (2010), tarafından yapılan çalışmada, tarhanaya farklı oranlarda (%20-%40) buğday kepeği ilavesinin tarhanada kepek oranı arttıkça protein, kül ve diyet lif oranlarını arttırdığıtarhanada kepek kullanımının ise duyusal olarak kontrol örneklerine karşın eş değer beğeniye sahip olduğu tespit edilmiştir. Farklı bir çalışmada isefermente edilen buğday kepeklerinde fitik asitin ham kepeğe göre %20 oranında azaldığı, çözünür diyet lif oranın arttığı tespit edilmiştir. Fermantasyon işleminin buğday kepeği üzerinde iyileştirici bir etki olduğu belirtilmiş ve kepeğin gıdalara ön işlem uygulanarak katılması tavsiye edilmiştir (Zhao vd., 2017).

Yapılan farklı çalışmalarda, kepek ve kavuz ilavesi gıdaya karışmasında gıdanın raf ömrünü azaltmakta, üründe tekstür, görüntü ve tat açısından ürünün kalitesini düşürdüğü bilinmektedir (Fınney, 1985; Laı, 1989; Uysal, 2018). Her ne kadar buğday kepeği kullanımı teknoloji açıdan olumsuz niteliklere sahip olsa da kepek ilavesi buğday ürünlerinin fizikokimyasal ve besinsel niteliklerini artırdığı bilinmektedir (Bilişli, 2012; Uysal, 2018).

2.3 Siyez Kepeği ve Kavuzu

Siyez buğdayı (Einkorn) (*Triticum monococcum* spp. *monococcum*) diploit (2n=2x=14) kabuklu buğday olarak bilinmektedir. Durum (*Triticum turgidum ssp. durum*) ve ekmeklik (*Triticum aestivum ssp. aestivum*) buğdayların kavuzlu atalarından olup insan diyeti açısından önemli bir yere sahiptir (Pirgozliev vd., 2015).

Dünyada verimli hilal bölgesinde tahminen 10.000 yıl önce, Türkiye 'de ise Karacadağ'da kültüre alındığı ve Avrupa'ya tarım devrimi ile yayıldığı bilinmektedir (Heun vd., 1997). Arkeolojik çalışmalar sonucu siyez buğdayının Avrupa çiftçilerinin temel gıda maddesi olduğu tespit edilmiştir (Oeggl, 2009). Besinsel değeri yüksek olan siyez buğdayı, ıslah edilmiş günümüz buğdaylarının verim ve kalite niteliklerinin ön plana çıkması ile kaybolmaya yüz tutmuş ancakgünümüzde yapılan araştırmalarla tekrar talep görmeye başlamıştır (Hidalgo ve Brandolini, 2014).

Modern buğday türlerine geçilmesi kavuzlu siyez buğdayından daha sonra olmuştur. Günümüzde kullanılan makarnalık ve ekmeklik buğdaylar siyez buğdayından daha sonra kültüre alınmıştır (Salamini vd., 2002). Ülkemizde bugün siyez buğdayı üretimi az bulunmaktadır. Üretim alanı olarak Türkiye'de Kastamonu, Bilecik, Sinop, Samsun, Bolu ve Amasya illerinde yer almaktadır (Karagoz ve Zencirci, 2005; Serpen vd., 2008). Kastamonu'nun birçok ilçesinde ve özellikle İhsangazi ilçesinde 6.500 dekar alanda üretilmektedir. Siyez buğdayı sıkı kavuz yapısından dolayı hastalık ve zararlılara dayanıklı, ekolojik koşullara direnebilen bir buğday türüdür (Elgün, 2015; Anonim, 2016).



Şekil 2.2 Siyez buğdayı, unu, kepeği ve kavuzu (Demirel, 2013; URL 4; URL 5; URL 6; URL7)

Dünya'da ve ülkemizde iklim ve toprak özelliklerinin birbirinden farklı olması buğday tarımının geniş bir alanda yapılması ve çeşit sayısının da fazla olması buğdayın, fiziksel kimyasal ve teknolojik özelliklerinin farklı olmasını sağlamaktadır. Birden çok buğday farklı özellikler taşımaktadır (Elgün ve Ertugay, 2002). Siyez buğdayının protein içeriğinin diğer buğdaylara oranla genellikle yüksek olduğu ve %10-26 arasında değiştiği farklı çalışmalarda belirtilmiştir. Aminoasit kompozisyonu diğer yaygın buğdaylar ile benzer nitelik taşımaktadır (Troccoli vd., 2005; Zengin, 2015). Diğer buğdaylara kıyasla yüksek kül (%2,8-3,4) içeriğine sahip olup, mineral madde içeriğinin önemli bir kısmını fosforun (415 mg/100g) oluşturduğu tespit edilmiştir (Abdel-Aal vd., 1995; Loje vd., 2003; Brandolini vd., 2008). Mineral madde komposizyonu ekmeklik buğday ile kıyaslandığında Fe, Ca, Mn, S, Zn, Cu ve Se gibi mineral maddelerce zengin olduğu belirlenmiştir (Zaharieva ve Monneveux, 2014; Hendek Ertop vd., 2020). Mineral madde içeriğinin çoğunluğunun kepekten gelmesinin yanı sıra toprak, iklim ve genotip özellikleri buğday tanesindeki mineral madde düzeyinde farklılıklara neden olabilmektedir (Emeksizoğlu, 2016). Diğer buğday çeşitleriyle karşılaştırıldığında siyez buğdayının düşük lif oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Loje vd., 2003).

Siyez buğdayının kepek kısmı taneye yapışık halde olduğu için kepek ayrımı endüstiriyel olarak zor bir prosestir. Bu nedenle günümüzde buğdayların işlendiği değirmenlerde kabuk soyma ve öğütme işlemi uygulanamamaktadır. Brandolini vd. (2008)'nin yapmış olduğu çalışmada iki farklı üretim hattındaki siyez buğdayının ve ekmeklik buğdayın kepek, un, endosperm ve rüşeym kısımlarının protein ve kül nitelikleri belirlenmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Siyez buğdayının, unun ve kepeğinin, protein (g/100 g KM), kül (g/100 g KM) içerikleri

	Protein			Kül		
	Monlis*	SAL 98–32*	Blasco**	Monlis*	SAL98–32*	Blasco**
Toplam un	15,8±0,05	24,2±0,45	11,1±0,02	2,2±0,01	2,5±0,01	1,5±0,00
Endosperm	13,8±0,02	22,3±0,11	10,1±0,07	0,4±0,01	0,7±0,03	0,4±0,00
Kepek	18,2±0,18	26,2±0,54	14,2±0,10	7,5±0,03	6,8±0,01	6,8±0,01
Ruşeym	48,5±2,26	45,4±2,75	22,4±2,32	4,8±0,11	4,4±0,15	2,7±0,11

**Monlis ve SAL 98-32 siyez*

***Blasco ekmeklik buğday*

Yapılan çalışmada buğdayın kepek kısmında protein ve kül miktarlarının diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştirki bu sonuç mineral madde miktarının ağırlıklı olarak kepekte olduğunu göstermektedir. Aynı çalışmada E vitamininin (Tokotrienoller) esas olarak kepek içerisinde yer aldığı önemli bir kısmını da α-tokotrienollerin oluşturduğu tespit edilmiştir (Morrison vd., 1982; Piironen vd., 1986). E vitaminlerinin (β-tokotrienoller) bir kısmının da rüşeymde olduğu bilinmektedir. Ko vd., (2003)'de yapmış olduğu çalışmada ise buğdayda β-tokotrienollerin olmadığı, çoğunluğun kepek kısmında olmasına rağmen buğdayın her yerinde önemli miktarlarda α-tokotrienoller olduğunu bildirmiştir. Siyez ve ekmeklik buğdayların kepeklerinin de α-tokotrienoller miktarları sırasıyla 54,4 µg/g, 57,5 µg/g ve 14,2 µg/g kuru madde üzerinden hesaplanarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre siyez buğday kepeğinin ekmeklik buğday kepeğine göre önemli miktarda α-tokotrienollere sahip olduğu tespit edilmiştir. Siyez kepeği üzerine çok fazla çalışma bulunmamakla birlikte yapılan çalışmalar, siyez kepeğinin besleyiciliği yüksek doğal bir gıda hammadesi olarak gıdalarda kullanılabileceğini göstermektedir.

2.4 Gernik Kepeği

Gernik buğdayı (Emmer) (*Triticum dicoccum*) yaklaşık 10 000 yıl önceye dayanan kavuzlu yabani ata buğdayları arasında yer almaktadır. Gernik buğdayı iki taneli soyulmuş buğday anlamına gelen Almancadan türeyen "Emmer, *T. dicoccum*" olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir adı "Kavılca" olan gernik buğdayı tetraploid (2n=28) yapıda olup yabani *T. dicoccoides* türünden melezlenmiştir (Nevo, 1988; Kan vd., 2015). Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinden göçlerle birlikte Dünya'ya yayılmıştır. Medeniyetlerin gelişiminde rolü büyük ve modern buğday çeşitlerinin gelişimine siyez buğdayı gibi büyük katkı sağlamıştır (Nesbitt, 1998; Atar ve Kara, 2017). Gernik buğdayı 1909 yılında İsrail'de bulunan Carmel dağında bulunmuş ve 1960 yılından itibaren kültüre alınmıştır. Türkiye'de Kars ilinde "kavılca, kabluca, yaban buğdayı" adıyla üretilmektedir. Gernik buğdayı genel anlamda yem sanayinde kullanılmaktadır (Kan vd., 2015; Zengin, 2015).

Gernik buğdayı beyaz/kırmızı çiçek renginde, iki başakçıktan oluşup ekmeklik buğdayların atası olarak bilinmektedir (Peng vd., 2012; Özberk vd., 2016). Gernik buğdayının karakteristik özelliği, sıkı kavuz yapısına sahip olup başakçıkların her birinin iyi gelişmiş iri tane içermesidir. Hasat zamanında sap kısımlarının kırılgan olması sebebiyle kolaylıkla başakçıklar düşmektedir (Bavec, 2000; Zengin, 2015). Gernik buğdayının tane verimi 200-400 kg/hektar arasında değiştiği ve yetiştirilen bölgenin iklim ve toprak verimi ile arasında iyi bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Cubadda vd., 2002). Hasadının zor olması, kabuğun taneye yapışık olması ve zor ayrılması ve ekmek yapımında undan iyi verim alınmamasıyla 2000'li yılların başında yok olmaya başlamıştır. Fakat bazı sivil toplum kuruluşları sayesinde, günümüzde eskiye dönüşün olmasıyla, sağlıklı ve güvenli ürünlere artan ilgiyle gernik buğdayı gibi ata buğdaylar önem kazanmış ve üretimin artmasına rol oynamışlardır.



Şekil 2.3 Gernik buğdayı, unu, kepeği (Demirel, 2013; URL 8; URL 9; URL 10; URL11)

Türkiye de yetiştirilen 12 farklı bölgeden toplanan gernik buğdaylarıyla iki farklı ekmeklik buğdayda yapılan bir çalışmada toplam antioksidan aktivitesini (18,31 µmol Troloks eşdeğer/g), toplam fenolik miktarını (6,33 µmol gallik asit eşdeğer/g), flavonoid (1,61µmol kateşin eşdeğer/g) ve ferulik asit (662,95 µg/g) miktarlarının gernik buğdayında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Serpen vd., 2008). Pıergıovannı vd. (1996), gernik buğdayı ve 2 farklı buğday türünü inceledikleri çalışmada, gernik buğdayında protein %16,7, kül %2,00, ham yağ %2,0, kepek %15,3 ve yaş glüten % 10,9 niteliklerini tespit etmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda ise gernik buğdayının endosperm kısmının yanında kepek kısmının besinsel değerinin yüksek olduğunu, %16-23 lif içerdiğini ve günlük diyetimizde yer alması gerektiği vurgulanmaktadır (Anonim, 2015).

Gernik buğdayı ve kepeği üzerine fazla araştırma bulunmamaktadır. Özellikle son yıllarda önemi artmış olmakla birlikte bazı çalışmalarda antioksidan değeri incelenmiştir. Çeşitli buğday türleriyle karşılaştırılan bir çalışmada kepek ve un örneklerinin antioksidan kapasiteleri ve fenolik maddeleri incelenmiştir. Kepek ve un kısımları incelenen buğday tanelerinde antioksidan aktivitelerinin yüksek olduğu örneklerde fenolik madde içeriğinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir. Un ile

kıyaslanan kepekte una göre daha yüksek fenolik madde içeriği (1258- 3157 μg/g) ve antioksidan aktivitesi tespit edilmiştir (Vaher vd., 2010; Aksu, 2017).

2.5 Pirinç Kepeği

Çeltik, *Oryza sativa L.* türüne ait buğdaygiller (*Gramineae*) familyasına giren sıcaklık istediği fazla olan bir bitkidir. Tahıllar arasında, suda erimiş oksijenden kökleri vasıtasıyla yararlanabilen ve suda içinde çimlenebilen tek tahıldır. Çeltiğin tekniğe uygun olarak kavuzları soyulup, farklı proses aşamalarına tabi tutularak pirinç elde edilmektedir. Buğdaydan sonra dünya üzerinde tahıl ürünü olarak en fazla tüketilen ürün pirinçtir (Aktaş, 2018). Dünya pirinç üretimi 2016-2017 yılları tahmini 482,3 milyon ton olduğu bilinmekte ve bu üretiminin yaklaşık %90'nın Asya'da yapılmaktadır. Bu bölgelerde üretimin yanı sıra kişi başı tüketim oranı da oldukça fazladır. Ülkemizde ise çeltik yetiştiriciliği bakımından elverişli bölgeler bulunmaktadır. Çeltik bitkisi üretimimiz 2016 döneminde 920 bin ton seviyelerine ulaşmıştır. Çeltik ülkemizde en çok Edirne %41, Samsun %14, Balıkkesir %12, Çanakkale %9 ve Çorum %6'lık bir orana sahiptir. Bu iller dışında geriye kalan %18'lik kısmını ise Sinop, Tekirdağ, Bursa, Çankırı, Kastamonu, Diyarbakır ve Mersin gibi diğer illerimiz yer almaktadır (TMO, 2016).

Kurutularak işleme alınan çeltikler hasattan sonra ortalama %15 nem düzeyine düşürülmektedir. Birincil işlem olarak dış kabuğu soyulur ve kahverengi pirinç elde edilmektedir. Kavuzları soyulmuş, fakat herhangi bir parlatma ve ön pişirme işleminden geçirilmemiş kahverengi pirinç bütün tane olarak düşünülebilir ve kargo pirinç olarak da tanımlanabilmektedir. Beyaz pirinç olarak sofralarda kullanılan şekli kahverengi pirincin fırçalanması ve parlatılmasıyla oluşmaktadır. Farklı yan ürünler ise 100 kg çeltik işleme alındığında 10-12 kg pirinç kepeği, 18-20 kg arası kavuz, 10-12 kg kırık pirinç ve genel anlamda 56-58 kg kadar da pirinç elde edilmektedir (Yılmaz ve Tuncel, 2011). 1/3 oranında tam taneden küçük olan pirinç taneleri kırık pirinç olarak ifade edilmektedir. Kırık pirinçler maltlık olarak değerlendirilerek bira üretiminde kullanılmaktadır. 18-20 kg miktarlarında bulunan kavuz ise çeltiğin soyulduktan sonra elde edilen dış kabuk kısmıdır. Kavuz ve kepek kısmı kullanımı ise ülkemizde yakacak veya izalasyon malzemesi olarak kullanıldığı ifade edilse de daha

çok hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Abdul-Hamid vd, 2007; TMO, 2016). Pirinç kepeği Amerika'da %10'nundan pirinç kepeği yağı eldesi için kullanılırken geri kalan daha fazla kısmı hayvan yeni olarak kullanılmaktadır (Kahlon ve Chow, 2001). Pirinç kepeği, kahverengi pirincin beyazlatılması ve parlatılması prosesi esnasında açığa çıkan yan ürün olarak ifade edilmektedir (FAO, 1996).



Şekil 2.4 Pirinç çeşitleri ve işlenme esnasındaki boyut ve renk farklılıkları (Ryan, 2011; Aktaş, 2018)

Pirinçteki dağılım dikkate alınacak olursa kepek kısmı mineral, yağ asitleri, protein, diyet lifleri bakımından insan sağlığı açısından önemli bir kaynaktır (Gul vd., 2015). Tüm tahıllar gibi pirinç kepeğinin bileşimi de türe, ekolojik şartlara, toprağa ve çeltiğin pirince dönüşümü esnasında maruz kaldığı proses aşamalarına göre değişiklik göstermektedir (Yılmaz, 2014). Pirinç kepeğinin literatürde %12,8-29,6 yağ, %6,2-31,5 lif , %11,5-17,2 protein, %8,0-17,7 kül içeriklerie sahip olduğu belirtilmiştir (Moldenhauer vd, 1998; Aktaş, 2018).

Farklı bir çalışmada ise Malezya'da bir pirinç fabrikasından temin edilen 4 faklı pirinç türüne ait kepeklerde protein içeriğinin 8,8-15,2 g/100g, yağ içeriğinin 8,7-18,9 g/100g, nem içeriğinin 8,5-12,6 g/100g, kül içeriklerinin 4,2-7,7 g/100g ve toplam diyet lifi içeriklerinin 18,3-30,5 g/100g aralığında olduğu tespit edilmiştir (Abdul-Hamid vd., 2007). Malekian vd. (2000) yapmış olduğu çalışmada pirinç kepeğinin, besinsel değeri yüksek diğer tahıllarda düşük miktarda bulunan lisin aminoasitini fazla miktarda tespit etmişlerdir. %15-18 yağ bileşenine sahip pirinç kepeğinde en fazla

bulunan yağ asitlerinden oleik (%40-50), linoleik (%30-35) ve palmitik asit (%12-18) olarak bildirmişlerdir.

Kepek katmanı B vitaminleri bakımından zengin içeriğe sahiptir. Farklı çalışmalarda ise vitaminlerin yanında kepeğin tokotrienol, tokoferol ve gama-orizanol gibi antioksidanları içerdiği belirtilmiştir. Özellikle gama-orizanol bileşiği pirinç kepeğinde yağı içinde karakteristik bir bileşik olup diğer antioksidanlardan 13-20 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Bergman ve Xu, 2003; Yılmaz, 2014).

Pirinç kepeğinin besinsel ve fizikokimyasal niteliklerinin yanında teknolojik özellikleri olan su ve yağ tutma kapasiteleri, emülsifiye etme ve köpürme kapasitesi açısından da önemli olduğu bilinmektedir. Hem çözünmez hem de çözünür diyet lif oranı (%25-35) pirinç kepeğinde oldukça fazladır. Besinsel değerinin yüksek oluşunun yanında teknolojik özelliklerinin de iyi oluşu gıdalarda doğal katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Çözünebilir lif oranın yüksek olması katılan gıdada tekstürel özelliklerinde kıvamlaştırma, jelleşme ve emülsifiye etme özelliklerinde iyileştirmede etki yapmaktadır. Pirinç kepeği buğday kepeği ile karşılaştırıldığında daha yüksek yağ ve su tutma ve daha çok köpük kapasitesi ve stabilitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Teknolojik özelliklerinin iyi olması sonucu özellikle fırıncılık ürünlerinde pirinç kepeğinin kullanımında ürünün raf ömrünü uzattığı ve nem kaybının azaldığı dikkat çekmiştir (Malekian vd., 2000; Aktaş, 2018)

Pirinç kepeği gıda sanayisinde herhangi bir proses uygulanmadan ve optimize edilmeden kullanıldığından ürünlerde mikrobiyal aktivitenin arttığı, bunun yanında yağ asitlerince zengin olduğundan üründe acılaşma meydana geldiği belirlenmiştir. Olumsuz etkilerinden dolayı ürünlerde pirinç kepeğinin kullanımı güçleştiğinden sınırlandırılmıştır. Fakat son yıllarda daha sağlıklı besleyici değeri yüksek gıdalara talebin artmasıyla pirinç kepeğinin kullanım olanakları araştırılmaya başlanmıştır. Önceki dönemlerde görülen sorunlarla karşılamamak için günümüzde yapılan bazı çalışmalarda pirinç kepeğine ısıl işlem, kimyasallar, ekstrüzyon, mikrodalga ısıtma vb. ön proses aşamaları uygulanarak gıdalar da kullanılabileceği tespit edilmiştir (Yılmaz ve Tuncel, 2011; Yılmaz, 2014).

Pirinç kepeğinin stabilize edilerek gıdalarda kullanımına dair literatürde bazı çalışmalar da mevcuttur. Yapılan çalışmada pirinç kepeği yağı uzaklaştırılarak tava ekmeğinde kullanılmış veekmeklerin depolama sürecinde (24, 48, 72, 96 ve 120 saat) duyusal ve fizikokimyasal değişimleri gözlenmiştir. Bu çalışmada %5 yağı alınmış pirinç kepeği katılmış tava ekmeklerinin besinsel, fizikokimyasal ve duyusal özelliklerinin diğer ekmekler arasında en iyi sonuç verdiği belirtilmiştir (Ajmal vd., 2007).

Yılmaz (2014)'ın yapmış olduğu çalışmada ise kızılötesi ışın kullanımı pirinç kepeğinin stabilizasyonunu sağlayarak kepeğe raf ömrüne ek olarak ortalama 6 ay kadar raf ömrünü uzattığını belirtmiştir. Aynı çalışmada tam buğday, beyaz ekmek, kepekli ekmek ve kraker ürünlerine kepek ilavesi sonucunda ise %10 oranına kadar katılan kepekli ürünlerinin kabul edilebilir olduğu tespit edilmiştir.

Özkaya vd., (2017) yapmış oldukları çalışmada fermantasyon ve otoklav işlemlerini pirinç ve buğday kepeklerine uygulamışlar,farklı oranlarda işlem görmüş ve görmemiş kepekleri unlara karıştırarak aralarındaki değişimi gözlemlemişlerdir. Kepek kullanımı kepek oranlarına bağlı olarak değişmekle birlikte genel anlamda işlem görmüş kepek katkılı ekmeklerde tekstürel niteliklerin geliştiği gözlenmiştir.

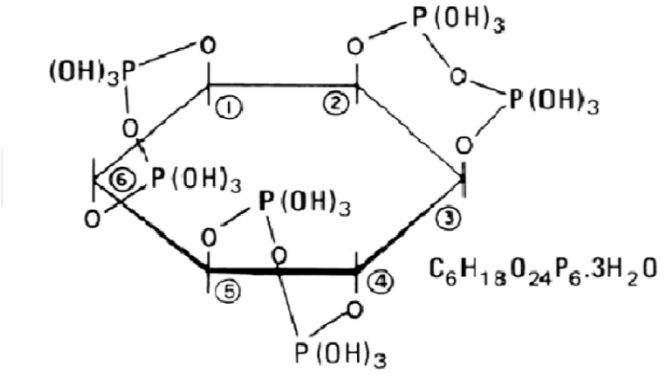
Yapılan çalışmalar pirinç kepeğinin farklı proseslere tabi tutularak gıda sanayiinde özellikle de fırıncılık ürünlerinde kullanımının uygun olduğu göstermektedir.

2.6 Fitik Asit

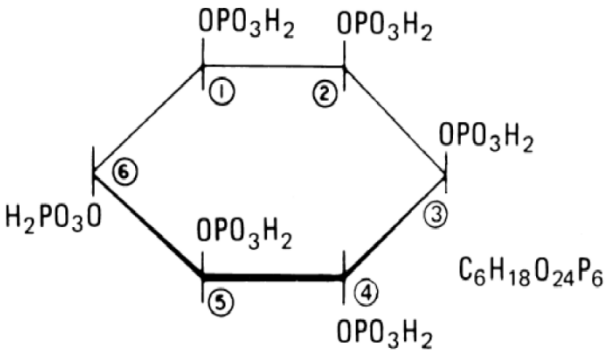
2.6.1 Fitik Asitin Yapısı

Fitik asit (myoinositol-1,2,3,4,5,6-hexaki sphosphate), insan ve hayvanların temel besin kaynaklarından tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar ve kabuklu yemişlerde temel fosfor bileşenini oluşturmaktadır. Toplam fosfor miktarının %60-90'ını içermektedir (Reddy vd., 1982; Kumar vd., 2010; Nissar vd., 2017). Fitik asit altı fosfatlı inositol halkasına sahip olup molekül formülü $C_6H_{18}O_{24}$ P_6 ve molekül ağırlığı da 660,04 g/mol'dür (Febles vd., 2002) .

1800'lü yıllardan itibaren fitik asitin yapısının özellikleri çalışma konusu olmuştur. İlk kez bitki tohumlarından fitatı elde edilerek fitik asit izole edilmiştir. Kimyasal yapısı olarak farklı modellemeler yapılmıştır. Bunların iki tanesinden en çok bilinenleri; Anderson'un öne sürmüş olduğu hekzaortafosfat ve ikinci olarak da Neuberg tarafından çalışılmış pirpfosfat ester modelleridir. Bu modellerin arasındaki fark kuvvetli bağlar ile birbirine bağlı olan su molekülleri ve fosfat grubunun izomerik konformasyonu olmasıdır. Neuberg ve Anderson tarafından verilen modeller Şekil 2.5 ve Şekil 2.6' da verilmektedir (Anderson, 1914; Neuberg, 1908; Ünsal Canay, 2018.)



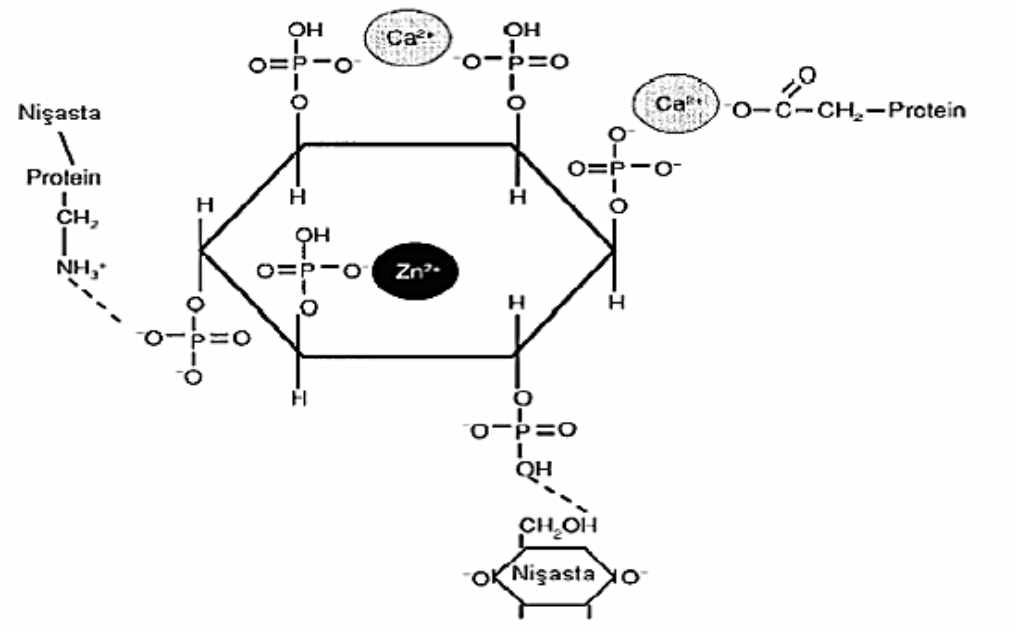
Şekil 2.5 Neuberg fitik asit modeli (Neuberg, 1908)



Şekil 2.6 Anderson fitik asit modeli (Anderson, 1914)

Altı fosfat grubu ile yüklü bir molekül olan fitik asit çevresinde yer alan negatif yüklü fosfat iyonlarının etkileşimi ile katyonlar için yüksek şelatlama özelliğine sahiptir (Şekil 2.7) (Bohn vd., 2008; Ünsal Canay, 2018). Şelatlanma özelliği tahıllarda yer alan pozitif yüklü metalleri, proteinleri ve nişastalar ile bağlanarak bu gibi makro ve

mikro yapıların insan vücudunda serbest hale bulunmasını önlemektedir. Bundan dolayı gıdaların sindirilebilirliklerini azaltarak düşük biyoyararlanımına sebep olmaktadır (Mukhametzyanova vd., 2012).



Şekil 2.7 Fitik asit ve fitik asit şelatının kimyasal yapısı (Kornegay, 2001)

2.6.2 Fitik Asitin Önemi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Tahıllarda en önemli etkisi fitik asidin danenin büyümesinde yeri olan fosforu depolanmasıdır. Tohumda çimlenme evresinde inositol formda fosforu depo ederken bu evrede fitaz enzim aktivitesi artarken, fitat miktarı azalmaktadır (Cosgrove, 1966). Tahılların veya bitkilerin gelişim süreçlerinde fitik asit diğer minerallerin de taşınmasını ve depo etmesini sağlamaktadır (Loewus, 2002; Ünsal Canay, 2018).

Günlük beslenmemizde önemli yeri olan bitkisel gıdalardan alınan lifler insan sağlığı açısından önemlidir. Liflerin vücuda yüksek derecede alımı metabolik ve fizyolojik etkileri olumlu yönde ilişkilidir. Bu ilişkinin sonucu ve bilinçli tüketici istekleri doğrultusunda son yıllarda gıda sektörü besinsel lif açısından oranı yüksek gıdalar talebi de artmıştır (Dost ve Tokul, 2006). Bu taleple ve üretimle birlikte kepekli ürünler çoğalmış ve vücuda alınan kepek oranı yükselmesiyle fitik asit oranı da yükselmiştir. Fakat fitik asit antinütrisyonel madde olarak sağlık açısından Fe^{+2}, Ca^{+2}, Zn^{+2} gibi

2^{+}yüklü metal iyonlarını çözünmez fitat kompleks yapılarını oluşturarak biyoyararlanımlarını, protein fonksiyonlarını ve çözünürlüğünü düşürmektedir. Oluşan kompleks bileşikler proteinlerin yanında minerallerinde sindirimini zorlaştırmaktadırlar (Foschia vd., 2013).

2.6.3 Tahıllardaki Fitik Asit İçeriği ve Tanedeki Dağılımı

Buğdayın gelişimi esnasında protein, nişasta ve yağ içeriklerinin yanında fitik asit içeriği de buğday olum evrelerinde artmaktadır (Zhou ve Erdman, 1995). Tahıllarda ve baklagillerde genel ağırlığın %1 ile %6 aralığında değiştiği bilinmektedir (Febles vd., 2002). Tahıllarda mineral madde nitelikleri genellikle %2,5-1,5 aralığında belirtilirken, içerik bakımından mineral madde oranı en yüksek mineral fosfor olduğu bilinmektedir (Bock, 2000). Tanedeki toplam mineral madde oranındaki fosforun %85 ile %65 oranında fitik asit oluşturduğu bilinmektedir. Belirli tahıl örneklerinin fitik asit içeriği Tablo 2.3'de verilmiştir (Kumar vd., 2010).

Tablo 2.3 Tahılların fitik asit miktarı (Lasztity ve Lasztity 1990)

Tahıl	Fitik Asit Miktarı (%)
Buğday (Tam Tane)	0,60-1,35
Arpa	0,97-1,13
Yulaf	0,77-1,01
Mısır	0,53-0,89
Çavdar	0,97-1,34
Pirinç (parlatılmamış)	0,28-0,85

2.6.4 Fitaz Aktivitesi

Fosfomonoesteraz olarak bilinen fitaz aktivitesi mikroorganizmalar, hayvanlar ve bitkilerde çok fazla bulunan substrat olarak fitattan yararlanmaktadır. Çok geniş çaplı dağılımı olan bütün hücre çeşitlerinde yer alan ve doğada da yaygın bir şekilde bulunan fitazlar ve fitatlar mevcuttur. Hayvan hücrelerinde yer alan fitazlara oranla mikroorganizmalarda ve bitkilerde bulunan fitazlar çok yüksek derecede fitik asit parçalama özelliği göstermektedir. Bu özellikten dolayı gıda sanayisinde ve yem sanayisinde mikrobiyal ve bitkisel fitazlar fitik asiti indirgemek için tercih edilirler (Phillippy, 2002). Fitik asiti insan vücudu fitaz enzimi içermediğinden dolayı fitik asit

miktarı yüksek gıdaları sindirememekte ve fitik asitin parçalaması için dışardan müdahaleler olmaktadır. Fitazaktivitesi sıcaklık ve pH gibi niteliklere bağlı olarak değişmektedir. Bitkisel fitazların 4-6 pH aralığında aktivite gösterirken mikrobiyal fitazlar 2-6 pH değer aralığında aktivite gösterdiği belirtilmiştir. pH yanında sıcaklık faktörünün fitaz aktivitesinde ürün ve kaynağa göre değiştiği bildirilmiştir. Özellikle tahıllarda sıcaklık aralığının 45-60 ºC değiştiği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Fretzdorff ve Brümmer, 1992; Nor Qhairul Izzreen vd., 2017).

Yapılan çalışmalarda fitik asit arpa, mısır, pirinç, buğday ve tritikale gibi ürünlerdekarakterizyonuyapılmıştır (Reddy vd., 1982). Yumuşak buğdaylar ve sert buğdaylar üzerine yapılan çalışmalarda sert buğdaylarda fitaz aktivitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Pomeranz, 1988). Buğday türleri arasında ve türler arasında çeşitlerde de fitaz aktivitesi ve fitik asit çok değişken değilken özellikle tritikale çeşitlerinde daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Singh ve Sedeh, 1979; Ünsal Canay, 2018).

2.6.5 Fitik Asitin Mineral Biyoyararlanımına Etkisi

Antinutrient bir birleşik olan fitik asit proteinler ve mineral ile maddelerle karmaşık bir yapı oluşturarak sindirilebilirlik, çözünürlük, fonksiyon ve absorbsiyonlarını farklılaştırarak, mineral ve protein biyoyararlanımlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Genellikle mineraller ve fitik asit arasında oluşan karmaşık yapısı yüksek pH'da çözünemediği tespit edilmiş ve mineral biyoyararlanımın düşürmesine sebep olmaktadır (Bilgiçli vd., 2006). Mineral biyoyarlanımı artırmak için gıdalardaki fitik asit yapısı degrade edilmelidir (Gupta vd., 2015).

Yapılan bir çalışmada kepekteki fitik asiti degrasyonunu sağlamak için dışarıdan fitaz enzimi uygulanmıştır. Kepeklerin fitatların hidroliziile demir, mangan ve çinko değerlerinin yanında magnezyum, kalsiyum ve potasyum içeriklerinin sindirilebililiği daha yüksek oranla arttığı tespit edilmiştir (Ekholm vd., 2003).

Farklı çalışmalarda kepek ve tahıllardaki fitik asiti degrasyona uğratmak için ıslatma, çimlendirme, fermantasyon, kabuk soyma ve öğütme işlemlerinin yanında fitaz enzimi kullanılmıştır. Fitaz enziminin kullanımında enzimatik aktivitelerin de yardımı ile tane

ve kepekte fitik asit içeriğinin azaltan en etkili yöntem olduğu tespit edilmiştir. Fitik asit içeriğine paralel olarak mineral biyoyararlanımın da arttığı gözlenmiştir (Coulibaly vd., 2011; Gupta vd., 2015; Nissar vd., 2017).

2.6.6 Fitik Asit Miktarını Azaltmada Kullanılan Üretim Metodları

Lifli gıdaların talebinden dolayı tam buğdaylı ve kepekli ürünlerin önemi artmış ve bununla birlikte fitik asitinde önemi artmıştır. Fitik asitin insan vücudunda olumsuz etkilerinden dolayı fitik asitin gıdalarda yok edilmesi veya parçalanarak azaltılması gibi çalışmalara yoğunluk artmıştır. Tahıl ve bakliyatlardaki fitik asitin azaltılması iki bölüme ayrılmıştır. İlk olarak fitik asit miktarı az fitaz enzimi yüksek miktarda içeren ürünlerin ıslah edilerek çoğaltılması, ikincisi ise gıdaların hammadelerindeki fitik asit oranını farklı kimyasal veya fiziksel prosesler uygulayarak hammadeden fitik asiti uzaklaştırma veya çözme işlemlerine dayanmaktadır. Genetik özelliklerine bakıldığında yapılan çalışmalarda ilk yöntem yani ıslah çalışmalarında şimdiye kadar çok verimli sonuçlar alınmamıştır (Bilgiçli, 2002; Ertaş vd., 2008).

2.6.6.1 Termal işlemler (ısıl işlem) uygulamaları

Termal işlemlerin gıda ensdüstrisinde genellikle gıdaların raf ömrünü uzatmak amacı ile kullanılır. Kullanılan ısıl işlemler gıdaların mikrobiyal yükün ve istenmeyen enzim aktivitelerini azaltır. Gıda güvenliğininin yanında termal işlemler ürünün tekstürünü, rengini, görünümünü ve lezzeti gibi karakteristik özelliklerini de etkilemektedir (El-Hady ve Habiba, 2003; Arif vd., 2012). Termal işlem olarak kaynatma, otoklavlama, fırınlama ve mikrodalga gibi prosesler normal yaşantımızda ve gıda endüstrisinde de ürünler üzerinde uygulanmaktadır. Isıl prosesler ürünlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişiklik yaptığı yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Tahıllarda ısıl işlemleri en çok tercih etmemizin sebebi olan fitik asit oranın düşürülmesidir. Fitik asitin üründen uzaklaştırılması için ısıl proseslere başvurulmaktadır. Fitik asitin parçalanması kimyasal bir işlem olup pH ve ısı gibi parametrelerin uygulanmasıyla gerçekleşmektedir. Tahıllarda pişirme, otoklavlama ve mikrodalga işlemleri hem buğdayı hemde son ürün olan ekmeğin fitik asitin parçalandığı ve bununla birlikte mineral madde oranının arttığını ve sindirilebilirliğinin artırdığına dair yapılan

çalışmalarda tespit edilmiştir (Vellingiri ve Hans, 2010; Mustafa ve Adem, 2014). Özelikle yapılan birkaç çalışmada demir mineralinin emiliminin ısıl işlemler uygulanan ürünlerde yükseldiği tespit edilmiştir (Wang vd., 2010). Buğday gibi tahıllara uygulanan ısıl işlemlerde pozitif sonuçlar alınmasının yanında baklagillerde de uygulanan pişirme işlemi de fitik asit oranında azalma olduğu ve mineral biyoyaralanımının arttığı tespit edilmiştir (Khatoon ve Prakash, 2004).

2.6.6.2 Fermantasyon

Fermantasyon, metabolik bir işlem olarak karbonhidratları oksitleyerek elektron alıcılarının eksikliği ile serbest enerji bırakım işlemine denilmektedir. Gıdaların besinsel niteliklerini artıran, sağlık açısından yararlı bileşenlerin ortaya çıkarılan bir prosestir. Fermantasyonun tüketim yelpazesi oldukça geniş olup fonksiyonel gıdaların içerisinde de fermente gıdalar yer almaktadır (Haard vd., 1989; Nout, 2001; İcil, 2019). Fermantasyon gıdalardaki bileşenleri bakteriler sayesinde sindirilebilir konuma getirdiği için sindirilebilirliğini artırmaktadır. Özellikle tahıllarda ve baklagillerde yüksek oranda lif bulunmakta ve insan vücudu bu lifleri sindirememektedir. Fermente edilmiş tahılların liflerinin sindiriminin daha kolay olduğu tespit edilmiştir. Fermantasyon tahıllarda antinutrient denilen insan vucüdunun sindiremediği bileşenleri invitro ortamda parçalayarak gıdaların mineral sindirilebilirliğini ve protein biyoyarlanımını artırdığı yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Özellikle tahıllarda bulunan fitik asit bileşenini invitro ortamda parçalanmasında en iyi pH ortamı sağlanmaktadır. Bu işlem bakteriler tarafından yapılmakta ve gıda bir nevi ön sindirimden geçerek insan vücuduna girdiğinden dolayı biyoyararlanımı artmaktadır (El-Hag vd., 2002; Badau vd., 2005; Gupta vd., 2015).

2.6.6.3 Fitaz enzimi uygulaması

Fitaz enzimi uygulamaları buğday ve ürünleri gibi ürünlerde uygulanarak fitik asit içeriğinin azaltılmıştır. Gıda sektöründe fitaz enzimi uygulanmış ürünlerin kullanımı az da olsa son yıllarda besinsel değeri yüksek gıdalara taleple birlikte fitik asit miktarı düşük gıdalar tercih edilmektedir. İnsan vücudunda fitaz bulunmadığından fitat bağlı fosfor (P) mevcut değildir. Fitik asitin bağladığı mineral maddelerin (Ca^{2+}, Mg^{2+},

Zn^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+} ve K^{+}) fitat enzimi serbest bırakarak biyoyararlanımını artırmaktadır (Riche ve Garling Jr, 2004; Cao vd., 2007; Kumar vd., 2012; Maas vd., 2020). Mineral maddeleri bağlamasının yanında aminoasitleri ve proteinleri de fitik asit bağlamakta ve sindirilebirliğini azaltmaktadır (Ravindran, 2005). Sindirilebilirliği artırmak için de fitaz enzimi eklenmektedir. Fitaz enzimi fitik asitimi-inositol heksafosfat mio-inositol mono, di, tetra ve pentafosfata ve organik fosfata hidrolize etmektedir (Baruah vd., 2007). Yapılan bazı çalışmalarda buğday kepeği, mısır, arpa ve portakal kabuğu gibi gıdalarda uygulanarak bunları ek katkılı ürünler üretilmiştir. Çıkan son ürünlerin çoğu çalışmalarda yem endüstrisinde fitik asit oranı düşürülmüş, sindirilebilirliği yüksek ürünler oluşturulmuştur (Chung, 2001). Yapılan farklı bir çalışmada soya fasulyesine büyüme esnasında fitaz enzimi (500 FTE/ kg) uygulanmış ve uygulanmayan arasında bir karşılaştırma yapıldığında sindirilebilirliğinin önemli derecede arttığı ve bunun yanında ürünün tüm mineral maddeleri kendi bünyesine de tam olarak aldığından dolayı daha iyi büyüdüğünü bildirmişlerdir (Baruah vd., 2004; Debnath vd., 2005; Rachmawati ve Hutabarat 2010; Suprayudi vd., 2012;Shapawi vd., 2013; Bulbul vd.,2015; Danwitz vd., 2016).

2.6.6.4 Islatma

Islatma prosesi, tahıl ve baklagillerden fitik asitin uzaklaştırılmasında kullanılabilen kolay ve etkili işlemlerdendir. Fermantasyon ve çimlendirme proseslerinde yararlanılmaktadır. Islatma prosesinin tahıl ve ürünlerin yapısında kimyasal ve fiziksel olumlu etkileri bulunmaktadır (Gupta vd., 2015). Islatma ile birlikte gıdalardaki fitik asit içeriğinin fitaz enzimi aktivasyonu ile düştüğü bildirilmiştir. Islatmada gıdalarda bulunan bağlı fenolik madde ve antioksidanları çözerek ürünlerdeki bioaktif ve besinsel değerini artırmaktadır. Suda çözünebilen minerallerin ve proteinlerin su uzaklaştırılırsa kayba uğraması işlemin dezavantajlarındandır (Ertaş ve Türker, 2012). Fermantasyon ve çimlendirme gibi su girişi bulunan proseslerde fitik asitin azalması da ürünlerin ıslatılmasıyla ilişkilendirilebilir (Kataria vd., 1989). Çünkü birçok enzimatik aktivite ve fitaz enzimi aktivasyonu için ortamda bir miktar su aktivitesi (aw) bulunması gerekmektedir. Islatmada, ıslatma suyunun ısısı, ıslatma süresi gibi faktörlerde fitik asitin parçalanmasında ve bağlı fenoliklerin ortaya çıkmasında etkili bir parametredir. Yapılan çalışmalarda fitik asit oranını düşürmek için ıslatma prosesi

uygulanmıştır. Nohut örneklerinde ıslatma süresini 2 saaten 12 saate çıkarılması fitik asit oranını %55,71'den %47,4'e azalttığı ve tahıl örneklerinde ise ıslatma ile fitik asit içeriğinin düştüğü görülmüştür (Ertaş ve Türker, 2012).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Hammadde olarak kullanılacak 6 farklı tahıl kepek/kavuzu Kastamonu Devrekani ve Tosya ilçelerindeki yerel işletmelerden 2019 Yaz hasat döneminde temin edilmiştir. Kepek/kavuz numuneleri, laboratuvar koşullarında tekrar öğütülerek, elek sisteminden geçirilmiş (200-425 μm arası) (Zhao vd., 2017) ve homojen boyuta gelmeleri sağlanmıştır.

3.2 Metot

Tez kapsamında uygulanan proses planı Tablo 3.1 'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Tez çalışmasında kepek/kavuz örneklerine uygulanacak işlemler ve parametreler

	Fermantasyon		Otoklavda ısıl işlem (121 °C)		Fırınlama ile ısıl işlem (3 saat)				Islatma	Fitaz enzim uygulaması (45 °C)
	Spontan	Starter	10 dk	15 dk	30 dk	45 °C	90 °C	135°C	Oda koşullarında 12 saat	1 saat
Ekmeklik buğday kepeği	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Siyez kepeği	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Siyez kavuzu	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gernik kepeği	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pirinç kepeği	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pirinç kavuzu	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.2.1 Tahıl Kepeklerine Uygulanacak Prosesler

3.2.1.1 Kuru ısıl işlem

Fırın tepsisine ince tabaka halinde yayılan kepekler öngörülen süre ve sıcaklıklarda etüvde kuru havada ısıl işleme tabi tutulmuşlardır.

3.2.1.2 Otoklavda ısıl işlem

Tahıl kepek örneklerinden ısıya dayanıklı kaplara 10 gram örnek tartılarak 30 ml su ilave edilerek otoklavda 121 °C'de 10dk, 15 dk ve 30 dk ısıl işleme tabi tutulmuşlardır.

3.2.1.3 Fermantasyon

Spontan fermantasyon tekniği kullanılan fermantasyon prosesi için 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek için 10 gram kepek, 30 gram su ile karıştırılarak 25-27 ^{o}C'de 24 saat fermantasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda pH ölçülerek pH 4,5 olduğunda 10 gram kepek ve 30 ml su ilave edilip 12 saat fermantasyona bırakılmıştır. 12 saat fermantasyonun ardından tekrar pH ölçülerek 10 gram kepek ve 30 ml su ilave edilerek 6 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda pH ölçülerek 4,5 değerine ulaştığında fermantasyon tamamlanmıştır.

L. brevis (obligat heterofermentatif), *L. plantarum* (fakültatif heterofermentatif), *L. delbrueckii* (obligat homofermentatif) bakterileri ekşi buğday hamurlarında yaygın olarak bulunan laktik asit bakterileridir. Starter kültürler, 18 saatlik genç kültürden alınarak %1 oranında MRS Broth'a aşılama yapılmış, 18 saatlik kültürden mikroorganizmalar santrifüj ile 3000 devir/dk'da 10 dak santrifügasyonla ayrılarak, steril fizyolojik su ile iki kez yıkandıktan sonra her bir kültür spektrofotometrede 650 nm dalga boyunda 1,010-1,050 aralığında ölçülerek optik yoğunlukları ayarlanmıştır. Tartılan kepek miktarına göre hücre süspansiyonlarının her birisi ile %0,33 (Toplam %1 olacak şekilde) oranında aşılama yapılmıştır. Hazırlanan preparatlar 25-27 ºC'de pH 4,5 oluncaya kadar fermente edilmiştir.

3.2.1.4 Islatma

Örneklerden 10 g alınarak 90 ml su ile ıslatılmış ve oda koşullarında 12 saat süreyle bekletilmiştir.

3.2.1.5 Fitaz enzim uygulaması

Fitaz enziminin en aktif olduğu sıcaklık 45 °C olduğu bilindiğinden dolayı, uygulama bu sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Kepekler 1:3 (w:w) oranında ıslatıldıktan sonra %1 oranında enzim ilave edilerek, çalkalamalı karıştırıcıda 1 saat kadar muamele edilmiştir.

3.2.2 Tahıl Kepekleri ve Ekmek Numunelerinde UygulananAnalizler

3.2.2.1 Fitik asit tayini

Örnek 0,2 N HCl ile ekstrakte edilir ve demir içeriği bilinen asidik demir-III solüsyonu ile ısıtılır. Demir içeriğindeki düşüş, supernatandaki serbest fitik asitin ölçümüdür. Kullanılmış çözeltiler aşağıda verilmiştir (Haug ve Lantzsch, 1983; Ahmad vd., 2013).

Fitik Asit Referans Solüsyonu; Fitik asitin sodyum tuzu ($C_6H_6O_{24}P_6Na_{12}$) referans olarak kullanılır. Stok çözelti 0,15 g sodyum fitatın 10 ml saf suda çözündürülmesi ile hazırlanmıştır. Referans solüsyon, stok solüsyonun HCl ile seyreltilmesiyle hazırlanmıştır (3 ila 30 mikrogram arasındaki bir aralıkta).

Ferrik Çözeltisi (Demir-III çözeltisi); Amonyum demir-III sülfat. $12H_2O$ Ferrik solüsyonu, 0,2 g Amonyum Demir-III sülfat.$12H_2O$, 100ml 2N HCl içerisinde çözülür ve hacim saf ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

2,2-Bipiridin Çözeltisi; 10 g 2,2-bipiridin ve 10 ml tiyoglikolik asit saf suda çözülür ve hacim saf ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

Protokol; Örnek (10g) bir laboratuar değirmeni ile öğütülmüş; 0,06 g örnek tartılmış ve kuru ve temiz vidalı kapaklı bir test tüpüne (15 ml) alınmıştır. Örnek 10 ml 0,1 N HCl ile 1 saat çalkalayıcıda çalkalanarak ekstrakte edilmiştir. Bu ekstrakttan paralel olarak 2 adet kuru ve temiz vida kapaklı test tüpüne 0,5 ml alınmıştır. 1 ml ferrik solüsyonu (konsantrasyon =23 µg/ml veya 23 ppm çözelti) test tüpüne ilave edilmiş ve vidalı kapak kapatılmıştır. Bu tüp 105 °C'de kaynar su banyosunda 30 dakika tutulmuş ve daha sonra oda sıcaklığında soğutulmuştur. Reaksiyon karışımı 2 ml 2,2-

bipiridin çözeltisinin (konsantrasyon = 1% 2,2 bipridin çözeltisi) ilavesi ve çalkalanmasıyla sağlanmıştır. Reaksiyon karışımı küvetlere aktarılmış ve spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda optik yoğunluğu okuma yapılmıştır. Absorbans 4 dk içinde okunmuştur.

3.2.2.2 Kül tayini

AACC Metod No: 08-01.01'e göre belirlenmiştir (AACC, 2000). Yaklaşık 1 g numune sabit tartıma getirilmiş porselen krozelere tartılarak kül fırınında 550 °C'de beyaz kül oluşuncaya kadar yakılmıştır. Oda sıcaklığına kadar desikatörde soğutulacak ve dara hariç tutularak, başlangıçtaki numune miktarına göre % kül oranı hesaplanmıştır.

3.2.2.3 Rutubet tayini

Örnekler farklı proseslere tabi tutulacaklarından dolayı ve örneklerin fitik asit içeriklerindeki değişimin karşılaştırılabilir olması nedeniyle kuru bazda hesaplama yapılması gereklidir. Bu nedenle her örnekte proses sonrasında önce rutubet tayini yapılması gerekmektedir. 5 g örnek tartılarak önceden 130°C'de kurutularak darası alınmıs kaplara konulacak, kurutma dolabında 105°C'de 12 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak nem miktarı hesaplanmıştır. Rutubet kaybı, numunenin başlangıç ağırlığının yüzdesi olarak ağırlık kaybıyla hesaplanmıştır (Elgün, vd., 2001; Poinot vd., 2005).

3.2.2.4 Yağ tayini

Örneklerin yağ içeriği otomatik Soxhlet cihazı kullanılarak petrol eteri yardımıyla yapılacak ekstraksiyonla belirlenmiştir (AACC, 2000).

3.2.2.5 Protein tayini

Kjeldahl yöntemine (AACC, 2000) göre yarı otomatik protein tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır. Yaklaşık 1 g numune tartılarak protein yakma cihazında yakma yapılarak, daha sonra sırasıyla destilasyon, borik asit ile damıtma ve HCl ile titrasyon yapılarak

sonuçların ifadesi için un çeşitlerine özgün çevirme faktörleri ile çarpılarak hesaplanmıştır.

3.2.2.6 Biyoyararlanım

Örnek üzerine 25 mL pepsin çözeltisi (0,03 N HCl + 2 g pepsin) ilave edilip karıştırılmıştır. Bu karışım çalkalamalı inkübatörde 37°C'de 3 saat tutulmuş, sürenin sonunda her bir örnek standart külsüz filtre kâğıdından süzülmüştür. Filtre kâğıdında kalan kısım filtre kâğıdı ile birlikte kül fırınında yakılarak kül miktarı belirlenmiştir. Bulunan değer toplam kül miktarından çıkarılarak sindirilebilir kül miktarı bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak aşağıdaki formüle göre mineral biyoyararlanım diğer bir ifadeyle Kül Sindirilebilirlik Oranı (KSO) hesaplanmıştır (Saharan vd., 2001; Bilgiçli ve Türker, 2004).

$$\textit{KSO (\%)} = \frac{\textit{Sindirilebilir Kül Miktarı}}{\textit{Toplam Kül Miktarı}} \times 100 \qquad (3.1)$$

3.2.2.7 Toplam fenolik madde tayini

Hazırlanan ekstraklarda bulunan fenolik bileşik miktarı, Folin-Ciocalteu reaktifi ile total olarak Singleton vd. (1999)'nin yöntemine göre belirlenmiş ve standart fenolik bileşik olarak gallik asit kullanılmıştır. Numuneler 760 nm'deki absorbansında okutularak gallik asit cinsinden heaplanmıştır (Köksal ve Gülçin,2008).

3.2.2.8 Antioksidant aktivite

Antioksidan aktivite, serbest radikallerin süpürülmesine dayanan DPPH metodu kullanılarak, elde edilen ekstrakt ile yapılmıştır (Değirmencioğlu vd, 2016).Stok çözeltisi, 24 mg DPPH (2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl) 100 mL metanol ile karıştırılarak hazırlanmış -20 °C'de analize kadar saklanmıştır. Ekstrakt içerisindeki serbest fenolik bileşiklerin DPPH radikali üzerindeki süpürücü etkisini tespit etmek amacıyla, 150 µL numune/standart, 2850 µL DPPH stok çözeltisi ile 15 s vortekste karıştırılıp ve 60 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. 5 dk, 8000 rpm'de

santrüfüjlendikten sonra UV-VIS spektrofotometrede 517 nm'de absorbansları okunup ve % inhibisyon değerleri aşağıdaki formül ile tespit edilmiştir;

İnhibisyon değeri %= [1- (AS/A0)] x 100 (3.2)

AS : Örnek ekstraktına ait absorbans değeri
A0 : Şahit DPPH çözeltisinin absorbans değeri

3.2.3 Renk (*L*,a*,b**)

Kepekler, kavuzlar ve ekmekler cam petri kutularına alınarak renk ölçümü yapılmıştır. Renk yoğunluğu numunelerde kolorimetrik cihazla belirlenmiştir. Bu cihaz üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup, Y eksenindeki *L** (lightness); 0=siyahtan, 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk (parlaklık), X eksenindeki *a**; yeşil (-*a*), kırmızı (+*a*), Z eksenindeki *b**; sarı(+*b*), mavi (-*b*) renk boyutunu göstermektedir. Ölçümler 5 noktadan yapılarak değerlerin ortalaması alınmış ve renk parametreleri belirlenmiştir (Atasoy, 2018; Kaplan, 2018).

3.2.4 Ekmek Örneklerinin Hazırlanması

Ekmek yapımında Majzoobi vd., (2019)'nin uyguladığı direkt hamur yapım metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Farinograf analizi ile tespit edilen su (un miktarı üzerinden, %), daha sonra tuz (kuru madde üzerinden %1,5), maya ve un eklenerek ön karıştırma yapılmıştır. Ekmek yapımında karıştırma, yoğurma, 40 dk ana fermantasyon (%82 bağıl nem ve 32°C sıcaklıkta), ara yoğurma, bölme, şekil verme, 25 dk son fermantasyon ve 185 °C'de pişirme aşamaları uygulanmıştır. Türk Gıda Kodeksine uygun bir şekilde %30 oranında kepek örnekleri eklenmiştir.

3.2.5 Ekmek Örneklerinde Hacim, Kabul edilebilirlik ve Gözenek Analizi

Numunelerin hacim ve spesifik hacim'leri için pişirme sonrası 1 saat oda koşullarında soğutulan numunelerde, kolza tohumuyla yer değiştirme esasına dayalı yöntem kullanılarak hacim belirlenmiştir. Ayrıca numunelerin spesifik hacimleri aşağıdaki formülle tespit edilmiştir (Hayta ve Hendek Ertop, 2019).

Spesifik hacim (mL/g)= Numune hacmi / Numune ağırlığı (3.3)

Duyusal analizin başında, panelistlerin ekmek örnekleri hakkındaki beğenme / beğenmeme durumlarını belirlemek için bir değerlendirme formu oluşturulmuştur (Özkaya ve Özkaya, 1998). Bu formda, hazırlanan ekmek örneklerine rastgele farklı kodlar atanmıştır. Panelistler, ekmekleri kabuk ve iç rengi, şekil simetrisi, aroma, tat vb. özelliklerine göre değerlendirmiş ve genel kabul edilebilirlik için puan vermişlerdir. Genel olarak kabul edilebilirlik için, dokuz puanlı hedonik skalalı duyusal analiz formu, 1'den (aşırı derecede beğenmedim) 9'a kadar (çok beğendim) kullanılmıştır. Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesinden sigara içmeyen, ekmek tüketimini seven öğretim üyeleri ve lisansüstü öğrencilerindenseçilen panelistler, ekmekleri beğeni durumlarına göre aşağıdaki skalaya göre puanlamışlardır; 1-son derece beğenmedim, 2-hiç beğenmedim, 3-kısmen beğenmedim, 4- biraz beğenmedim, 5- ne beğendim ne beğenmedim, 6- biraz beğendim, 7- kısmen beğendim, 8- oldukça beğendim, 9- çok beğendim (Lawless ve Heymann, 2010). Sonuçlar ortalama puan olarak hesaplanmıştır. Ekmek ürünlerinin "kabul edilebilirlik ortalama puanları" 5'in üzerindeyse "kabul edilebilir" olarak bulunmuştur (Torbica vd., 2010). Ekmek örneklerinin iç gözenek analizleri ise görüntü işleme tekniğine dayanan yöntemle Hendek Ertop ve Coşkun, (2018)'a göre yapılmıştır. Görüntülerin işlenmesinde İmage ProPlus 6.0 yazılımı kullanılmıştır.

3.2.6 İstatistiksel analiz

Deneylerde elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi SPSS 17.0.1 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde veriler çoklu varyans analizine tabi tutularak (ANOVA) örneklerin veri ortalamaları arasındaki fark $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kepeklerin ve Kavuzların Fizikokimyasal ve Besinsel Nitelikleri

Kepek ve kavuzların bazı fizikokimyasal nitelikleri Tablo 4.1 'de verilmiştir. En yüksek rutubet değeri gernik (%9,87) ve ekmeklik (%9,81) kepek numunelerinde bulunurken, diğer numunelere göre istatistiki (p<0,05) olarak önemli fark olduğu tespit edilmiştir. Toplam kül, en yüksek pirinç kavuzunda (%18,70) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda da %17,06-18,71 aralığında olduğu belirtilmektedir (Saha vd., 2005; Bader Ben, 2017).

Tablo 4.1 Ham maddelerin rutubet, kül, yağ ve protein miktarları

	Rutubet	Kül	Yağ	Protein
E.Buğday kepek	9,81±0,20^{a}	4,39±0,08^{e}	4,89±0,03^{c}	15,31±0,01^{a}
Pirinç kepek	8,49±0,26^{bc}	8,35±0,01^{c}	17,22±0,02^{a}	12,89±0,41^{c}
Pirinç kavuz	7,32±0,41^{cd}	18,70±0,01^{a}	13,54±0,01^{b}	2,22±0,13^{e}
Gernik kepek	9,87±0,25^{a}	2,83±0,02^{f}	4,74±0,02^{c}	14,71±0,27^{ab}
Siyez kepek	8,85±0,20^{ab}	4,72±0,02^{d}	2,96±0,01^{d}	13,72±0,56^{bc}
Siyez kavuz	6,67±0,42^{d}	14,29±0,01^{b}	2,02±0,001^{d}	6,62±0,01^{d}

* Aynı sütundaki örnekler arasında harflendirme verileri istatistiksel olarak önemli fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Toplam yağ değerinin en yüksek pirinç kepeğinde (%17,22) olduğu tespit edilmiştir. Pirinç kepeği ve kavuzunun%15-18 yağ bileşenine sahipkenyağ asidi profilinin baskın olarak oleik (%40-50), linoleik (%30-35) ve palmitik asit (%12-18) oluştuğu bildirilmiştir (Malekian vd., 2000; Abdul-Hamid vd., 2007). Protein içeriğinin ise ekmeklik buğday kepeğinde (%15,31) diğerlerinden önemli düzeyde (p<0,05) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu özelliklerin farklılık göstermesi kepek ve kavuz kaynaklarının farklı tahıllar olmasıdan ve elde edilme işlemlerinden kaynakladığı düşünülmektedir. Siyez buğdayı endosperm ve kepek olarak birleşik olması sebebiyle değirmende öğütülürken kabuk kısmı tam anlamıyla ayrılmamaktadır. Kavuzu öğütülmeden elde edilmekte ve kavuzu uzaklaştırılmış siyez buğdayı tam buğday formunda öğütülüp daha sonra elek ile kepek fraksiyonu ayrılmaktadır. Bu işlem çok

verimli olmamakla birlikte kepeğin içerisine endosperm karışmaktadır. Bu özellik tamamen siyez buğdayı için geçerlidir (Örü ve Hendek Ertop, 2021).

Yapılan çalışmalarda ince ve kalın kepeklerin kül içerikleri %2,60-5,00 aralığında bulunurkenticari değirmenlerde elde edilen kepek kül içeriklerinin ise %4,01-5,89 aralığında olduğu belirtilmiştir (Rose vd., 2010). Farklı çalışmalarda redüksiyon kısımlarından elde edilen kepeklerin yağ içeriklerinin %4,26 olduğu ve kırma kısımlarından alınan kepeklerde ise %3,01 olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın redüksiyon kepeklerinin içerisine yağ oranı yüksek rüşeym fraksiyonun karışması olduğu belirtilmiştir. Farklı buğday kepeği numunelerinde yapılan bir çalışmada ise protein değerleri % 13,29-16,51 aralığında belirlenmiştir (Akbaş, 2010; Ryan, 2011; Örü ve Hendek Ertop, 2021).

4.2 Kepeklerin ve Kavuzların Renk Özellikleri

Tablo 4.2' de kepek ve kavuzların renk değerleri yer almaktadır. Kepek ve kavuzlar arasında parlaklık (L^*), kırmızılık (a^*), sarılık (b^*) ve renk değişimlerindeki farklılıklar ΔE^* değeriyle belirtilmiştir.

Tablo 4.2 Ham maddelerin *L*, *a* ve *b* değerleri

	L	*a*	*b*	*ΔE*
E.Buğday kepek	66,25±2,64^{c}	9,86±0,47^{b}	20,35±0,89^{c}	7,05±0,60^{c}
Pirinç kepek	54,88±4,15^{d}	12,34±0,69^{a}	19,23±0,93^{cd}	12,70±2,98^{a}
Pirinç kavuz	70,08±0,74^{bc}	8,58±0,30^{c}	24,80±0,42^{a}	9,09±0,73^{bc}
Gernik kepek	73,36±1,15^{ab}	8,82±0,43^{c}	18,14±0,75^{d}	10,99±0,99^{ab}
Siyez kepek	78,10±5,26^{a}	5,09±0,51^{e}	15,43±15,43^{e}	9,88±1,09^{b}
Siyez kavuz	71,74±0,66^{b}	6,72±0,24^{d}	22,96±22,96^{b}	8,98±0,43^{bc}

* Aynı sütundaki örnekler arasında harflendirme verileri istatistiksel olarak önemli fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Parlaklık (L^*) olarak siyez kepeğinin (78,10) en yüksek olduğu ve en düşük değerinde pirinç kepeği (54,88) numunesinde olduğu tespit edilmiştir. Siyez kepeğinin parlaklığının diğer kepeklerden ve kavuzlardan yüksek çıkmasının sebebi kepek ve endospermin birleşik olması sonucu öğütme esnasında kepekle birlikte endosperminde bulunmasıdır (Keçeli, 2019; Örü ve Hendek Ertop, 2021). Kırmızılık (a^*) pirinç kepeğinin (12,34) en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir. Kırmızılık değeri pirincin renk pigmentinin daha da kırmızıya yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Bu

çalışmada Tosya pirinci (Sarı kılçık) kepeği ve kavuzu kullanıldığı için kırmızılık değeri yüksek beklenmekteydi ve sonuç olarak kırmızılık değeri diğer numunelere göre daha yüksek bulunmuştur. Sarı kılçık pirincinin kepeği görsel olarak da kavuzundan daha kırmızımsı bir renge sahiptir. Sarılık (b^*) değerinin pirinç kavuzunda b^* 24,80 olduğu tespit edilmiştir. Pirincin kavuz kısmının ise kepeğine oranla daha sarı olduğu tespit edilmiştir. Tosya pirinci (Sarı kılçık) kavuzu sarı olmasına rağmen kepeğinin kırmızılık değeri daha yüksekken pirincinde de kırmızımsı çizgilerin bulunduğu bilinmektedir (Akay vd., 2018).

4.3 İşlem Görmüş Kepeklerin ve Kavuzların Defitinizasyon Nitelikleri

Tablo 4.3'de uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki fitik asit içeriği üzerine etkisinin sonuçları verilmiştir. İşlem görmüş ve görmemiş kepek ve kavuzların fitik asit değerleri gösterilmiştir. İşlem görmemiş ham haldeki kepeklerin ve kavuzların fitik asit değerlerinin çok yüksek olduğu tabloda gözükmektedir. Numunelere uygulanan bütün defitinizasyon amacı ile uygulanan yöntemlerinin fitik asit miktarını azalttığı veistatiksel olarak önemli olduğu (p<0,05) tespit edilmiştir. Fitaz enzimi uygulanmış numunelerde işlem görmemiş numunelere göre en iyi sonuçların pirinç kepeğinde (%182,97) ve siyez kavuzunda (%139,85) olduğu tespit edilmiştir. Fitaz enzimi ilavesiyle kepeklerde ve kavuzlarda bulunan fitik asiti parçaladığını ve fitik asit değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. İnsan vücudunda bulunmayan fitaz enzimi dışarıdan eklenerek istenilen sonucu verdiği belirlenmiştir. Fitik asitin düşmesiyle sindirilebilir mineral madde miktarınıda artırdığı yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Fitaz enziminin uygulaması kadar kullanılan miktarda önemli olduğu bilinmektedir. Fitaz enziminin uygun miktarının anti-besin maddelerini (fitik asiti, nişasta içermeyen polisakkarit vb.) etkili bir şekilde parçaladığı ve gıdaların sindirilebilirliğini artırdığı belirlenmiştir (Cao vd., 2007; Shaw vd., 2011).

Tablo 4.3 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki fitik asit içeriğine etkisi

Uygulanan proses		Fitik asit (%)					
		E. Buğday kepek	Pirinç kepek	Pirinç kavuz	Gernik kepek	Siyez kepek	Siyez kavuz
İşlem görmemiş		1085,16±0,004 ^{g}	1055,77±0,003 ^{g}	1240,76±0,002 ^{h}	925,94±0,002 ^{e}	1165,15±0,001 ^{g}	1058,02±0,007 ^{f}
Fermantasyon	Spontan	62,47±0,007 ^{a}	231,34±0,009 ^{b}	220,22±0,008 ^{c}	76,44±0,009 ^{b}	10,58±0,004 ^{a}	310,44±0,032 ^{b}
	Starter	25,10±0,008 ^{a}	233,09±0,008 ^{b}	21,43±0,006 ^{a}	4,95±0,002 ^{a}	28,50±0,011 ^{a}	75,70±0,002 ^{a}
Otoklav ile ısıl işlem (121^{o}C)	10dk	332,21±0,004 ^{cd}	313,52±0,005 ^{cd}	525,68±0,002 ^{e}	326,34±0,004 ^{c}	328,53±0,008 ^{cd}	376,63±0,004 ^{b}
	15 dk	378,41±0,003 ^{d}	251,74±0,002 ^{bc}	383,68±0,004 ^{d}	255,973±0,011 ^{c}	323,22±0,003 ^{c}	319,99±0,016 ^{b}
	30 dk	304,35±0,004 ^{c}	202,78±0,002 ^{ab}	331,04±0,015 ^{d}	259,85±0,002 ^{c}	316,59±0,013 ^{c}	319,31±0,007 ^{b}
Fırınlama ile ısıl işlem (3 saat)	45 ^{o}C	761,40±0,003 ^{f}	926,72±0,012 ^{f}	1038,76±0,007 ^{g}	863,21±0,005 ^{e}	701,06±0,002 ^{f}	972,55±0,004 ^{e}
	90 ^{o}C	677,16±0,008 ^{e}	909,96±0,006 ^{f}	809,60±0,003 ^{f}	713,00±0,011 ^{d}	669,34±0,005 ^{ef}	806,74±0,003 ^{d}
	135 ^{o}C	751,49±0,003 ^{f}	720,58±0,003 ^{e}	813,00±0,004 ^{f}	693,19±0,009 ^{d}	627,61±0,003 ^{e}	476,83±0,006 ^{c}
Islatma		377,73±0,004 ^{d}	320,51±0,006 ^{d}	346,28±0,005 ^{d}	272,59±0,002 ^{c}	371,02±0,006 ^{d}	465,34±0,002 ^{c}
Fitaz enzimi		137,89±0,001 ^{b}	182,97±0,006 ^{a}	94,16±0,004 ^{b}	119,66±0,002 ^{b}	148,65±0,007 ^{b}	139,85±0,009 ^{a}

* Aynı sütundakifarklı harflerörnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Fitik asit miktarını kepeklerde ve kavuzlarda en iyi düşüren bir diğer defitinizasyon yöntemi ise fermantasyon işlemi olduğu Tablo 4.3' de gösterilmiştir. Uygulanan prosesler arasında en iyi fermantasyon işlemi ve fitik asiti en az düşüren prosesin otoklav ile ısıl işlem (121^{o}C, 40 dk) olduğu görülmüştür. Fermantasyon yöntemi iki faklı yöntem ile starter ve spontan fermantasyon olarak gerçekleştirilmiştir. Her iki yönteminde diğer proseslere göre daha iyi fitik asit miktarını düşürdüğü ve istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğu tespit edilmiştir. Fermantasyon işlemi görmüş numunelerin (PKA; %21,43, GK;%4,95, EK; %25,10, SK; %28,50, SKA; %75,70) işlem görmemiş ham kepeklerin ve kavuzların (PKA; %1240,76, GK; %925,94, EK; %1085,16, SK; %1165,15, SKA; %1058,02) fitik asiti parçalayarak değerlerini kat kat düşürdüğü tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda kepeğe ön fermantasyon işleme tabi tutup LAB fitik asit oranını %90'a kadar parçaladığını belirtmiştir. Fitik asit parçalandıkça gıdaların mineral sindirilebililiği özellikle P ve Mg iyonlarının çözünürlüğünde artış varolduğu bilinmektedir (Poutanen vd., 2009; Atasoy ve Hendek Ertop, 2021). Bu çalışmada starter fermantasyonda 3 farklı LAB (*L. brevis* (obligat heterofermentatif), *L. plantarum* (fakültatif heterofermentatif), *L. delbrueckii* (obligat homofermentatif)) kullanılmıştır. Yapılan farklı çalışmalarda *L. brevis ve L. plantarum* suşları kullanılarak fermantasyona tabi tutulan kepek numunelerininen yüksekfitaz aktivitesi 803,95 U/mL gösterirken, daha düşük aktivite 725,58 U/mL gösterdiği bildirilmişitir. Benzer şekilde suşlar ayrı ayrı kullanıldığında ise *L.plantarum* fitaz aktivitesi 797,88 U/mL olarak hesaplanırken *L. plantarum* 736,25 U/mL fitaz aktivitesi gösterdiği tespit edilmiştir. Suşlarınfitaz aktivitelerine bağlı olarak fitik asit içeriklerini de düşürdüğü tespit edilmiştir (Sumengen vd., 2013; Nuobariene vd., 2015; Yıldırım ve Arıcı, 2019). Bu tez çalışmasında starter fermantasyon işleminde üç LAB kullanıldığı için üç farklı fitik asit parçalayıcısı eklenmiş olmaktadır. Bazı numunelerde spontan ve starter fermantasyon uygulamalarının fitik asit miktarını düşürmede istatistiksel öneme sahip olmadığı görünürken, bazı numunelerde sadece starter fermantasyonun fitik asiti diğer proseslere göre daha iyi düşürdüğü ve istatistiksel öneme (p<0,05) sahip olduğu görülmüştür.

4.4 İşlem Görmüş Kepeklerin ve Kavuzların Biyoyararlanım Özellikleri

İşlem görmemiş ve görmüş kepek ve kavuzlarauygulanan proseslerin kül sindirilebilirlik oranı (%KSO) üzerine etkileri Tablo 4.4'de verilmiştir. Numunelerin işlem görmemiş hallerine kıyasla uygulanan proses sonucu mineral madde sindirilebirliklerinin arttığı belirlenmiştir. Özellikle bölüm 4.3'de anlatıldığı üzere kepek ve kavuzların defitinizasyon işlemleriyle birlikte fitik asit antinutrientinin parçalanması sonucu mineral biyoyararlanımda yükselme olduğu belirlenmiştir. Kepeklerde ve kavuzlarda sindirilebilir kül miktarı (PK; 7,87, PKA; 14,14, GK; 2,58, EK; 4,13, SK; 4,24 SKA; 11,808) ile mineral biyoyararlanım (PK; %94,98, PKA; %75,63, GK; %91,13 EK; %94,11, SK; %89,91, SKA; %85,43) ile paralel olarakarttığı tespit edilmiştir. Uygulanan işlemlerde starter ve spontan fermantasyon diğer işlemlere göre kepek ve kavuzlarda %KSO ve sindirilebilir kül miktarlarını artırdığı tespit edilmiştir. Örneklerin %KSO'ları açısından starter ve spontan fermantasyon uygulama sonuçları arasında istatistiksel fark olmadığı (p>0,05) görülmüştür. En düşük değerlerin de işlem görmemiş numunelerde olduğu tespit edilmiştir. Gıdalara uygulanan ısıl işlem, fermantasyon gibi proseslerin sindirilebilirliği artırdığı yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Sripriya vd., 1997; Toufeili vd., 1999; Elyas vd., 2001; Dhingra ve Jood, 2001; Atasoy ve Hendek Ertop, 2021). Bunun nedeni fermantasyon işlemi ile oluşan asitlik ve endojen enzim aktivitesinin etkisiyle doğal yoldan antinutrientlerin parçalanmasıdır (Lioger vd., 2007). Yapılan çalışmalarda farklı kepeklere uygulanan fermantasyon işlemiyle antinutrientlerin miktarının azaldığı ve buna bağlı olarak mineral biyoyararlanımın artırtığı tespit edilmiştir (Elhag vd., 2002; Örü ve Hendek Ertop, 2021).

Tablo 4.4 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzların kül sindirilebilirlik oranına (%KSO) etkisi

		%KSO					
Uygulanan proses		E. Buğday kepek	Pirinç kepek	Pirinç kavuz	Gernik kepek	Siyez kepek	Siyez kavuz
İşlem görmemiş		66,68 ±0,49 [c]	72,02±0,27 [e]	8,15 ±0,32 [d]	53,88±0,48 [f]	55,15 ±0,33 [d]	6,17 ±0,42 [d]
Fermantasyon	Spontan	94,33 ±0,50 [a]	94,84±0,92 [a]	76,02 ±0,45 [a]	91,28±1,03 [a]	92,28 ±1,02 [a]	82,58 ±3,41 [a]
	Starter	94,11±0,62 [a]	94,98±2,10 [a]	75,63 ±0,53 [a]	91,13±1,16 [a]	89,91 ±2,05 [a]	85,43 ±0,33 [a]
Otoklav ile ısıl işlem (121°C)	10dk	79,72±1,58 [b]	76,07±0,02 [de]	66,92 ±0,62 [bc]	70,37±1,76 [d]	64,98 ±0,36 [c]	62,45 ±4,18 [c]
	15 dk	89,86±1,24 [ab]	81,60±1,79 [c]	66,49 ±0,58 [c]	75,30±1,50 [c]	83,06 ±2,56 [b]	65,62 ±0,77 [bc]
	30 dk	87,76±1,99 [ab]	88,55±0,22 [b]	67,24 ±0,82 [bc]	81,52±0,55 [b]	81,74 ±3,38 [b]	68,44 ±0,58 [bc]
Fırınlama ile ısıl işlem (3 saat)	45 °C	67,64±0,66 [c]	75,06±0,63 [de]	8,94 ±0,03 [d]	69,84±0,04 [d]	64,28 ±0,26 [c]	7,38 ±0,21 [d]
	90 °C	68,70±0,30 [c]	75,07±0,23 [de]	9,84 ±0,91 [d]	71,17±0,46 [d]	65,37 ±0,15 [c]	10,73 ±0,02 [d]
	135 °C	68,65±2,96 [c]	77,85±2,15 [cd]	9,94 ±0,16 [d]	69,29±0,84 [d]	77,64 ±0,80 [b]	7,07 ±0,67 [d]
Islatma		69,52±4,01 [c]	81,50±2,17 [c]	69,64 ±1,14 [b]	63,40±0,20 [e]	78,53 ±0,29 [b]	71,40 ±1,32 [b]
Fitaz enzimi		94,79±3,36 [a]	91,72±0,93 [ab]	74,33 ±1,40 [a]	90,96±1,09 [a]	93,09 ±0,25 [a]	79,52 ±0,74 [a]

* Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzların sindirilebilir kül içeriğine etkisi

Uygulanan proses		Sindirilebilir kül					
		E. Buğday kepek	Pirinç kepek	Pirinç kavuz	Gernik kepek	Siyez kepek	Siyez kavuz
İşlem görmemiş		2,927±0,07 [d]	6,01±0,02 [e]	1,52±0,06 [d]	1,52 ±0,04 [e]	2,60±0,01 [d]	0,88 ±0,06 [d]
Fermantasyon	Spontan	4,140±0,05 [a]	7,96±0,08 [a]	14,21±0,08 [a]	2,58 ±0,07 [a]	4,35±0,03 [a]	11,80 ±0,50 [a]
	Starter	4,131±0,09 [a]	7,87 ±0,17 [a]	14,14 ±0,10 [a]	2,58 ±0,07 [a]	4,24±0,11 [a]	12,21 ±0,06 [a]
Otoklav ile ısıl işlem (121°C)	10dk	3,500±0,13 [bc]	6,35 ±0,01 [de]	12,51 ±0,11 [bc]	1,99 ±0,08 [cd]	3,06±0,02 [c]	8,93 ±0,58 [c]
	15 dk	3,944±0,01 [ab]	6,81±0,15 [c]	12,43 ±0,11 [c]	2,13±0,08 [bc]	3,92±0,13 [b]	9,38 ±0,10 [bc]
	30 dk	3,851±0,02 [ab]	7,39 ±0,02 [b]	12,57 ±0,15 [bc]	2,31±0,05 [b]	3,85±0,17 [b]	9,78 ±0,07 [bc]
Fırınlama ile ısıl işlem (3 saat)	45 °C	2,969±0,07 [d]	6,26 ±0,05 [de]	1,67 ±0,01 [d]	1,97 ±0,03 [cd]	3,03±0,01 [c]	1,05 ±0,02 [d]
	90 °C	3,015±0,06 [d]	6,26 ±0,02 [de]	1,84 ±0,14 [d]	2,02±0,04 [cd]	3,08±0,01 [c]	1,53 ±0,00 [d]
	135 °C	3,014±0,18 [d]	6,49±0,17 [cd]	1,85 ±0,03 [d]	1,96±0,01 [cd]	3,66±0,02 [b]	1,01 ±0,09 [d]
Islatma		3,050±0,12 [cd]	6,80±0,17 [c]	13,02 ±0,22 [b]	1,79 ±0,03 [d]	3,70 ±0,02 [b]	10,21 ±0,20 [b]
Fitaz enzimi		4,062±0,22 [ab]	7,10 ±0,07 [ab]	13,70 ±0,26 [ab]	2,47 ±0,07 [a]	4,19±0,01 [ab]	11,07 ±0,09 [ab]

* Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir.

Bu alanda yapılan çalışmalarda faklı kepek oranlarının ekmek ve makarna gibi ürünlerde denendiği ve kepeklere uygulanan ön işlemlerle sindirilebilirliği artırmanın hedeflendiği görülmektedir. İşlem görmemiş kepek katkısının gıdaların sindirilebilirliğinin düşürdüğü gözlemlenirken, ısıl işlem ve fermantasyon işlemi görmüş kepek katkılı gıdalarda sindirilebililiği artırdığı tespit edilmiştir. Kepek mineralce zengin olmasına rağmen, düşük olan mineral biyoyararlanımını arttırmak için ön işlemlere tabi tutulduğu belirlenmiştir (Emanuelli vd., 2014; Singh vd., 2016; Arıbasa vd, 2020). Ön işlemlerden fermantasyon işlemi uygulanan kepeklerin biyoyararlanımın artması mikroorganizmaların enzimatik aktiviteleriyle ilişkilendirilmiştir. Gıda ürünlerinden mineral biyoyararlanımı, farklı mineral formlarından ve gıdanın kendine özgü faktörlerinin de büyük ölçüde etkilediği bildirilmiş ve özellikle gıdalara uygulanan fermantasyon işleminin gıdayı ön sindirime tabi tutmasıyla biyoyayarlanımın artırdığı tespit edilmiştir (Chi ve Cho, 2016; Duhan vd., 2020). Bu tezde yapılan çalışma sonuçlarının, literatürdeki sonuçlarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Yapılan on farklı proses yöntemi arasında fermantasyon prosesinin diğer proseslere göre en etkili sonucu verdiği ve istatistiksel olarak önemli olduğu Tablo 4.4 ve Tablo 4.5' de gösterilmiştir.

4.5 İşlem Görmüş Kepeklerin ve Kavuzların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Özellikleri

Kepek ve kavuzlarda yapılan toplam fenolik madde değerleri Tablo 4.6 'de verilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı pirinç kepeğine (3763,12 µg GA/gr) uygulanan ıslatma prosesinde ve starter fermantasyon prosesinde (3684,37 µg GA/gr) elde edilmiştir. Kepekte ıslatma prosesi üzerine yapılan çalışmalarda bu prosesin fenolik madde miktarını düşürdüğü, bunun da yöntemden kaynaklandığı belirlenmiştir. Islatma suyu ile birlikte gıdalardaki toplam fenolik maddenin çözünür fenolik madde içeriği de uzaklaştırıldığından dolayı toplam fenolik madde içeriği düşük çıkmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında ıslatma suyu uzaklaştırılmamış ve kepek örneği ile birlikte analiz edilmiştir. Pirinç kepeğine uygulanan işlemler açısından toplam fenolik madde miktarının en düşük olduğu proses fitaz enzimi muamelesi olarak belirlenmiştir (1413,75 µg GA/gr). Aynı zamanda otoklav ile ısıl işlem (121^{o}C) prosesinde 30 dk uygulama (1809,37 µg GA/gr) sonucu elde edilen

toplam fenolik madde değerinde 10 ve 15 dk uygulamalara nazaran daha düşük bulunmuştur. Bu da otoklav ile ısıl işlemde süre arttıkça toplam fenolik madde miktarının azaldığı sonucunu göstermektedir. Pirinç kepeği üzerine yapılan fırınlama ile ısıl işlem (3 saat) prosesinde (90^{o}C) toplam fenolik madde miktarının en düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan birçalışmada siyah pirinç kepeğinde bulunan toplam fenolik madde miktarı 2986- 7043 mg GA / 100 g kuru madde arasında değişimi gösterdiği bildirilmiştir (Zhang vd., 2010). Farklı bir çalışmada ise beyaz pirinç kepeğinin fenolik madde miktarının 2,51- 3,59 mg GA / g arasında değişim gösterdiğini belirlenmiştir (Iqbal vd., 2005). Bu çalışmada pirinç kavuzunda en düşük toplam fenolik madde miktarı işlem görmemiş halinde belirlenirken (1037,82µg GA/gr), en yüksek fitaz enzim uygulamasında (3086,25 µg GA/gr) belirlenmiştir. Fitaz enziminin pirinç kavuzundaki fitik asiti parçalayarak antioksidan ve fenolik maddeleri ortaya çıkardığı düşünülmektedir. Kavuzdaki A vitamini ve diğer bileşenlerinin fitaz ile kompleks oluşturarak mineral madde emilimini azaltığı vebu özelliği ile fenolik maddelerin parçalandığı söylenebilmektedir (Lopez vd., 2002). Bunun yanı sıra otoklav ile ısıl işlem (121^{o}C) uygulamasında 30. dk toplam fenolik madde miktarının 10 ve 15 dk'lara göre daha düşük olduğu ve zamanın toplam fenolik madde miktarı üzerinde pirinç kepeği için düşüşe sebep olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yapılan fırınlama ile ısıl işlem uygulamasında (90^{o}C) toplam fenolik madde miktarının 45^{o}C ve 135^{o}C değerlerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.6 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzların toplam fenolik madde içeriğine etkisi

Uygulanan proses		Toplam fenolik madde (μg GA/gr)					
		E. Buğday kepek	Pirinç kepek	Pirinç kavuz	Gernik kepek	Siyez kepek	Siyez kavuz
İşlem görmemiş		1007,59 ±0,005^{e}	3072,14 ±0,005^{d}	1037,82 ±0,012^{h}	748,25 ±0,006^{g}	733,68 ±0,006^{g}	767,41 ±0,004^{g}
Fermantasyon	Spontan	1951,87 ±0,008^{a}	3442,50 ±0,016^{b}	1706,25 ±0,007^{d}	2083,12 ±0,008^{a}	1925,62 ±0,002^{b}	1211,25 ±0,003^{d}
	Starter	2010,00 ±0,002^{a}	3684,37 ±0,010^{a}	1882,50 ±0,002^{c}	2056,87 ±0,005^{a}	1805,62 ±0,006^{c}	1306,87 ±0,010^{c}
Otoklav ile ısıl işlem (121 ^{o}C)	10dk	1650,00 ±0,004^{b}	3421,87 ±0,001^{b}	2238,75 ±0,002^{b}	1402,50 ±0,004^{c}	1297,50 ±0,003^{d}	1788,75 ±0,002^{b}
	15 dk	1693,12 ±0,010^{b}	2598,75 ±0,008^{e}	2229,37 ±0,017^{b}	1396,87 ±0,001^{c}	1222,50 ±0,005^{e}	1807,5 ±0,006^{b}
	30 dk	1361,25 ±0,001^{c}	1809,37 ±0,002^{f}	1256,25 ±0,005^{f}	1710,00 ±0,001^{b}	2471,25 ±0,005^{a}	3093,75 ±0,005^{a}
Fırınlama ile ısıl işlem (3 saat)	45 ^{o}C	1015,74 ±0,018^{e}	3467,85 ±0,011^{b}	1091,94 ±0,012^{gh}	904,85 ±0,008^{ef}	928,07 ±0,011^{f}	885,88 ±0,006^{f}
	90 ^{o}C	1144,11 ±0,011^{d}	3151,37 ±0,014^{c}	1038,50 ±0,008^{g}	920,92 ±0,004^{e}	881,11 ±0,009^{f}	801,56 ±0,002^{f}
	135 ^{o}C	1175,29 ±0,007^{d}	3258,60 ±0,013^{bc}	1261,03 ±0,007^{f}	805,11 ±0,002^{fg}	735,74 ±0,006^{g}	874,56 ±0,009^{f}
Islatma		1636,87 ±0,006^{b}	3763,12 ±0,008^{a}	1565,62 ±0,003^{e}	1629,37 ±0,008^{b}	1301,25 ±0,003^{d}	1355,62 ±0,001^{c}
Fitaz enzimi		1361,25 ±0,004^{c}	1413,75 ±0,003^{g}	3086,25 ±0,002^{a}	1211,25 ±0,005^{d}	1254,37 ±0,003^{de}	1110,00 ±0,002^{e}

* Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir.

Literatüre göre ıslatma işleminin fenolik madde içeriği üzerine farklı etkileri olduğu belirlenmiştir. Terpinc vd. (2016) yaygın karabuğday tanelerinin 20 °C'de 8 saat boyunca suda ıslatılmasının toplam fenolik madde içeriği de önemli değişikliklere neden olmadığını bulmuşlardır. Islatmanın hem olumsuz hem de olumlu etkileri literatürde belirtilmektedir. Tatar karabuğday tohumlarının ıslatılmasından sonra TPC'de bir artış rapor edilmiştir (Quin vd., 2013). İki soya çeşidi ortam sıcaklığında 12 saat boyunca ıslatıldığında fenolik içerikte azalma meydana geldiği (Kumari vd., 2015), kurutulmuş karabuğday bazlı ürünlerde ham maddeye kıyasla daha yüksek toplam fenolik madde değerleri kaydedilmiştir (p<0,01). Kurutmadan sonra fenolik bileşiklerin miktarındaki artış, matrislerdeki yapısal değişikliklerden kaynaklanıyor olabilir, buda daha fazla fenolik ekstraksiyona izin verebilir (Santos vd., 2014). Lemus-Mondaca vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada 40 °C'de kurutma işlemi en yüksek toplam fenolik madde seviyesine ulaşmış, ardından 50°C, 60°C ve 70°C'de kurutma işlemlerinden sonra düşüş gözlenmiş ve kurutma sıcaklığının etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. 40°C'de kurutma işleminin, hammaddeye kıyasla 2-3 kat daha yüksek içerik toplam flavonoid içeriği ortaya koyduğu ve bu işlemin olumlu olduğu belirlenmiştir. Daha yüksek kurutma sıcaklıklarının ise toplam flavonoid içeriğini hammaddede belirlenen seviyelere düşürdüğü bildirilmiştir. Kurutma sıcaklığının toplam flavonoid içeriği değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, düşük sıcaklıklarda kurutmanın toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içeriğini arttırdığı rapor edilmiştir (Lemus-Mondaca vd., 2016).

Yapılan toplam fenolik madde içeriği açısından en yüksek değerler ekmeklik buğday kepeğinde (2010 µg GA/gr) starter fermantasyon ve gernik kepeğinde ise spontan fermentasyon prosesi (2083,12 µg GA/gr) ile elde edilmesine rağmen, spontan ve starter fermantasyon sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır (p<0,05). Pirinç kepeğinde de etkili proses starter fermantasyon (3684,37 µg GA/gr) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.6). Saharan vd., (2017)'de yapmış oldukları çalışmada farklı sürelerde fermantasyon işlemine tabi tutulan numunelerin süre arttıkça fenolik madde miktarının 8-9 kat arttığı bildirilmiştir. Fermantasyon işleminin çözünmeyen bağlı fenoliklerin salınımı üzerine önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında da fermantasyona uğrayan kepek ve kavuz örneklerinin fenolik madde içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. İşlem görmemiş numunelerde genel olarak en düşük

değerler olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Yapılan bazı çalışmalarda ise fermantasyon işleminin toplam fenolik madde içeriğini düşürdüğü ve bu düşüşün de muhtemelen bileşenlerde bozulmadan kaynaklandığı bildirilmiştir (Hegde vd., 2006; Saharan vd., 2017).

Fermantasyon işleminin yanı sıra otoklav ile yapılan ısıl işlemlerde (121^{o}C) en yüksek toplam fenolik maddenin siyez kavuzunda (3093,75 GA/gr) ve kepeğinde olduğu (2471,25 GA/gr) belirlenirken bu değerin diğer kepek ve kavuz örneklerinde de 10 ve 15 dk'lık uygulamalarda daha düşük olduğu belirlenmiştir. Otoklavda 121 °C'de uygulanan ısıl işlemde sürenin uzaması ekmeklik buğday kepeği, pirinç kepek ve kavuzunda toplam fenoli madde içeriğini azaltırken, gernik kepeği, siyez kepek ve kavuzunda ise arttırmıştır. Otoklav ile yapılan ısıl işlemlerde sürenin etkili olduğu fakat atış ya da azalışların hammaddeye göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak fırınlama prosesinin tüm örneklerde toplam fenolik madde içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. 3 saat uygulanan fırınlama prosesinde sıcaklıklığın arttırılması ekmeklik buğday kepeği, pirinç kavuzunda artış, gernik ve siyez kepeklerinde azalma meyda getirirken siyez kavuzunda önemli bir değişim oluşturnmamıştır (p>0,05). Literatürde yapılan otoklav ve kuru ısıl işlem çalışmalarında farklı tahıl ve kepekler kullanılarak fenolik madde özelliklerinin otoklavlama da daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Basınç altında numunelerdeki bağlı fenoliklerin ortaya çıktığı, uygulanan prosesin süresi ve örneklerin genotip farklılığından kaynaklanan düşüşlerin ve artışların olduğu tespit edilmiştir (Kutos vd., 2003; Siah vd., 2014).

Tablo 4.7 Uygulanan proseslerin kepek ve kavuzlardaki antioksidan aktivitesi üzerine etkisi

		DPPH (%İnh)					
Uygulanan proses		E. Buğday kepek	Pirinç kepek	Pirinç kavuz	Gernik kepek	Siyez kepek	Siyez kavuz
İşlem görmemiş		36,06 ±0,002^{e}	40,73 ±0,005^{gf}	36,65 ±0,002^{c}	33,56 ±0,003^{d}	36,93 ±0,003^{bc}	34,97 ±0,002^{bc}
Fermantasyon	Spontan	45,36 ±0,003^{abc}	52,38 ±0,002^{ab}	32,86 ±0,001^{ef}	42,41 ±0,001^{a}	43,53 ±0,001^{a}	23,73 ±0,003^{e}
	Starter	47,33 ±0,002^{a}	52,80 ±0,003^{a}	40,30 ±0,001^{a}	33,98 ±0,001^{cd}	42,69 ±0,002^{a}	41,74 ±0,001^{a}
Otoklav ile ısıl işlem (121 ^{o}C)	10dk	44,38 ±0,001^{abcd}	43,25 ±0,002^{ef}	39,46 ±0,001^{ab}	42,69 ±0,003^{a}	37,35 ±0,001^{bc}	43,11 ±0,001^{a}
	15 dk	39,18 ±0,001^{cde}	38,06 ±0,002^{g}	37,64 ±0,001^{bc}	33,01 ±0,001^{d}	27,24 ±0,001^{e}	34,83 ±0,001^{bc}
	30 dk	37,35 ±0,001^{e}	37,21 ±0,001^{gh}	30,05 ±0,002^{g}	32,86 ±0,001^{d}	29,35 ±0,003^{de}	35,95 ±0,002^{b}
Fırınlama ile ısıl işlem (3 saat)	45 ^{o}C	39,74 ±0,008^{bcde}	45,78 ±0,003^{de}	35,67 ±0,001^{cd}	38,90 ±0,002^{b}	39,74 ±0,001^{ab}	36,09 ±0,003^{b}
	90 ^{o}C	38,62 ±0,005^{de}	34,41 ±0,001^{h}	33,28 ±0,001^{e}	36,51 ±0,001^{bc}	32,72 ±0,010^{cd}	37,50 ±0,001^{b}
	135 ^{o}C	35,39 ±0,004^{e}	42,13 ±0,001^{f}	30,61 ±0,004^{fg}	33,14 ±0,001^{d}	32,72 ±0,003^{cd}	35,39 ±0,006^{bc}
Islatma		38,06 ±0,011^{de}	47,05 ±0,003^{c}	39,04 ±0,001^{ab}	22,61 ±0,003^{e}	11,37 ±0,001^{f}	30,05 ±0,002^{d}
Fitaz enzimi		1,12 ±0,002^{f}	49,15 ±0,003^{bc}	34,12 ±0,002^{de}	17,13 ±0,001^{f}	6,17 ±0,002^{f}	21,76 ±0,001^{e}

* Aynı sütundakifarklı harflerörnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Kepek ve kavuzlara ait DPPH değerleri Tablo 4.7 ‘de verilmiştir. En yüksek DPPH değeri pirinç kepeğine uygulanan fermantasyon (starter) prosesinde yer alırken (%52,80), en düşük fırınlama ısıl işleminde (3 saat) 90ºC belirlenmiştir (%34,41). Otoklav ile ısıl işlem (121ºC) prosesinde 30 dk yapılan uygulamada (%37,21) DPPH değerinde 10 ve 15 dk uygulamalara nazaran azalmanın olduğu gözlemlenmiş ve otoklav ile ısıl işlem (121ºC) prosesinde süre arttıkça toplam fenolik madde miktarının azaldığı sonucuna varılmıştır. Pirinç kepeğinde fırınlama ile ısıl işlem (3 saat) prosesinde (90ºC) (%34,41) DPPH değerinin en düşük olduğu tespit edilmiştir. Butsat ve Siriamornpun (2010) pirincin kavuz, kepek ve endosperminden %80 etanol çözeltisi 25ºC de 16 saat yaptıkları ekstraksiyonda en yüksek DPPH giderici aktivite değerini (%85,9) kepekte elde etmişlerdir. Fermantasyon işleminin diğer proseslere göre ekmeklik buğday, pirinç, siyez kepeklerinde ve pirinç ve siyez kavuzlarında en etkili sonucu verdiği tespit edilmiştir. Fermantasyon işlemi haricinde diğer prosesler arasında en etkin olanın otoklavlama işlemi olduğu tespit edilmiştir. Otoklavlama işleminin basınç altında antioksidan aktiviteyi ortaya çıkardığı bilinmektedir. Bu çalışmada, ıslatma işleminde uygulanan metot gereği ıslatma suyu uzaklaştırılmadığından dolayı suda çözünen antioksidan maddeler yapıda kalmış ve DPPH değeri yüksek olarak tespit edilmiştir (Santos vd., 2014; Kumari vd., 2015). Pirinç kavuzu üzerine yapılan çalışmada en düşük toplam %inhibisyon değeri otoklav ile ısıl işlemle (121ºC) 30 dk’da pirinç kavuzunda belirlenirken (%30,05), 10 ve 15 dk göre daha düşük olduğu ve zamanın toplam fenolik madde miktarı üzerinde pirinç kepeği için düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir. En yüksek %inhibisyon değeri fermantasyon prosesinde belirlenmiştir (%40,30). Aynı zamanda yapılan fırınlama ile 135ºC’de ısıl işlem uygulamasında %inhibisyon değeri (%30,61), 45ºC ve 90ºC değerlerine göre daha düşük olduğu belirlenmekle beraber sıcaklığın %inhibisyon değeri üzeri üzerine olumsuz etki oluşturduğu gözlemlenmektedir. Pirinç kavuzuyla ilgili farklı bir çalışma bulunmamakla birlikte yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre istatiksel açıdan önemli fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Gernik kepek materyaline yapılan DPPH analizinde en yüksek değer otoklav ile ısıl işlem uygulamasının 10 dk’da (%42,69) , 15 ve 30 dk göre daha artış gösterdiği ve sıcaklığın DPPH değeri üzerine olumsuz etki gösterdiği yapılan istatiksel çalışmalar neticesinde gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra fırınlama ile ısıl işlem (3 saat) uygulamasında 135ºC en düşük DPPH değerinin elde edildiği gözlemlenmiş (%30,61) ve sıcaklığın DPPH

üzerine olumsuz etki oluşturduğu belirlenmiştir. Verma vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, 51 farklı buğday çeşidinin kepek örneklerinden elde edilen toplam fenolik madde miktarlarına göre, kepek numunelerinin %inhibisyon değerinin %11,86-2,12 olduğu belirtilmiştir. Menteş Yılmaz (2011) yılında yapmış olduğu çalışmada 9 farklı buğday çeşidinden elde edilen sonuçlara göre en yüksek antioksidan aktivitesini kepekte elde etmiştir. 30 dk otoklavda ısıl işlem (121^{o}C) uygulamasının 10 ve 15 dk uygulamaya göre daha düşük (%37,35) %inhibisyon değeri verdiği gözlemlenmiş ve sıcaklığın antioksidan aktivite üzerine olumsuz etki oluşturduğu belirlenmiştir. Yine buğday kepeğinde 3 saat'lik fırında ısıl işlem (135 ^{o}C'de 3 saat) uygulamasının da en düşük (%35,39) antioksidan aktivite değerini vermesi sıcaklık ve sürenin antioksidan aktiviteyi etkilediğini göstermektedir. Iqbal vd. (2007) yılında yapmış oldukları çalışmada Pakistan'da yetiştirilmiş olan beş farklı buğday çeşidinden elde edilen kepek ekstraktlarının %inhibisyon değerlerinin 51-79 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Siyez kepeği ile yapılan çalışmada en yüksek %inhibisyon değeri fermantasyon (spontan) uygulamasında (%43,53) gözlemlenmiştir. Fırınlama ile ısıl işlem (135^{o}C) (%32,72) en düşük %inhibisyondeğeri belirlenirken, sıcaklığın %inhibisyon değeri üzerine olumsuz etki oluşturduğu gözlemlenmektedir. Siyez kavuzunda en yüksek %inhibisyon değerinin starter fermantasyon (%41,74) ve otoklav ile ısıl işlem (121^{o}C) de olduğu belirlenmiş olup 10 dk'lık uygulamada değerin arttığı (%43,11) ancak 15 ve 30 dk'lık uygulamalarda azaldığı, sonuç olarak sıcaklık ve sürenin DPPH değeri üzerine olumsuz etki oluşturduğu belirlenmiştir. Siyez kavuzunda fitaz enzim uygulamasının en düşük değeri verdiği belirlenmiştir (%6,17). Aynı zamanda farklı sıcaklıklarda fırınlama ile ısıl işlem (3 saat) uygulamalarının önemli bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir. DPPH analizi ve fenolik madde sonuçlarının benzer nitelikte olduğu Tablo 4.6 ve Tablo 4.7' de görülmektedir. Fenolik madde oranında olduğu gibi antioksidan aktivite oranında da genel anlamdafemantasyon (strater ve spontan) prosesinin kepek ve kavuz numunelerinde diğer proseslere göre en etkili sonuçları verdiği tespit edilmiştir (p<0,05). Fermantasyon işlemi örnekler üzerinde bağlı olan antioksidanları ortaya çıkartmakta ve işlem görmemiş örnekler ile kıyaslama yapıldığında antioksidan değerinin yükseldiği görülmektedir. Fermantasyon işleminde mikroorganizlamaların sayesinde bağlı olan yapılar çözündürülerek ortaya çıkarılmaktadır (Miller vd., 2000; Adom ve Liu, 2002; Tian vd., 2004; Umnajkitikorn vd., 2013; Torrieri vd., 2014).

4.6 Kepek ve Kavuzlar İçin Uygun Prosesin Belirlenmesi

Bu çalışma ile farklı proses/parametrelerinin bazı tahıl kepek/kavuzlarının fitik asit, biyoyararlanım ve biyoaktif nitelikler üzerindeki etkileri net olarak ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar beslenme bilimi açısından kullanılabileceği gibi gıda teknolojisi açısından kepeği/kavuzu tüketilebilir forma getirmek amacıyla yapılan işlemlerin etkilerini ortaya çıkartılmıştır. Kepeklere ve kavuzlara uygulanan proseslerden fitik asit içeriği, kül sindirilebilirlik oranı, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri açısından en etkili sonuçları verenler Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Bu seçim yapılırke uygulanan prossler içerisinde ANOVA sonuçlarına göre fitik asit içeriğini en fazla düşüren, kül sindirilebilirliğini, atioksidan aktiviteyi ve fenolik madde içeriği açısından en yüksek değeri verenler seçilmiş ve her dört özellik açısından da sonuçlar bir arada değerlendirilmiştir. Sonuçta Tablo 4.8'de görüleceği üzere örnekler üzerinde en etkili sonuç alınan prosesin starter fermantasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu tez çalışmasının ikinci aşamasına starter fermantasyon uygulanmış kepek ve kavuzlar örneklerinin hazırlanması ve ekmekte kullanımı ile devam edilmiştir.

Tablo 4.8 Kepek ve kavuzlarda varyans analizine (ANOVA) göre en etkin sonuçları veren prosesler

	Fitik asit		KSO		Toplam fenolik madde		DPPH	
	Proses	%	Proses	%	Proses	µg GA/gr	Proses	%İNH
E. Buğday kepek	Starter fermantasyon.	25,10 ±0,008 [a]	Starter fermantasyon	94,11±0,622 [a]	Starter fermantasyon	2010,00 ±0,002[a]	Starter fermantasyon	47,33 ±0,002[a]
Pirinç kepek	Fitaz enzimi	182,97 ±0,006 [a]	Starter fermantasyon	94,98±2,107 [a]	Starter fermantasyon	3684,37 ±0,010[a]	Starter fermantasyon	52,80 ±0,003[a]
Pirinç kavuz	Starter fermantasyon	21,43 ±0,006 [a]	Starter fermantasyon	75,63 ±0,536 [a]	Fitaz enzimi	3086,25±0,002[a]	Starter fermantasyon	40,30 ±0,001[a]
Gernik kepek	Starter fermantasyon	4,95 ±0,002 [a]	Starter fermantasyon	91,13±1,163 [a]	Starter fermantasyon	2056,87 ±0,005[a]	Spontan fermantasyon	42,41 ±0,001[a]
Siyez kepek	Starter fermantasyon	28,50 ±0,011 [a]	Starter fermantasyon	89,91±2,050 [a]	Otoklav (121 ^{o}C/30dk)	2471,25 ±0,005[a]	Starter fermantasyon	42,69 ±0,002[a]
Siyez kavuz	Starter fermantasyon	75,70 ±0,002 [a]	Starter fermantasyon	85,43 ±0,335 [a]	Otoklav (121 ^{o}C/30dk)	3093,75 ±0,005[a]	Starter fermantasyon	41,74 ±0,001[a]

* Aynı sütundakifarklı harflerörnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

4.7 Ekmeklerin Fizikokimyasal, Biyoyararlanım, Fitik Asit, Toplam Fenolik ve Antioksidan Nitelikleri

Ekmeklerin bazı fizikokimyasal analizleri Tablo 4.9'de verilmiştir. Sonuçlara göre ekmeklerin rutubet değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (p<0,05).

Tablo 4.9 Ekmek numunelerinin rutubet, kül, yağ ve protein miktarları

	Rutubet	Kül	Yağ	Protein
E. Buğday kepek	43,89±2,83	1,52 ±0,01^{c}	0,80 ±0,01^{b}	12,64±0,29^{a}
Pirinç kepek	41,43 ±2,01	2,24±0,05^{b}	1,84±0,04^{a}	11,19 ±0,32^{bc}
Pirinç kavuz	42,62 ±0,26	4,12±0,05^{a}	1,11 ±0,01^{ab}	10,11 ±0,01^{d}
Gernik kepek	41,53 ±1,52	1,20±0,10^{d}	0,72±0,01^{b}	11,32 ±0,13^{bc}
Siyez kepek	37,50±2,06	1,48 ±0,01^{c}	0,65 ±0,01^{bc}	11,65 ±0,44^{ab}
Siyez kavuz	41,13±1,76	4,12 ±0,10^{a}	0,52 ±0,01^{c}	10,44 ±0,04^{cd}

* Aynı sütundaki örnekler arasında harflendirme verileri istatistiksel olarak önemli fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

En yüksek kül miktarının PKA numunesinde %4,12 olduğu tabloda gözükmektedir. Farklı oranda kepek ilavesi ile ekmek üretiminin yapıldığı bir %30 oranında kullanılan kalın kepek ilaveli ekmeğin kül miktarı %3,85, ince kepekli ekmek numunelerinde ise %2,86 olduğu tespit edilmiştir (Özkaya vd., 2017; Cingöz, 2018). PK ilaveli örneğin yağ içeriği (%1,84), EBK ilaveli ekmeğin protein içeriğinin (%12,64) diğer örneklere göre istatistiksel olaraken yüksek değerler olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Yapılan farklı çalışmalarda farklı hammaddeler kullanılmakla birlikte ekmek numunelerinde protein miktarının %8,55-13,46 aralığında olduğunu, yağ miktarının %1,31-15,75 aralığında olduğu belirtilmiştir (Acosta-Estrada vd., 2014; Peng vd., 2017; Bolarinwa vd., 2019).

Ekmeklerinanaliz sonuçları Tablo 4.10 da verilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen değerlere göre fitik asit uygulamasında en düşük değer PKA ekmeği (%974,68), GK ekmeği (%1055,99) ve EK ekmeği (%968,51) örneklerinin olduğu tespit edilmiştir. Ekmeklerin fitik asit sonucu kepek ve kavuz örnekleriyle doğru orantılı bir şekilde olduğu istatiksel olarak diğer ekmek örneklerine göre önemli fark olduğu tespit edilmiştir (p<0,05).

Ekmek analiz sonuçları doğrultusunda değerlendirilen %KSO oranı en yüksek değer PKA ekmeği (%72,73) ve EK ekmeği (%71,28) örneklerinin olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Aynı zamanda numuneler üzerinde uygulanan sindirilebilir kül içerikleri %KSO değerleriyle orantılı bir şekilde olduğu görünmektedir. Fitik asitin düşmesi ile mineral biyoyararlanım oranı artığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. LAB ile muamele edilmiş örneklerin daha az fitik asit içermesi ile mineral biyoyararlanımın artırdığı tespit edilmiştir (Catzeddu, 2011). Buğday kepeği ve çavdar unu kullanımında uygulanan fermantasyon işleminde ile antioksidan aktivite ve mineral biyoyararlanımın arttığı belirlenmiştir (Liukkonen vd., 2003; Mattıla vd., 2005). Rizzello vd. (2012), yapmış oldukları hamura kepek ilavesinin hamurun fitik asit miktarını artırdığını ve 2 kat daha yüksek bulunduğunu belirlemişlerdir. Bu da kepeklerin yüksek fitik asit içeriğinin kullanıldığı ürünlerin fitik asit düzeyini de etkilediğini göstermektedir. Aynı zamanda kepeğe ön işlem uygulayarak fitik asit miktarını düşürüp, kepek katkılı gıdaların da fitaz aktivitesi düşük, mineral biyoyararlanımı yüksek ürünler elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Yapılan farklı bir çalışmada pirinç kepekli ekmek ve buğday kepekli ekmek çalışmasında kepek oranı arttıkça fitik asitin ve mineral maddelerinin arttığı tespit edilmiştir. Ön işlem uygulanmış örneklerden yapılan ekmeklerin fitik asiti düşürülerek, mineral biyoyararlanımı artırıldığına dair yapılan çalışmalar da vardır (Oatway vd., 2001; Tuncel vd., 2014; Atasoy ve Hendek Ertop, 2021). Literatürde kepekli ekmek çalışmaları çoğunlukla buğday kepeği üzerine yoğunlaşmıştır. Özellikle gernik kepeği, siyez kavuzu, siyez kepeği uygulamaları ve ekmek çalışmasına dair çalışma rastlanmamıştır.

Tablo 4.10 Ekmeklerin fitik asit (%), KSO (%), sindirilebilir kül, toplam fenolik içerik ve %İnhibisyon değerleri

	Fitik asit (%)	KSO (%)	Sindirilebilir kül	Toplam fenolik madde (µg GA/gr örnek)	DPPH (%inhibisyon)
E. Buğday kepek	968,51 ±0,02^{a}	71,28 ±0,41^{a}	2,93 ±0,01^{a}	1107,37 ±0,01^{b}	32,54 ±0,01^{ab}
Pirinç kepek	1183,20 ±0,01^{b}	51,91 ±1,07^{c}	1,16 ±0,05^{bc}	1407,09 ±0,03^{a}	35,48 ±0,01^{a}
Pirinç kavuz	974,68 ±0,02^{a}	72,73 ±0,95^{a}	3,14 ±0,02^{a}	1010,95 ±0,02^{b}	29,53 ±0,01^{bc}
Gernik kepek	1055,99±0,01^{a}	68,24 ±1,02^{ab}	1,70 ±0,10^{b}	908,58±0,01^{c}	28,96±0,01^{bc}
Siyez kepek	1327,83 ±0,02^{c}	59,77 ±0,65^{bc}	0,83 ±0,01^{c}	1018,09 ±0,01^{b}	31,18±0,01^{abc}
Siyez kavuz	1205,46 ±0,02^{b}	52,14 ±1,72^{b}	1,56 ±0,01^{b}	857,87 ±0,01^{c}	26,81 ±0,01^{c}

* Aynı sütundaki örnekler arasında harflendirme verileri istatistiksel olarak önemli fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Ekmeklerde toplam fenolik madde miktarı en yüksek değer (p<0,05) pirinç kepeği ilaveli ekmekte (1407,09 µg GA/gr) elde edilmiştir (Tablo 4.10). Yapılan DPPH analiz sonucunda en yüksek değer fenolik madde içeriğine paralel olarak pirinç kepek ekmeğinde (%35,48) elde edimiştir. Gıdalardaki antioksidanlar insan sağlığı için kolondaki serbest radikalleri temizlemede ve önemli moleküllerin oksidasyonunu önleme yeteneklerinden dolayı önemlidir (Okarter vd., 2010). Benitez vd. (2018) yapmış olduğu çalışmalarda kepek, kepekli tahıllar ve tohumlar ile zenginleştirilen un ilavesinin, ekmeklerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriği üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ekmek örneklerinde toplam fenolik madde içeriği beyaz unlu kontrol ekmeğinde 1,7 mg FAE/g iken kepekli ekmekte 2,8 mg FAE/g yükseldiği, DPPH içeriklerinin konrol örneğinde 10,5 mmol TEAC/kg iken kepekli ekmek örneğinde 26,7 mmol TEAC/kg'a yükseldiği (p<0,05) belirtilmiştir. Yani ekmekte kepek kullanımı antioksidan oranını artırmaktadır. Ekmek ve kepekli ekmekler üzerine serbest ve bağlı antioksidanlar üzerine yapılan çalışmalar beyaz unlu ekmeklere kıyasla kepekli veya tam buğdaylı ekmeklerde bağlı antioksidanlardan daha fazla serbest antioksidan madde olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalar tam tahıl unu kullanımının rafine tahıl unu kullanımına göre fenolik ve antioksidan içeriğin yükselttiğini ancak kepekli ekmeklerde bu değerlerininçok daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise kepeğin içeriğinde bulunan antioksidan bileşiklerin ısıya daha duyarlı olabileceği ve termal işlemler sırasında bağlı fenolik ve antioksidan maddelerin parçalanarak değişebileceği şeklinde açıklanabilir (Holtekjølen vd, 2008; Chlopicka vd., 2012; Challacombe vd., 2012; Benitez vd., 2018). Ayrıca pirinç kepeği ile yapılan çalışmalarda pirinç kepeğinin polifenoller, tokoferoller ve tokotrienoller gibi doku ve DNA hasarına neden olan hücrelerin oksidasyon reaksiyonunu önleyebilen mükemmel bir antioksidan bileşik kaynağı olarak ekmek formülasyonuna uygulanması ile ekmeklerdeki antioksidan ve toplam fenolik madde içeriğini artırdığı görülmüştür (Christ-Ribeiro vd., 2017; Massarolo vd., 2017; Peanparkdee ve Iwamoto, 2019).Bu çalışmada pirinç kepeğinin diğer hammadelere kıyasla yüksek olan antioksidan ve fenolik madde içeriği pirinç kepeği katkısıyla üretilen ekmekte bu değerlerinde yüksek olmasını sağlamıştır. Örneğinin ekmeğininde bu değerlerinde yüksek olduğu gözlenmiştir.

4.8 Ekmeklerin Gözenek Analizi

Ekmeğin pişirilmesi sırasında ısı etkisi ile oluşan su buharı ve fermantasyon sonucu oluşan CO_2 gazının glüten ağları arasında genleşmesi ekmeğin gözenekli yapı kazanmasını sağlar. Kalitesiz ve glüten miktarı düşük ham madde ile yapılan ekmekler düzensiz gözenek yapısı ve basık şekil alarak, küçük hacim özelliğine sahip, dış kabuğunda istenmeyen yarık ve çatlaklara sahip olmaktadırlar (Selçuk vd., 2018).

Tablo 4.11 Ekmek örneklerine ait gözenek analiz sonuçları

		EK		GK		PKA	
Gözenek Sınıflandırması	Sınıf katsayısı (SK)	Gözenek sayısı (GS)	GSxSK	Gözenek sayısı (GS)	GSxSK	Gözenek sayısı (GS)	GSxSK
Sınıf 1=0,05–0,49 mm^2	1	216	216	342	342	205	205
Sınıf 2=0,50–0,99 mm^2	0,8	14	11,2	25	20	20	16
Sınıf 3=1,00–4,99 mm^2	0,6	27	16,2	31	18,6	21	12,6
Sınıf4=5,00–49,99 mm^2	0,4	10	4	12	4,8	13	5,2
Sınıf 5=>50 mm^2	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
Toplam			**247,6**		**385,6**		**239**

EK: Ekmeklik buğday kepeği, GK: Gernik kepeği, PKA: Pirinç kavuzu

(a)

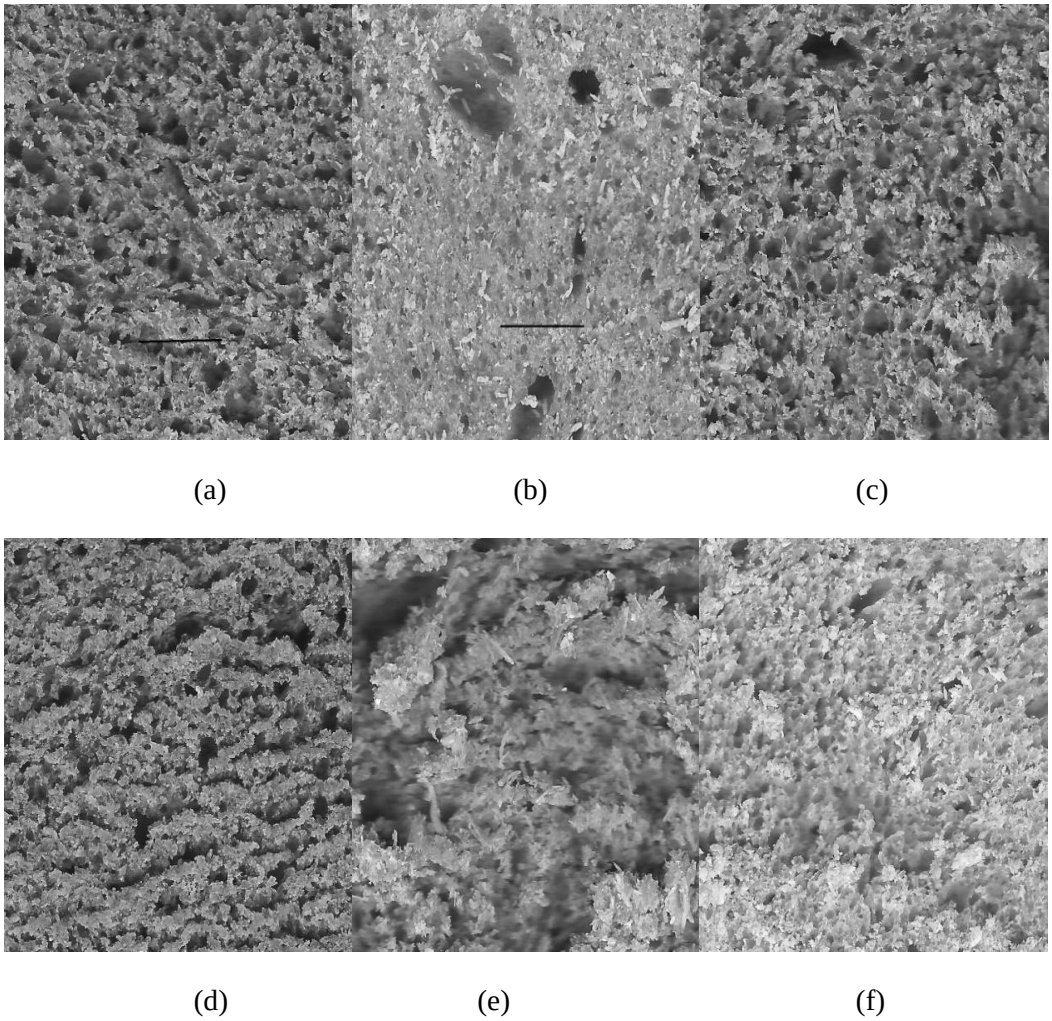
		PK		SKA		SK	
Gözenek Sınıflandırması	Sınıf katsayısı (SK)	Gözenek sayısı (GS)	GSxSK	Gözenek sayısı (GS)	GSxSK	Gözenek sayısı (GS)	GSxSK
Sınıf 1=0,05–0,49 mm^2	1	371	371	215	215	432	432
Sınıf 2=0,50–0,99 mm^2	0,8	38	30,4	16	12,8	42	33,6
Sınıf 3=1,00–4,99 mm^2	0,6	32	19,2	37	22,2	55	33
Sınıf4=5,00–49,99 mm^2	0,4	15	6	8	3,2	22	8,8
Sınıf 5=>50 mm^2	0,2	1	0,2	4	0,8	2	0,4
Toplam			**426,8**		**254**		**507,8**

PK: Pirinç kepeği, SKA: Siyez kavuzu, SK: Siyez kepeği

(b)

Ekmeklerde iç gözenek yapısının değerlendirilmesinde klasik olarak Dallman skalasına göre hacim, iç gözenek ve tekstür açısından EDS hesaplama yöntemi kullanılırken, bu çalışmada gözenek analizi için Image ProPlus 6.0 programı ile

işlenen iç tekstür görüntüleri kullanılmıştır. Ekmeklere ait gözenek analiz sonucunda elde edilen gözenek faktörü değerlerikullanılan kepek türüne göre Tablo 4.11'de verilmiştir. Gözenek faktörü örneklerdeki sınıf katsayısı ile gözenek sayısı çarpılarak bulunmuştur.



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Şekil4.1 Ekmeklik buğday kepeği (a), Gernik kepeği (b), Pirinç kavuzu (c), Pirinç kepeği (d), Siyez kavuzu (e) ve Siyez Kepeği (f) içeren ekmeklerin gözenek analizinde kullanılan iç görüntü kesitleri

Ekmeklerde gözenek sınıflandırmasında en çok gözenek sayısı sınıf 1'de olduğu belirlenmiştir. En yüksek GF siyez kepekli (SK) ekmekte (507,8) olduğu Tablo 4.11'de görülmektedir. Bunu sırasıyla, PK ekmek 426,8, GK ekmek 385,6, SKA ekmek 254, EK ekmek 247,6 PKA ekmek 239 takip etmektedir. Siyez kepekli ekmeğin gözenek faktörünün yüksek olması diğer ekmek örneklerine göre daha homojen ve küçük gözenek yapısına sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.1). Bu durum siyez

kepeğindeki endosperm kalıntıları nedeniyle daha kolay fermente olabilirliğinden siyez kepeği mikroflorasının farklılığından, buna bağlı selülozik yapıların parçalanması veya CO_2 gazı oluşumundan kaynaklanmış olabilir. Coşkun (2017), yapmış olduğu çalışmada fermente nohut mayası kullanarak ekmek (698,2) üretmiş ve gözenek faktörünün kontrol ekmeğinden (567,6) daha yüksek olduğunu, ekşi mayanın mikroflorasından dolayı ekmekte gözenek yapısının iyileştiğini belirlemiştir. Kaplan (2018), yapmış olduğu siyez ekmek çalışmasında kontrol ekmeğine oranla siyez ekmeğinin gözenek faktörünün yüksek olduğunu ve daha homojen bir ekmek elde edildiğini belirlemiştir. Bu tez çalışmasında da gözenek faktörü açısından benzer sonuç elde edilmiştir.

4.9 Ekmeklerin İç ve Dış Renk Nitelikleri

Ekmeklerin bazı iç ve dış renk niteliklerine ait analiz sonuçları Tablo 4.12'de verilmiştir. Sonuçlarda parlaklık (L^*), sarılık (b^*) ve kırmızılık (a^*) verenk değişimlerindeki farklılıklar ΔE^* değeriyle belirtilmiştir. Ekmekler dış renk nitelikleri açısından değerlendirildiğinde parlaklık(L^*) değerinin (67,43)en yüksek pirinç kavuzlu katkılı ekmekte, en düşük (44,09) ise pirinç kepekli ekmekte olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kırmızılık (a^*)(14,52) ve sarılık (b^*) (29,30) değerlerinin siyez kepekli ekmekte olduğu belirlenmiştir. En düşük kırmızılık (a^*) değerin (7,59) siyez kavuzlu ekmekte, en düşük sarılık (b^*) değerinin ise (16,56) pirinç kepeği katkılı ekmekte olduğu tespit edilmiştir.

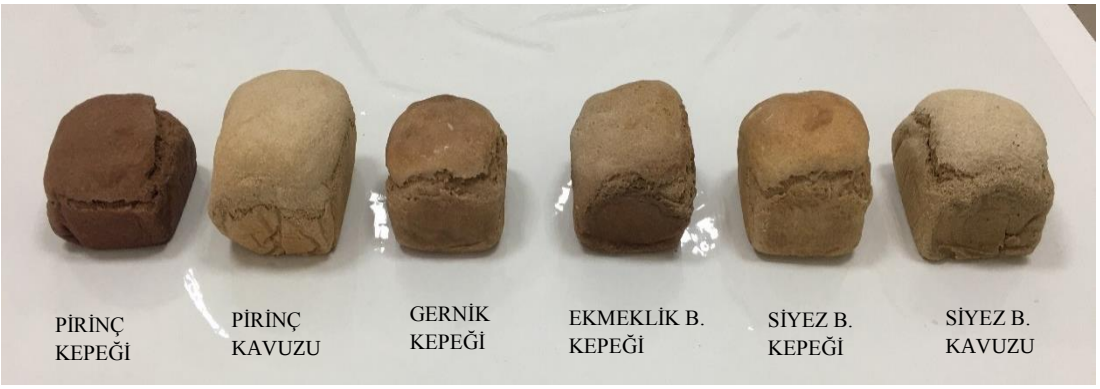
Tablo 4.12 Ekmeklerin iç ve dış renk nitelikleri

	Dış			
	L	*a*	*b*	*ΔE*
E. Buğday kepek	53,13 ±9,26^{bc}	12,83 ±3,25^{ab}	24,39±2,04^{b}	15,19 ±8,13^{ab}
Pirinç kepek	44,09 ±7,16^{c}	13,89 ±2,42^{a}	16,56 ±1,08^{c}	22,48±6,92^{a}
Pirinç kavuz	67,43±6,28^{a}	9,67 ±2,27^{bc}	24,94 ±4,04^{ab}	11,12±5,82^{b}
Gernik kepek	52,99±4,98^{bc}	12,12 ±1,52^{b}	23,83 ±3,06^{b}	14,15±3,69^{b}
Siyez kepek	60,31±3,91^{ab}	14,52 ±2,64^{a}	29,30 ±5,16^{a}	14,77 ±5,88^{b}
Siyez kavuz	65,83 ±8,76^{a}	7,59 ±1,81^{c}	22,65 ±4,19^{b}	9,46 ±4,22^{b}
	İç			
	L	*a*	*b*	*ΔE*
E. Buğday kepek	48,23 ±2,32^{e}	9,40±0,55^{b}	18,04 ±0,35^{bc}	16,25±2,39^{b}
Pirinç kepek	44,42 ±1,38^{f}	12,18 ±0,38^{a}	16,41±0,59^{d}	21,28 ±1,00^{a}
Pirinç kavuz	50,99±1,09^{d}	8,47±0,22^{c}	21,34 ±0,44^{a}	13,92±1,01^{c}
Gernik kepek	59,52 ±1,08^{b}	6,92±0,41^{d}	17,17 ±1,18^{cd}	63,57±0,91^{e}
Siyez kepek	62,68±1,35^{a}	64,0±0,56^{d}	18,53 ±0,93^{b}	3,63 ±0,33^{f}
Siyez kavuz	56,31±2,91^{c}	6,51±0,35^{d}	20,78 ±0,72^{a}	8,92 ±2,61^{d}

* Aynı sütundaki örnekler arasında harflendirme verileri istatistiksel olarak önemli fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada buğday ununa belirli oranlarda çavdar unu ve kavuzsuz arpa unu ilavesiyle üretilen ekmeklerin dış kabuk renkleri değerlendirilmiş, çavdar unu ilaveli ekmeklerle kontrol ekmeğinin *L** (parlaklık) ve *a** (kırmızılık) değerleri arasında önemli bir fark görülmezken %20-30-40 ve 50 kavuzsuz arpa unu ilaveli örneklerde kontrol örneğine göre parlaklık (L^*) değerinin azaldığı, arpa unundaki artışıyla (%40-50), sarılık (b^*) arttığı, çavdar unu ilavesindeki artışa bağlı olarak da ekmeklerde sarılık (b^*) değerinin düştüğü belirtilmiştir (Golzari, 2015).

Tablo 4.12'de verilen ekmek içi renk değerlerine göre; en yüksek parlaklık (L^*) değeri (62,68) siyez kepek katkılı ekmekte, en düşük parlaklık (L^*) değeri (44,42) pirinç kepekli ekmekte olduğu tespit edilmiştir. Kırmızılık (a^*) değerinin (12,18) en yüksek pirinç kepekli ekmekte olduğu tespit edilirken en düşük değerin (6,40) siyez kepekli ekmekte olduğu tespit edilmiştir. Sarılık (b^*) değerinin en yüksek olduğu ekmeğin ise (21,34) pirinç kavuzlu ekmek olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde en düşük sarılık (b^*) değerinin (16,41) pirinç kepeği katkılı ekmekte olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2 Ekmeklerin görünümleri

Cansız vd. (2020)'da yaptığı çalışmada tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin, ekmeklik un kullanılarak üretilen ekmeklere göre kabuk renginde parlaklık (L^*) ve sarılık (b^*) değerinin düşük olduğunu gözlemlerken ekmek içinde aynı şekilde tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin parlaklık (L^*) değerinin daha düşük sarılık (b^*) değerinin daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bunun nedeninin kepek oranınından kaynaklandı bildirilmiştir. Renk değerlerindeki farklılığın kepeğin sahip olduğu renk pigmentlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kepek ve kavuzların doğal renkleri ekmek renk değerini de belirgin düzeyde etkilemiş ve Şekil 4.2'deki ekmek görünümleri meydana gelmiştir.

4.10 Ekmeklerin Hacim, Ağırlık, Spesifik Hacim ve Duyusal Nitelikleri

Ekmek örneklerinin hacim, ağırlık ve spesifik hacim niteliklerine ait analiz sonuçları Tablo 4.13'de verilmiştir. Toplumumuzca kabul görmüş geleneksek ekmek kalitesine göre yüksek hacimli, kızarmış ve düzgün pişmiş görünümde, istenilen doku ve renkte ve homojen gözenekli ekmekler tercih edilmektedir. Diğer taraftan ekmek yapımında kepek kullanımının tekstürel, duyusal nitelikleri etkilediği, daha sıkışık gözenek yapısı, koyu renk ve daha düşük hacimli ekmekler verdiği bilinmektedir. Ön işleme tabi tutulan ekmek ve kavuz örneklerinin ekmek kalite niteliklerine etkilerini ve olası olumsuzlukları tespir edebilmek amacıyla Türk Gıda Kodeksi Ekmek tebliği Kepekli Ekmek tanımında belirtildiği üzere un ağırlığı üzerinden en fazla %30 düzeyinde kepek ve kavuz ilavesiyle ekmek üretimi gerçekleştirilerek, numuneler kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

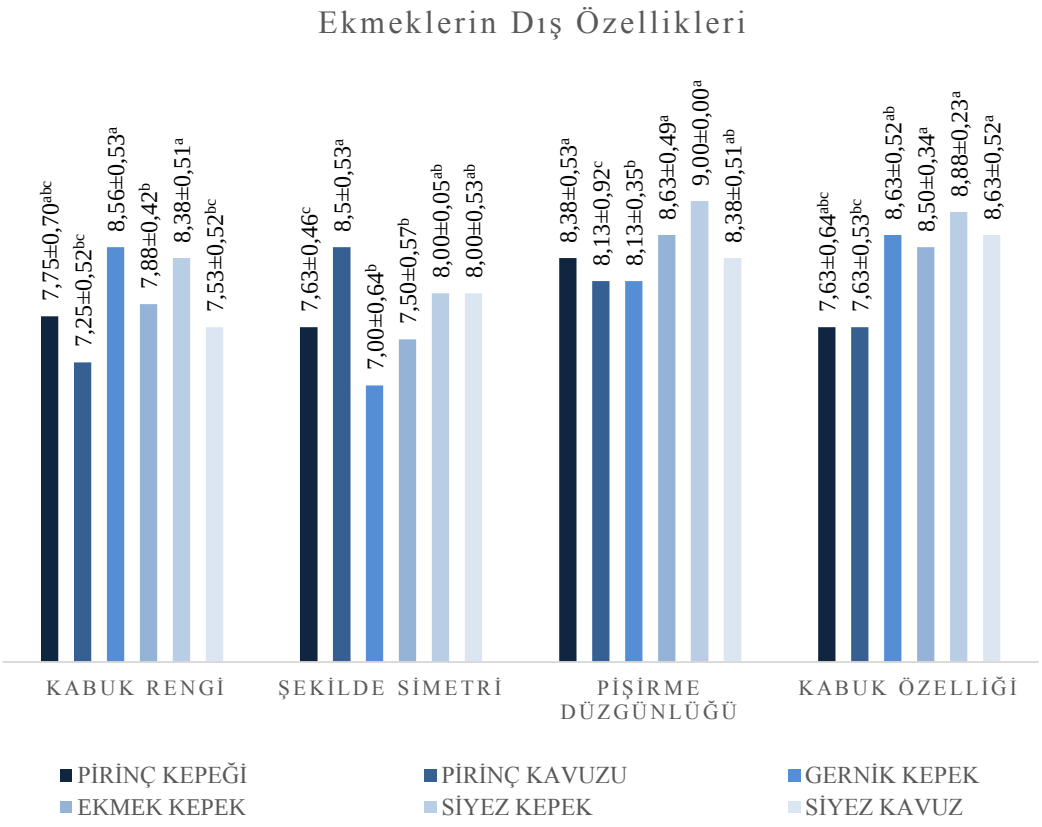
Tablo 4.13 Ekmeklerin hacim, ağırlık ve spesifik hacim nitelikleri

Ekmek örneği	Hacim (cm^3)	Ağırlık (g)	Spesifik hacim (mL/g)
E. Buğday kepekli	471,34±1,89^{a}	242,75±3,89^{a}	1,94±0,02
Pirinç kepekli	422,33±1,88^{c}	221,52±2,08^{b}	1,90±0,02
Pirinç kavuzli	411,79±2,53^{cd}	214,90±1,13^{b}	1,91±0,01
Gernik kepekli	431,79±1,29^{b}	222,08±2,94^{b}	1,94±0,02
Siyez kepekli	393,09±1,54^{d}	202,36±3,34^{c}	1,94±0,04
Siyez kavuzli	410,94±1,33^{cd}	211,96±2,78^{bc}	1,93±0,01

* Aynı sütundaki örnekler arasında harflendirme verileri istatistiksel olarak önemli fark (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

En yüksek hacimli ekmeğin ekmeklik buğday kepeğinden (471,34 cm^3) elde edildiği, en düşük ise siyez buğdayı kepeği (393,09cm^3) ilavesi ile elde edildiği görülmüştür. Ekmek örneklerine aynı miktarlarda fermente kepek ilave edilmesine rağmen ekmeklerin ağırlık ve hacimlerinin istatistiksel olarak önemli fark (p<0,05) görülürken ve spesifik hacimde önemli bir fark olmadığı (p<0,05) belirlenmiştir. Yapılan fermantasyon çalışmalarında LAB'lerinin örneklerdeki şekerleri kullanımıyla ve fermantasyon sürecine bağlı olarak örneklerde ağırlık kaybının olduğu belirlenmiştir (Wilkins vd., 1999; Filya, 2001). Ekmeklik buğday kepek ekmeğinin ağırlık ve hacmin diğerlerine göre daha yüksek olmasının ise faklı lif yapıları ve su bağlama niteliklerinin de farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürdeki çalışmalarda kepek partiküllerinin boyutlarının hacim üzerine etki ettiği belirlenmiştir (Zhang ve Moore, 1999; Kim vd., 2013). Bunlara ilaveten fırıncılık sektöründe pirinç kepeği, armut posası, patetes lifleri, üzüm çekirdeği unu, limon lifleri gibi kepek yerine alternatif lif kaynaklarının etkileri araştırılmış, lifli hammadde kaynaklarının belirli düzeylere kadar ekmeklerde fizikokimyasal özellikleri iyileştirdiği, kepek oranının artmasıyla özelliklerin negatif yönde etkilendiği gösterilmiştir (Hamid ve Luan, 2000; Kaack vd., 2006; Hoye ve Ross, 2011; Altunkaya vd.., 2013; Guevara-Arauza vd., 2015; Chang vd., 2015). Cingöz (2018) yapmış olduğu çalışmada kepeğe beş farklı oranda hidrolizat ve enzimli hidrolizat ekleyerek ürettiği kepekli ekmeklerde kontrol ekmeği hacminin 455 cm^3 iken işlem görmemiş kepek ilaveli ekmeklerde 203-248,6 cm^3 olduğunu belirlenmiştir. Hidrolizata uğratılan kepeklerde istatistiksel olarak en iyi sonucun enzimli hidrolizat katkılı %50 oranındaki örneğinin 511,0cm^3 hacminde olduğu ortaya koymuştur. Bu nedenle kepeklere ön işleminin başta hacim olmak üzere ekmek kalite niteliklerini olumlu yönde etkilediği söylenebilir.

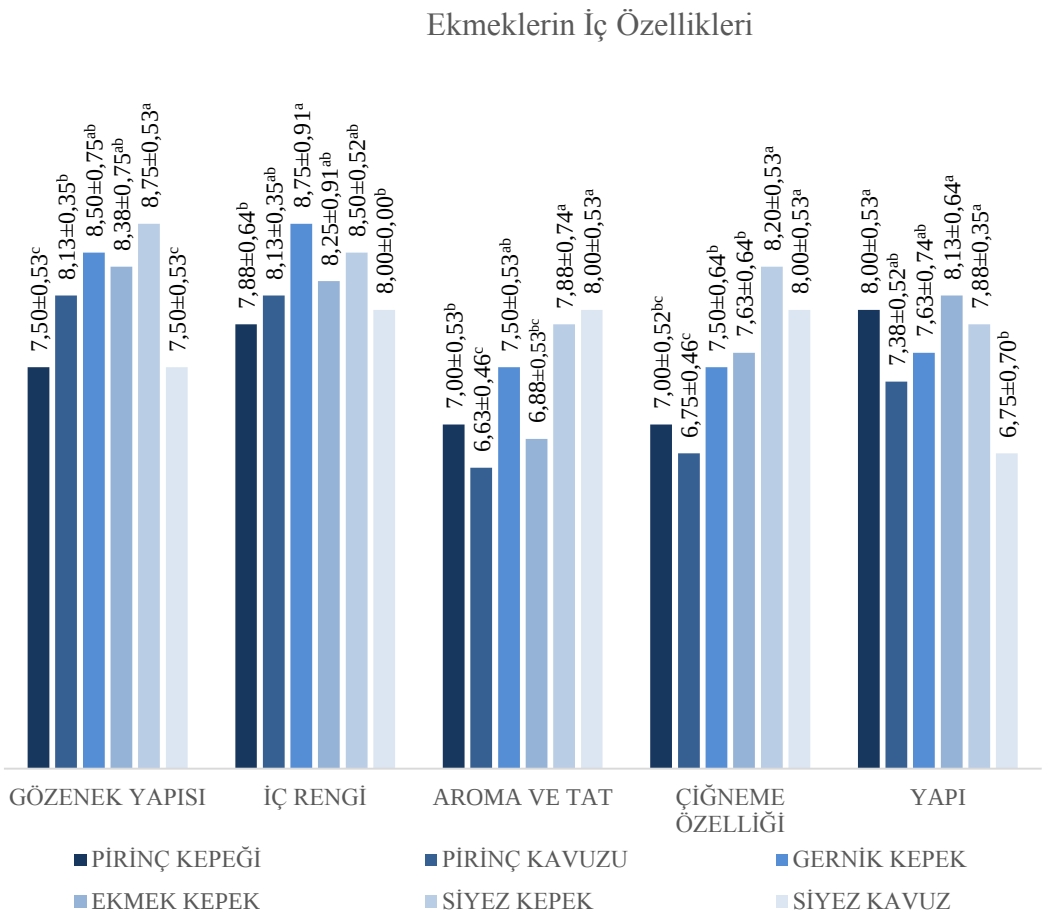
Yapılan çalışmada ekmek içerikleri farklı olabileceği göz önünde bulundurulmakla birlikte bu tez çalışmasında yapılan kepekli ekmeklerin hacimce diğer çalışmalarda yapılan direkt kepek katkılı ekmek örneklerinden daha yüksek olduğu söylenebilir (Altunkaya vd., 2013; Aydogdu vd., 2018). Aynı zamanda uygulanan ön fermantasyon işlemi sayesinde kepeklerden gelen özellikle heterofermentatif LAB'nin de ekmek hamuru fermantasyonunda direkt veya indirekt olarak CO_2 oluşumuna katkı sağladığı ve hacmi artırdığı düşünülmektedir.



Şekil 4.3 Ekmeklerin dış özelliklerinin duyusal analizi

Ekmeklerin duyusal analiz sonuçları dış ve iç özellik olarak Şekil 4.3 ve şekil 4.4'de verilmiştir. Ekmekler hazırlandıktan bir gün sonra dilimlenerek kendi aralarında değerlendirmek üzere panelistlere sunulmuştur. Panelde dış özellik olarak kabuk rengi, şekilde simetri, pişirme düzgünlüğü ve kabuk özellikleri için puanlama yapılması istenmiştir (Golzari, 2015). Ekmekte toplam duyusal kalite ekmek içi ve dış özellikleri bir arada incelenerek belirlenmektedir. Kaliteli ekmek kriterleri; simetrik şekli, ekmekte herhangi bir çökme veya basıklık olmaması, ince ve kolayca parçalanabilir

kabuk yapısı, eşit kabuk rengi, homojen ve ince iç gözenek yapısı, yabancı tat ve koku olamaması, çok yavan ya da ekşi tatta olmaması, çiğneme özelliğinin çok yapışkan ve hamurumsu olmaması ve ufalanan ya da aşırı kuru olmamasıdır. Ayrıca ekmekler kendine özgü koku ve lezzetli bir tada sahip olması gerekmektedir (Hendek Ertop, 2014; Alkan, 2019). Dış özelliklerde kabuk rengi açısından GK (8,56) ve SK (8,38), şekilde simetrisi PKA (8,50), pişirme düzgünlüğü SK (9,00), kabuk özelliği GK (8,63), EK (8,50) ve SK'de (8,88) istatistiksel olarak en beğenilen kepekli ekmekler olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4 Ekmeklerin iç özelliklerinin duyusal analizi

GK ve SK ekmek örneklerinin kabuk renginin daha çok beğenilmesinin, kepeklerin ekmeğe kattığı pişirme sonrası sarımtırak kızarmış renk tonu olduğu düşünülmektedir. Sarı bazlı ekmeklerin panelistler tarafından daha çok tercih edildiği bildirilmektedir

(Demiray vd., 2015). Dış özelliklerin bütün ekmeklerde kabuledilebilir seviyede olduğu belirlenmiştir. İç özellikler bakımından ekmeklerde (Şekil 4.4) gözenek yapısı SK 8,75 ekmeğinde, iç renginde GK 8,75 ekmeğinde, aroma ve tat SK 7,88 ve SKA 8,00 ekmeklerinde, çiğneme özelliği SK 8,20 ve SKA 8,00 ekmeklerinde, yapı özelliği PK 8,00, EK 8,13 ve SK 7,88 ekmeklerinde en yüksek değerler olduğu görülmüştür. Gözenek yapıları gözenek faktörü analizinde (Tablo 4.11) de ortaya konulduğu gibi sonuçlar paralel çıkarak iki analizde de en yüksek değerler gözlenmiştir. Ekmeklerin iç renkleri arasında GK ekmeğini panalistler daha çok beğenilmiş olup kendine özgü ve uniform renkte olduğu görülmüştür. Ekmeklerde iç rengin ekmek reçetesi ile ilgili olduğu ve formüldeki ham maddelere göre rengin belirlendiği bilinmektedir (Olapade ve Adetuyi, 2007). Ekmeklerdeki aroma ve tat ekmekteki uçucu bileşik içeriğinden gelmektedir. Kepekten gelen uçucu bileşiklerle (Kim vd., 2009) de ekmek örneklerinin kendine has aroma ve tada sahip olduğu görülmüştür. En çok beğenilen SK ve SKA ekmeklerinin siyez kepeği ve kavuzundan kendine has aroma ve tadının geldiği görülmektedir. Tat, aroma ve koku ekmek kalitesi açısından çok önemli beğeni faktörleriydi ve ön fermantasyon işlemine tabi tututalan kepek ve kavuz örneklerinin ekmek üzerinde tat, aroma ve koku özeliklerini geliştirdiği gözlenmiştir (Elgün ve Ertugay, 2011; Chavan ve Chavan, 2011). Katı gıdaları yutmaya hazır halde olana kadar çiğnemek için gereken enerji miktarını çiğnenebilirlik olarak tanımlanmaktadır. Ekmekler ağızda çiğneme eyleminde esneyen bir özellik göstermektedir (Gerçekaslan vd., 2007). Çiğneme özelliği açısından SK ve SKA numunelerinin en iyi niteliğe sahipolduğu panalistçiler tarafından belirlenmiş olup, bu özelliğin kepek/kavuz hammaddelerinin kendi niteliklerinden geldiği düşünülmektedir. İç ve dış özellik bakımından panelistlerin vermiş olduğu puanlamada ekmeklerin hepsinin kabuledilebilir seviyede olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Sonuç

Günlük beslenmemizde kalori kaynağı olarak tahıllar ve tahıl ürünleri kullanılmaktadır. Tahıllar ve ürünleri mineral maddelerce zengin gıdalardır. Dünya genelinde gelişmekte olan ülkeler mikro ve makro besin maddesi olarak tahıl ve tahıl ürünleri temel besin kaynağı olduğundan büyük bir öneme sahiptir. Tahılların rafine edilmiş unları besinsel açıdan fakir olduğu bilinmektedir ve bu yüzden rafine tahıllar almamız gereken günlük besinsel ihtiyaçlarımızı karşılamamaktadır. Düzensiz ve bilinçsiz beslenme yüzünden de dünya nüfusunun büyük bölümü mikro besin maddeleri eksikliği yaşamaktadır.

Son yıllarda doğal gıdalar ve doğal katkılı gıdalara yönelim artmıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında gıda ve un sanayiinde tam anlamıyla insan beslenmesinde değerlendirilemeyen atık ve hayvan yemi olarak nitelenen tahıl kepek ve kavuzlarının bazı ön işlemlerden geçirilerekfizikokimyasal, besinsel ve biyoaktif niteliklerindeki değişim ve gıda endüstrisinde kullanım olanakları üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak kullanılan tahılların (buğday, siyez, gernik ve pirinç) kepeklerinin ve kavuzlarının unlarına göre daha besleyici niteliklerinin olduğunu, mineral maddece zengin olduğu görülmüştür.

Tüketici alışkanlıklarımız itibariyle günlük diyette iyibir enerji kaynağı olması, tok tutması ve maliyetinin düşük olması nedeniyle ekmek beslenmemizin önemli bir parçasıdır. İstatistiklere bakıldığında tercih edilen ekmek örneklerinin çoğunluğu beyaz ekmek olmakla birlikte, tüketicilerin besleyici ve sağlıklı gıdalara yönelimi ve gelişmekte olan hayat koşulları sebebiyle kepekli ve tam tahıl ürünlerine olan talep gittikçe artmaktadır. Tüketicilerin talebi, sağlık ve besleyiciliği önemseyen ülkemizin yetkili mercilerinin düzenlediği standartlar ile ekmekte kül içeriğini artırmış bununla birlikte kepek ve türevleri ile ilgili düzenlemeler getirmiştir. Kepeğin ekmekte kullanımı hacim ve tekstüre dair bazı teknolojik sorunlarıda beraberinde getirirken,

kepek, ekmeğin besinsel değeriniartırsa da kepekte bulunan antinutrientlerin varlığı mineral ve protein sindirebilirliğini kısıtlamaktadır.

Tez çalışmasında, tahıl kepek ve kavuz örneklerine herhangi bir proses uygulanmadan önce fenolik madde ve antioksidan düzeylerinin düşük ve fitik asit içeriklerinin çok yüksek olduğu, ayrıca mineral madde sindirilebilirliklerinin düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada kavuz ve kepek örneklerinin değişen oranlarda kül içeriğinin olduğu özellikle kavuz örneklerinin toplam mineral madde içeriğinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Fakat fitatın özellikle +2 değerli iyonları şelatlanması çözünemeyen tuzlar oluşturması ve sindirilebilirliğini düşürmesi nedeniyle söz konusu yüksek toplam mineral içeriğinden vücudun düşük düzeyde yararlanabileceği ve defitinize edilmemiş hammadde kullanımının gıdanın besinsel kalitesini düşüreceği açıktır. Dolayısıyla bir antinutrientolan fitik asitin hammaddededegrade edildikten sonra tüketime sunulması gerekmektedir. Bu çalışma sonucu kepek ve kavuzların ekmekte kullanılmadan önce öğütülerek fiziksel olarak inceltilmesi ve ön işlemlere tabi tutularak defitinizasyon yapılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Araştırma sonucu altı farklı tahılın kepek ve kavuzlarına uygulanan onbir farklı prosesin tamamının fitik asit düzeyini düşürdüğü ve buna bağlı olarak mineral biyoyararlanımı da arttırdığı tespit edilmiştir.

Uygulanan proseslerin literatüre paralel olarak kavuz ve kepek numunelerinin antioksidan ve fenolik madde içeriğini farklı düzeyde arttırdığı veya azalttığı belirlenmiştir. Özellikle fermantasyon, ıslatma ve hafif ısıl işlemin artırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir.

En etkin proses seçimi amacıyla yapılan varyans analizi sonuçlarına göre Fermantasyon işlemlerinin diğer proseslere göre önemli sonuçlar (p<0,05) verdiği belirlenmiştir. Özellikle fitik asit içeriğini düşüren en etkili yöntemin fermantasyon işlemi olduğu tespit edilmiştir.

Ekmaklik buğday, pirinç, gernik ve siyez kepek ve kavuz örneklerinde starter ve spontan fermantasyon proseslerinin istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmadığı (p<0,05) tespit edilmekle beraber, en etkili proses seçiminde rakamsal olarak en düşük

fitik asit değerini veren proses tercih edilmiştir. Bu açıdan en etkili prosesin starter fermantasyon olduğu belirlenmiştir.

Etkili proses seçiminde ilk kriter Fitik asit degradasyonu ve Mineral biyoyararlanımdaki artış olmasına rağmen, tez çalışmamızın ilk aşamasında seçilen Starter Fermantasyon prosesinin, örneklerin Fenolik madde ve Antioksidan içeriklerini de arttırdığı tespit edilmiştir.

Starter fermantasyona tabi tutulan kavuz ve kepekler buğday unu ile paçal yapılarak ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada Türk Gıda Kodeksi Ekmek Tebliğinde belirtilen maksimum kullanım oranı %30 düzeyinde kepek/kavuz kullanılmasına rağmen ekmek üretimi gerçekleştirilebilmiş ve özellikle Pirinç kavuzu ve Gernik kepeği, Fitik asit içeriği ve Kül sindirilebilirlik oranı açısından Ekmeklik buğday kepeğine benzer sonuçlar vermişlerdir. Tüm ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri ise benzer bulunmuştur.

5.2 Öneriler

Bu çalışmada Siyez, Gernik ve Pirinç kavuz ve kepekleri incelenmiştir. Ülkemizde tarımı yapılan diğer tahılların da bu açıdan incelenmesi, kepek ve kavuz fraksiyonlarının hayvan yemine verilmeden önce gıda endüstrisinde kullanımının değerlendirilmesi önerilmektedir.

Özellikle kepek/endosperm sıkı bağlanmasından dolayı, %25-30 oranında değirmen atık ürünü olarak çıkan ve değirmencilik randıman düşüşüne neden siyez kepeğine uygulanacak tekrar öğüterek inceltme ve fermantasyon işlemleri ile ekmek fırınlarında hammadde olarak kullanımının mümkün olduğu, bu sayede ekmeğin besinsel nitelikler ile diyet lif içeriğini yükselteceği düşünülmektedir.

Aynı zamanda genel olarak hayvan yemi olarak kullanılan diğer kepek ve kavuzların da bu tez çalışmasında önerilen ön işlemler sonrası, kurutma, ve tekrar öğütme ile gıda

formülasyonlarına katılabilecek hazır preparat haline getirilebileceği ve fonksiyonel gıda üretiminde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada Türk Gıda Kodeksi Ekmek Tebliğinde belirtilen maksimum kullanım oranı %30 düzeyinde kepek/kavuz kullanılmasına rağmen ekmek üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Farklı oranlarda ön işlem görmüş kepek ve kavuz ilavesi ile ekmek kalite niteliklerine dair çalışmalar yapılmasının optimal kullanım miktarının tespiti açısından gerekli olduğu düşünülmektedir.

Kepek ve kavuz kullanımının ekmekte su bağlama, hacmi azaltma vb. olumsuz etkilerini bertaraf etmek için formülasyon çalışmalarının yapılması, hemiselülaz ve ksilanaz gibi enzim ilavelerinin araştırılması gerektiği düşünülmektedir.

Ön işlemden geçirilmiş tahıl kepek ve kavuzlarının besinsel değerinin zengin olması sebebiyle rafine undan yapılmış gıdalara paçal yapılarak kullanılabileceği ve farklı gıdalarda formül ve kalite çalışmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Besinsel değeri yüksek tahıl kepek ve kavuzlarının ön işleme, tekrar öğütme, kurutma gibi proseslerine dair endüstriyel üretim dizaynlarının geliştirilmesi, satış ve pazarlamasının teşvik edilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

AACC, (2000). American Association of Cereal Chemists Approved Methods of the AACC. 11th Edition The Association, St. Paul. MN. USA.

Abdel-Aal, E. S. M., Hucl, P. & Sosulski, F. W., (1995). Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats, *Cereal Chemistry*, 72(6), 621-624.

Abdul-Hamid, A., Sulaiman, R. R. R., Osman, A. & Saari, N., (2007). Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions stabilized by microwave heating.*Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (7), 627-637.

Acosta-Estrada, B. A., Lazo-vélez, M. A., Nava-valdez, Y., Gutiérrez-Uribe, J. A.& Serna-Saldívar, S. O., (2014). İmprovement of dietary fiber, ferulic acid and calcium contents in pan bread enriched with nejayote food additive from white maize (Zea mays). *Journal of Cereal Science*, 60, 264-269.

Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6182–6187.

Ahmad, I., Mohammad, F., Zeb, A., Rasool Noorka, I.& Akber Jadoon, S., (2013). determination and ınheritance of phytic acid as marker in diverse genetic group of bread wheat. *American Journal of Molecular Biology*, 3, 158-164, doi: 10.4236/ajmb.2013.33021.

Ajmal, M., Butt, M. S., Sharif, K., Nasir, M. & Nadeem, M. T., (2007). Preparation of fiber and mineral enriched pan bread by using defatted rice bran. (vol 9, pg 623, 2006), *International Journal of Food Properties*, 10 (1), 197-197.

Akay, H., Mut, Z., Erbaş Köse, O. D., &Sezer, İ., (2018). Türkiye de yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinin tane kalitesinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım, Çevre Ve Sağlık Kongresi*, I, 1123 – 1131, 26 - 28 Ekim, Aydın.

Akbaş, Ö., (2010). Farklı Kepek Fraksiyonlarından Hazırlanan Un Paçallarının Değişik Depolama Koşullarında Hamur ve Ekmek Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya.

Akpınar, Ö., Sabancı, S., Levent, O. & Sayalsan, A., (2012). Evaluation of antioxidant activity of dilute acid hydrolysate of wheat straw during xylose production. *Industrial Crops and Products*, 40, 39-44.

Aksu, T., (2017). Farklı Azot ve Çiftlik Gübre Dozlarının Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum L.*) Verim, Kalite ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi*, Adnan Menderes ÜniversitesiFen Bilimleri Enstitüsü*. Aydın.

Aktaş, K., (2018). Farklı Kepek ve Süt Serum Proteinleri Kullanılarak Zenginleştirilen Tarhananın Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi,*Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Konya.

Alkan, H.Y., (2019). Ekşi Mayalı Ekmek Tüketicilerinin Tüketim Tercihlerini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi.Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Ana Bilim Dalı*. Gaziantep.

Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Brimer, L., Gökmen, V. & Skibstes, L. H., (2013). Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. *Food Functional*, 4 (5), 722-727.

Anderson, R. J., (1914). A contribution to the chemistry of phytin. *J. Biol. Chem.*, 17, 171-19.

Andersson, A.A.M., Andersson, R., Piironen, V., Lampi, A.M., Nystrom, L., Boros D., et al., (2013). Contents of dietary fibre components and their relation to associated bioactive components in whole grain wheat samples from the healthgrain diversity screen. *Food Chemistry,* 136,1243- 1248.

Anonim, (2015). Healthy Reasons to Put Farro on Your Plate. *Tufts University Health & Nutrition Letter;* New York, 33(4).

Anonim, (2016). Siyez buğdayı ve ürünleri. *T.C. Kastamonu Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü.*

Aribasa, M., Kahraman, K. & Koksel, H., (2020). In vitro glycemic index, bile acid binding capacity and mineral bioavailability of spaghetti supplemented with resistant starch type 4 and wheat bran. *Journal of Functional Foods,* 65, 103778 doi:10.1016/j.jff.2020.103778

Arif, S., Ahmad, A., Masud, T., Khalid, N., Hayat, I., Siddique, F. & Ali, M., (2012). Effect of flour processing on the quality characteristics of a soy based beverage.*International Journal of Food Science and Nutrition,* 63(8), 940-946.

Atar, B. & Kara, B., (2017). Comparison of grain yield and some characteristics of hulled, durum and bread wheat genotypes varieties. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(2), 159-163.

Atasoy, R. &Hendek Ertop, M., (2021). Assessment of nutritional and bioactive properties for gluten-free tarhana containing various legumes and cereals. *Journal of Food Processıng and Preservatıon.*

Atasoy, R., (2018). Çeşitli Tahıl ve Bakliyat Unlarıyla Üretilen Tarhanaların Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Besinsel Niteliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Katamonu.

Aydogdu, A., Sumnu, G. & Sahin, S., (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal Food Science Technology,* 55, 667-677.

Badau, M. H., Nkama, I. & Jideani, A. I., (2005). Phytic acid content and hydrochloric acid extractability of minerals in pearl millet as affected by germination time and cultivar.*Journal of Food Chemistry*, 92, 425-435.

Bader Ben, N., (2017). Prinç Kavuzu Hidrolizatının Biyofilm Reaktörde Kesikli ve Süekli Sistemlerle Etanol Fermantasyonu ve Üretimin Matematiksel Modellerle Tanımlanması. Doktora Tezi, *Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.* Antalya.

Baruah, K., Sahu, N. P., Pal, A. K., Debnath, D. & Mukherjee, S. C., (2007). Dietary Microbial Phytase and Citric Acid Synergistically Enhances Nutrient Digestibility and Growth Performance of Labeo rohita (Hamilton) Juveniles at Sub-Optimal Protein Level. *Aquaculture Research,* 38(2), 109-120.

Baruah, K., Sahu, N. P., Pal, A. K.,& Debnath, D., (2004). Dietary Phytase : An Ideal Aprroach for Cost Effective and Low Polluting Aquafeed. NAGA. *World Fish Center Quarterly*, 27, 15-19.

Batmaz Sarı, C., (2018). Üniversite Öğrencilerinde Tam Tahıl Bilgi, Algı Seviyesi ve Tüketimi Arasındaki İlişki. Yüksek Lisans Tezi, *Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi,Sağlık Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Bavec, F., (2000), Spelt (Triticum spelta L.), in Nekatere Zapostavljene in/ali Nove Poljscine (Some of disregarded and/or new field crops), Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo, *Maribor,* 94.

Baysal, A., (2011). *Beslenme Grupları*. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 273s

Bemiller, J.N. & Whistler, R.L. (1996). Dietary fiber and carbonhydrate digestibility. *Food Chemistry*, 218-223.

Benítez, V., Esteban, R. M., Moniz, E., Casado, N.,& Aguilera, Y. (2018). Breads fortified with wholegrain cereals and seeds as source of antioxidant dietary fibre and other bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, 82, 113-120. doi:10.1016/j.jcs.2018.06.001

Bergman, C. J. & Xu, Z., (2003). Genotype and environment effects on tocopherol, tocotrienol, and gamma-oryzanol contents of Southern US rice, *Cereal Chemistry*, 80 (4), 446-449.

Beta, T., Nam, S., Dexter, J, E. & Sapġrsteġn, H, D., (2005). Phenolic Content and Antioxidant Activity of Pearled Wheat and Roller-milled Fractions. *Cereal Chemistry*, 84, 390-393.

Bilgiçli, N., (2002). Fıtık asıtın beslenme açısından önemi ve fıtık asıt mıktarı düsürülmüs gıda üretım metotları. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 16 (30), 79-83

Bilgiçli, N. & Türker, S., (2004). Tarhanada sindirilebilir protein ve kül miktarı üzerine maya, malt unu ve fitaz katkılarının etkileri. *SelçukÜniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18,33, 90-97.

Bilgiçli, N., Elgün, A., & Türker, S., (2006). Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of tarhana.*Food Chemistry*, 98(2), 329–337.

Bilişli, A., (2012). *Hububat Teknolojisi*. Sidas Yayınları, Çanakkale, 89s.

Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P., De Onis, M., & Uauy, R. (2013). Maternal and child undernutrition and overweight in lowincome and middle-income countries. *Lancet*, 382, 427–451.

Blandino, A., Al-Aseeri, M.E., Pandiella, S.S., Cantero, D. & Webb, C. (2003). Cereal-Based Fermented Foods and Beverages. *Food Research International, 36*, 527-543.

Bock, M.A., (2000).Minor constituents of cereals, Kulp, K., Ponte Jr., J.G. (Eds.), *Handbook of Cereal Science and Technology*, second ed. Marcel Dekker Inc., New York, 479-504.

Bohn, L., Meyer A. S. &Rasmussen S. K., (2008). Phytate: Impact on Environment and Human Nutrition, a Challenge for Molecular Breeding, *Journal of Zhejiang University-SCIENCE* B, 9, 165-191.

Bolarinwa, I.F., Lim, P.T., Kharidah, M. (2019). Quality of gluten-free cookies from germinated brown rice flour. *Food Research*, 3 (3), 199 - 207.

Bouis, HE. &Saltzman, A., (2017). Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. *Glob Food Sec* 12:49–58.

Brandolini, A., Hidalgo, A. & Moscaritolo, S., (2008). Chemical composition and pasting properties of einkorn (Triticum monococcum L. subsp. monococcum) whole meal flour. *Journal of Cereal Science*, 47, 599–609

Bulbul, M., Kader,A., Ambak, M. A., Hossain, S., Ishikawa, M., &Koshio, S., (2015). Effects of Crystalline Amino Acids, Phytase and Fish Soluble Supplements in Improving Nutritive Values of High Plant Protein Based Diets for Kuruma Shrimp, Marsupenaeus japonicus. *Aquaculture Elsevier* 438, 98–104.

Butsat, S., & Siriamornpun, S., (2010). Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry*, 119, 606-613.

Cansız, Z., Candal, C., Mutlu, C., Arslan Tontul, S., Ercan, R. & Erbaş, M., (2020). Farklı oranlarda peynir altı suyu kullanımının beyaz ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin bazı özellikleri üzerine etkisi.*Gıda*, 45(1), 125-138,

Cao, L., Wang, W., Yang, C., Yang, Y., Diana, J., Yakupitiyage, A. & Li, D., (2007). Application of microbial phytase in fish feed. *Enzyme Microb. Tech*., 40, 497-507.

Catzeddu, P., (2011). Flour and breads and their fortification in health and disease prevention, *Sourdough.*

Chang, R. C., Li, C. Y. & Shiau, S. Y., (2015). Physico-chemical and sensory properties of bread enriched with lemon pomace fiber. *Czech Journal of Food Sciences,* 33, 180-185.

Chavan, R.S., &Chavan, S.R., (2011). Sourdough technology—a traditional way for wholesome foods: A Review. *Food Science and Food Safety*, 10, 170-183.

Chi, C.H. & Cho, S.J., (2016). Improvement of bioactivity of soybean meal by solid-state fermentation with Bacillus amyloliquefaciens versus Lactobacillus spp. and Saccharomyces cerevisiae. *LWT - Food Science and Technology* 68, 619-625. doi:10.1016/j.lwt.2015.12.002

Chlopickaa, J., Paskoa P., Gorinsteinb S., Jedryasa A. & Zagrodzkia, P., (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT - Food Science and Technology.* 46 (2), 548-555 doi:10.1016/j.lwt.2011.11.009

Christ-Ribeiro, A., Graça, C. D. A. S., Chiattoni, L. M., Massarolo, K. C., Duarte, F. A., Mellado, M. de las S.,& Soares, L. A. D. E. S. (2017). Fermentation process in the availability of nutrients in rice bran. *Research & Reviews:Journal of Microbiology and Biotechnology*, 6(2), 45–52.

Chung, T. K., (2001). Sustaining livestock production and environment. *Food and Agriculture Asia Pacific Development. Singapore.*52–54.

Cingöz, A., (2018). Hidrotermal İşlem Görmüş Kepeklerin Ekmek Kalitesi ve Besleyicilik Değerine Etkisi. Doktora Tezi, *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.* Tokat.

Cingöz, A., Akpınar, Ö. & Sayaslan, A., (2017). Farklı kepek fraksiyonlarının fonksiyonel özellikleri ve hamur reolojik özelliklerine etkisi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University.* 34(3), 128-138 doi:10.13002/jafag4236

Cosgrove, D.J., (1966). The chemistry and biochemistry of inositol phosphates, Rev. Pure Appl. *Chem.*, 16, 209-224

Coşkun, Y., (2017). Toz Nohut Mayası Kullanımının Yüzey Yanıt Metoduyla Optimizasyonu ve Ekmek Kalite Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Gümüşhane.

Coudray, C., Bellanger, J., Castiglia-Delavaud, C., Remesy, C., Vermorel, M. & Rayssignuier, Y. (1997). Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(6), 375-380.

Coulibaly, A., Kouakou, B. & Chen, J. (2011). Phytic acid in cereal grains: Healthy or harmful ways to reduce phytic acid in cereal grains and their effects on nutritional quality. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology,* 1, 1-22.

Cubadda, R. &Marconi, E., (2002). Spelt wheat, in Pseudocereals and Less Common Cereals: *Grain Properties and Utilization Potential*, Belton, P., and Taylor, J., Eds., Springer-Verlag, Berlin.

Çelik, İ., Işık, F. & Yılmaz Y., (2010). Chemical, Rheological and Sensory Properties of Tarhana with Wheat Bran as a Functional Constituent. *Akademik Gıda* 8 (3), 11-17.

Danwitz, Von, A., van Bussel, C. G. J., Klatt, S. F. & Schulz, C., (2016). Dietary Phytase Supplementation in Rapeseed Protein Based Diets Influences Growth Performance, Digestibility and Nutrient Utilisation in Turbot (Psetta maxima L.). *Aquaculture Elsevier,* 450, 405-411.

Debnath, D., Pal, A. K., Sahu, N. P., (2005). Effect of Dietary Microbial Phytase Supplementation on Growth and Nutrient Digestibility of Pangasius pangasius (Hamilton) Fingerlings. *Aquacult Res*, 36(2), 180–187.

Değirmencioğlu, N., Gürbüz, O., Herken, E.N. &Yıldız, A.Y. (2016). The impact of drying techniques on phenolic compound, total phenolic content and antioxidant capacity of oat flour tarhana. *Food Chemistry,194*, 587–594.

Demiray, E., Çelik, İ., Nogay, O. & Tülek, Y., (2015). Denizli Karahöyük ekmeği Zığır'ın renk ve tekstürel özellikleri.*Akademik Gıda*, 13 (3), 223-228.

Demirel, F., (2013). Kastamonu'dan Toplanan Diploid (*T. Monococcum*) Ve Tetraploid (*T. Dicoccum*) Kavuzlu Buğday Köy Çeşitlerinin Moleküler Ve Morfolojik Tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Kayseri.

Dexter, J. E., & Wood, P. J., (1996). Recent applications of debranning of wheat before milling. *Trends in Food Science &Technology*, 35-41.

Dhingra, S. & Jood, S. (2001). Organoleptic and nutritional evaluations of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chem,77*, 479-488.

Doğan, Y. & Kendal, E., (2012). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 113-121.

Dost, K. & Tokul, O., (2006). Determination of pyhtic acid in wheat and wheatproducts by reverse phase high performance liquid chromatography, *Analytica Chimica Acta* 558 (1-2), 22–27.

Dönmez, M., Cankurtaran, M., İlseven, S., Sancak, N., İpekçioğlu, P. & Turan, A.R. (2010). Diyet Lifleri ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Ulusal Meslek*

Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu (MYO-ÖS), 21-22 Ekim, Düzce, Türkiye.

Duhan, J.S., Chawla, P., Bains, A., Kumar, S. & Sadh, P.K., (2020).Solid-state fermented peanut press cake:assessment of biochemical properties, mineral bioavailability, and its application in sweetened yogurt cheese. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*,29, 101780. doi:10.1016/j.bcab.2020.101780

Dülger, D. & Şahan, Y. (2011). Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri. *Journal of Agricultural Faculty*, 25(2), 147-157.

Ekholm, P., Virkki, L., Ylinen, M. & Johansson, L., (2003). The effect of phytic acid and some natural chelating agents on the solubility of mineral elements in oat bran. *Food Chemistry*, 80(2), 165–170.

Elgün, A. & Ertugay, Z., (2002). *Tahıl İşleme Teknolojis*i, Atatürk Üniversitesi Yayınları (No:718), Ziraat Fakiltesi (No:297), Ders Kitapları Serisi (No:52), Erzurum.

Elgün, A., (2015). Bazı İlkel Buğdaylarda Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Konya.

Elgün,A. & Ertugay, Z., (2011). *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:718, Erzurum.

El-Hady, E. A. & Habiba, R., (2003). Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds.*LWT-Food Science and Technology*, 36, 285-93.

El-Hag, M. E., El Tinay A. H. & Yousif, N. E. (2002). Effect of fermentation and dehuling on starch, total polyphenols, phytic acid content and in vitro protein digestibility of pearl millet.*Food Chem*, 77, 193-196, doi: 10.1016/S0308-8146(01)00336-3

Elyas, S.H.A., El Tinay, A.H., Yousif, N.E. & Elsheikh, E.A.E. (2001). Effect of naturel fermentation on nutritive value and in vitro protein digestibility of perl millet. *Food Chem*,*78*(1), 75- 79.

Emanuelli, T., Milbradt, B. G., da Kolinski, M., Callegaro, G., & Augusti, P. R. (2014). Wheat bran and cadmium in human health. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*. doi:10.1016/B978-0-12-401716-0.00019-2.

Emeksizoğlu, B., (2016). Kastamonu Yöresinde Yetiştirilen Siyez (*Triticum Monococcum L*.) Buğdayının Bazı Kalite Özellikleri İle Bazlama ve Erişte Yapımında Kullanımının Araştırılması. Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Samsun.

Ertaş N., Türker S. & Bilgiçli N., (2008). Çeşitli Proseslerin Baklagilin Besinsel ve Antibesinsel Öğelerine Etkisi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*. Erzurum.

Ertaş, N. & Türker, S., (2012). Bulgur processes ıncrease nutrition value: possible role in in-vitro protein digestibility, phytic acid, trypsin ınhibitor activity and mineral bioavailability. *Journal of Food Science and Technology*, doi:10.1007/s13197-012-0638-7.

Esmailzadeh, A. & Azadbakht, L. (2006). Whole-grain intake, metabolic syndrome, and mortality in older adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), 1439-1440.

FAO, (2016). El espectro de la malnutricion. www.fao.org/worldfoodsummit/spanish/fsheets/malnutrition.pdf. Erişim tarihi: 30/09/2020

FAO, (1996). Draft definition and classification of commodities, http://www.fao.org/waicent/faoinfo/economic/faodef/fdef11e.htm, Erişim tarihi: 22/05/2019.

Febles, I., Arias, A., Hardisson, A., Rodríguez-Alvarez, C. & Sierra, A., (2002). Phytic Acid level in wheat flours, *J. Cereal Sci*., 36; 19–23.

Fernandez-Gines, J.M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E. & Perez-Alvarez, J.A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: application to bologna sausages. *Meat Sci.*, 67, 7-13.

Fınney, P. L., Henry, S. & And Jeffers, H. (1985). Effect of wheat variety, flour grinding, and egg yolk on whole wheat bread quality. *Cereal Chem*., 62, 170

Filya, İ., (2001). Silaj Fermantasyonu. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(1), 87-93.

Foschia, M., Peressini, D. A.& Sensidoni, C.S. (2013). Brennan, The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products.*Journal of Cereal Science*, 58, 216-227.

Fox, C.H. & Eberl, M. (2002). Phytic acid (IP6), novel broad spectrum anti-neoplastic agent: a systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, 10(4), 229-234.

Fretzdorff, B. & Brümmer, J-M., (1992). Reduction of phytic acid during breadmaking of whole-meal breads, *Cereal Chem*., 69, 266-270.

Frølich, W. (2001). Bioavailability of minerals from cereals, In: CRC *Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition*. 3rd ed., 499–530, CRC Press: Washington.

Funk, C., Braune, A., Grabber, J. H., Steinhart, H., & Bunzel, M. (2007). Model studies of lignified fiber fermentation by human fecal microbiota and its impact on heterocyclic aromatic amine adsorption. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 624(1-2), 41-48.

Gerçekaslan, K.E., Kotancılar, H.G. & Karaoğlu, M.M., (2007). Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler. *Gıda*.. 32(6), 305 - 315

Golzari, H., (2015).Arpa Unu ve Çavdar Unu İlavesinin Buğday Unlarının Bazı Fiziksel, Kimyasal, Reolojik ve Ekmek Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.Ankara

Greger, J.L. (1999). Nondigestible carbohydrates and mineral bioavailability. *The Journal of Nutrition*, 129(7), 1434-1435.

Guevara-Arauza, J. C., Barcenas, D. G., Ortega-Rivas, E., Martinez, J. D., Hernandez, J. R. & De Jesus Ornelas-Paz, J., (2015). Effect of fiber fractions of prickly pear cactus (nopal) on quality and sensory properties of wheat bread rolls. *J. Food Science Technolgy*, 52, 2990-2997.

Gul, K., Yousuf, B., Singh, A. K., Singh, P. & Wani, A. A., (2015). Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food—A review, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 6, 24-30.

Gupta, R. K., Gangoliya, S. S. & Singh, N. K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 676-684.

Haard, N., Odunfa, S. A., Lee, C. H., Quintero-Ramirez, A., Lorence Quinones, A. & Wacher-Radarte, C., (1989). *Fermented Cereals: A Global Perspective*, FAO, Agricultural Service Bulletin 138.

Hamid, A., &Luan, Y. S., (2000). Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68, 15-19

Hamza, T. A., Rosenstie, F. S., Elhosary, M. M.,& Ibraheem, R. B., (2004). The effect of fiber reinforcement on the fracture toughness and flexural strength of provisional restorative resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 91(3), 258-264.

Haug, W. & Lantzsch, H. J., 1983. Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytic Acid in Cereals and Cereal Products.*Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426, doi:10.1002/jsfa.2740341217.

Hayta, M., & Hendek Ertop, M. (2019). Physicochemical, textural and microbiological properties of optimized wheat bread formulations as affected by differently fermented sourdough. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11 (3), 283-293.

Hegde, S., Kavitha, S., Varadaraj, M.C., &Muraikrishna, G., (2006). Degradation of cereal bran polysaccharide-phenolic acid complexes by Aspergillus niger CFR 1105. *Food Chem*. 96, 14-19.

Hendek Ertop, M., Bektaş, M. & Atasoy, R., (2020). Effect of cereals milling on the contents of phytic acid and digestibility of minerals and protein. *Ukrainian Food Journal*, 9 (1),136-147. doı: 10.24263/2304- 974X-2020-9-1-12.

Hendek Ertop, M. & Coşkun, Y. (2018). Shelf-life, physicochemical, and nutritional properties of wheat bread with optimized amount of dried chickpea sourdough

and yeast by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservatio,*. 42 (7), e13650. doi:10.1111/jfpp.13650

Hendek Ertop, M. (2014). Ekşi Hamur Formül Optimizasyonunun Ekmeğin Aromatik Profili, Biyoaktif Nitelikleri ve Raf Ömrü Üzerindeki Etkileri. Doktora Tezi, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kayseri.

Heun, M., Schaefer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., *et al.*, (1997). Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science* 278, 1312–1314

Hidalgo, A. & Brandolini, A., (2014). Nutritional propertics of einkorn wheat (*Triticum monococcum l.*).*Journal ScienceFood Agriculture*, 94,601-612.

Holtekjølen, A.K., Bævre, A.B., Rødbotten, M., Berg, H. & Knutsen, S.H., (2008). Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour. *Food Chem*. 110, 414-421. doi:10.1016/j.foodchem.2008.02.054.

Hoye, C., JR. & Ross, C. F., (2011). Total phenolic content, consumer acceptance, and instrumental analysis of bread made with grape seed flour. *J Food Sci*, 76, 428- 436.

Huang, T., Xu M., Lee, A., Cho, S. & Qi, L., (2015). Consumption of whole grains and cereal fiber and total and cause-specific mortality: prospective analysis of 367,442 individuals. *BMC Medicine*, 13,59.

Iqbal, S., Bhanger, M. I. & Anwar, F., (2005). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran inPakistan, *Food Chemistry*, 93, 265–272.

Iqbal, S., Bhanger, M.I. & Anvar, F. (2007). Antioxidant properties and components of bran extracts from selected wheat varieties commercially available in Pakistan. *LWT*, 40, 361-367.

İcil, S., (2019). Farklı Fermantasyon Stratejileri ile Endüstriyel Çapta Turşu Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İzmir.

Kaack, K., Pedersen, L., Laerke, H.N. & Meyer, A., (2006). New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. *European Food Research and Technology*., 224(2),199-207. doi: 10.1007/s00217-006-0301-5

Kahlon, T. S. & Chow, F. I., (2001). Rice bran: Production, composition, availability, healthful properties, safety and food applications, *(Handbook of Dietary Fiber; Cho, S. S., Dreher, M. L.)*, 543-552.

Kan, M., Küçükçongar, M., Keser, M., Morgounov, A., Muminjanov, H., Özdemir, F. & Qualset, C. (2015). Wheat Landraces in Farmers' Fields in Turkey: National Survey, Collection and Conservation, 2009-2014, FAO publication, 178 p.

Kaplan, B., (2018). Bazı Fırıncılık Ürünlerinde Siyez Buğday Unu Kullanımının Optimizasyonu, Ürün Kalitesi Ve Raf Ömrü Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi.. Yüksek Lisans Tezi,*Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.* Kastamonu.

Karagoz, A., & Zencirci, N., (2005). Variation in wheat (*Triticum* spp.) landraces from different altitudes of three regions of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 52,75-785.

Kataria, A., Chauhan, B. M. & Punia, D., (1989). antinutrient and protein digestibility (in vitro) of mung bean as affected by domestic processing and cooking. *Journal Food Chemistry*, 32, 9-17.

Keçeli, A., (2019). A Review on the bioactive, antioxidant properties of Einkorn (*Triticum monococcum* L. *ssp. monococcum*) populations and using in organic agriculture. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology,* 7(12), 2111-2120. doi:10.24925/turjaf.v7i12.2111-2120.2833

Khatoon, N. & Prakash, J., (2004). Nutritional quality of microwavecooked and pressure-cooked legumes.*International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55, 441- 448.

Kılınçer, F.N., (2018). Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Besinsel ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Konya.

Kim, B. K., Cho, A. R., Chun, Y. G. &Park, D. J., (2013). Effect of microparticulated wheat bran on the physical properties of bread. *İnt J Food Sci Nutr,* 64, 122-129.

Kim, K.H., Tsa, R., Yang, R. & Cui, S.W. (2006). Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and effect of hydrolysis conditions. *Food Chem.*, 95, 466-473.

Kim,Y., Huang,W., Zhu,H. & Rayas-Duarte,P., (2009). Spontaneous sourdough processing of Chinese Northern-style steamed breads and their volatile compounds, *Food Chemistry*, 114, 685-692.

Ko, S.-N., Kim, C.-J., Kim, H., Kim, C.-T., Chung, S.-H., Tae, B.-S., & Kim, I.-H. (2003). Tocol levels in milling fractions of some cereal grains and soybean. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 80, 585-589.

Kornegay, E. T., (2001). Digestion of Phosphorus and Other Nutrients: The Role of Phytases and Factors Influencing Their Activity, Enzymes in Farm Animal Nutrition, Eds., Bedford, M. R., Partridge, G. G., CAB International Publishing, UK. 237-272.

Köksal, E. &Gülçin, İ., (2008). Antioxidant activity of cauliflower (*Brassica oleraceaL.*).*Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 65-78.

Köksel, H. &Özboy, Ö., (1993). Besinsel Liflerin insan sağlığındaki rolü. *Gıda,* 18(5), 309-314.

Ktenioudaki, A. & Gallagher, E., (2012). Recent advances in the development of highfibre baked products. *Trends Food Sci. Technol*. 28, 4-14.

Kumar, V, Sinha, A. K, Makkar, H. P. S. &Becker, H. (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: a review. *Food Chem.* 120, 945-59.

Kumar, V., Sinha, A., Makkar, H., De Boeck, G. & Becker, K., (2012). Phytate and phytase in fish nutrition. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.,* 96, 335–364.

Kumari, S., Krishnan, V. & Sachdev, A., (2015). Impact of soaking and germination duration on antioxidants and anti-nutrients of black and yellow soybean (Glycine max L.) varietes. *J. Plant Biochem. Biotechnol*. 24, 355-358.

Kutos, T., Golob, T., Kac, M., & Plestenjak, A., (2003). Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chemistry*, 80, 231-235.

Laı, C.S., Hoseney, R.C. & Davıs, A.B., (1989). Effects of Wheat Bran in Breadmaking. *Cereal Chem*. 66(3),217-219.

Lasztity, R. & Lasztity, L. (1990). Phytic acid in cereal technology. *Advances in Cereal Science and Technology,* X., 309-371.

Lattimer, J. M. & Haub, M. D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2(12), 1266-1289.

Lawless, H.T. & Heymann, H., (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*(2nd ed.), Springer, New York

Lemus-Mondaca, R., Ah-Hen, K., Vega-G alvez, A., Honores, C. ve Morago, N.O., (2016). Stevia rebaudiana leaves: effect of drying process temperature on bioactive components, antioxidant capacity, and natural sweeteners. *Plants Food for Human Nutrition*, 71, 49-56.

Lı, W., Shan, F., Sun, S., Corke, H., & Beta, T., (2005). Free radical scavenging properties and phenolic content of chinese black-grained wheat. *J. Agric. Food Chem., 53, 8533-8536.*

Lioger, D., Leenhardt, F., Demigne, C. & Remesy, C. (2007). Sourdough fermentation of wheat fractions rich in fibres before their use in processed food. *J Sci Food Agric*, 87, 1368-1373, doi:10.1002/jsfa.2862

Liukkonen, K.-H.,Katina, K., Wilhelmson, A., Myllymaki, O., Lampi, A.-M., Kariluoto, S., Piironen, V., Heinonen, S.-M., Nurmi, T., Adlercreutz, H., Peltoketo, A., Pihlava, J.-M., Hietaniemi, &V., Poutanen, K., (2003). Processinduced changes on bioactive compounds in whole grain rye. *Proceedings of The Nutrition Society*, 62,117–122.

Loewus, F., (2002). Biosynthesis of phytate in food grains and seeds, In N. R. Reddy and S. K. Sathe (Eds.), *Food phytates* (53–61), Boca Raton, Florida, USA: CRC Press,

Loje, H., Moller, B., Laustsen, A. M. & Hansen, A. Ê, (2003). Chemical composition, functional properties and sensory profiling of Einkorn (*Triticum monococcum* L.). *Journal of Cereal Science*, 37(2), 231-240.

Lopez, H. W., Leenhardt, F., Coudray, C. & Remesy, C., (2002). Minerals and phytic acid ınteractions: ıt is a real problem for human nutrition.*International Journal of Food Science & Technology*, 37, 727-739.

Maas, R.M., Verdegem, M.C. J., Stevens, T. L. & Schrama J.W., (2020). Effect of exogenous enzymes (phytase and xylanase) supplementation on nutrient digestibility and growth performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fed different quality diets. *Aquaculture*, 529, 735723.

Magallanes-López, A. M., Hernandez-Espinosa, N., Velu G., Posadas-Romano, G., Ordoñez-Villegas, V. M. G., Crossa, J., Ammar, K. & Guzmán, C., (2017). Variability in iron, zinc and phytic acid content in a worldwide collection of commercial durum wheat cultivars and the effect of reduced irrigation on these traits. *Food Chemistry*, 237, 499–505.

Majzoobi, M., Kamali Aghdam M.B., Hadi Eskandari, M.,& Farahnaky A., (2019). Quality and microbial properties of symbiotic bread produced by straight dough and frozen part-baking methods. *Journal of Texture Studies*. 50 (2), 165-171.

Malekian F., Rao R.M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W.E., Windhauser M. & Ahmedna, M., (2000). *Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, and Nutrient Losses in Rice Bran During Storage*. Bulletin number 870, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA 70803.

Massarolo, K. C., Ribeiro, A. C., Furlong, E. B., & Soares, L. A. de S. (2017). Effect of particle size of rice bran on gamma-oryzanol content and compounds. *Journal of Cereal Science*, 75, 54–60.

Mattıla, P, Pıhlava, J. & Hellstro, J., (2005). Contents of PhenolicAcids, Alkyl- and Alkenyl resorcinols, and Avenanthramides in Commercial Grain Products.*Journal of The Agricultural Food Chemistry*, 53, 8290-8295.

McKevith, B., (2004). Nutritional aspects of cereals. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 29, 111-142.

Menteş Yılmaz, Ö., (2011). Türkiye'de Yetiştirilen Başlıca Buğday Çeşitlerinin Antioksidan Aktivitelerinin ve Fenolik Asit Dağılımlarının Belirlenmesi ve Ekmeğin Nar Kabuğu Ekstraktı ile Zenginleştirilmesi. Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.* Ankara.

Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A., & Kanter, M. (2000). Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, 19, 312S–319S.

Moldenhauer, K. A., Champagne, E. T., McCaskill, D. R. & Guraya, H., (1998). Functional products from rice (Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects), *U. S. A., Technomic Pub*., 73-77.

Morrison, W. R., Coventry, A. M., & Barnes, P. J. (1982). The distribution of acyl lipids and tocopherols in flour millstream. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33, 925-933.

Mukhametzyanova, A.D., Akhmetova, A.I., & Sharipova, M.R. (2012). Microorganisms as phytase producers. *Microbiology,* 81, 267-275.

Mustafa, K. D. & Adem, E., (2014). Comparison of autoclave, microwave, ır and uvstabilization of whole wheat flour branny fractions upon the nutritional properties of whole wheat bread, *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 9-66.

Nesbitt, M., (1998). Where was einkorn wheat domesticated? *Trends in Plant Science*, 3, 82-83.

Neuberg, C., (1908). Zur frage der konstitution des phytins, *Biochem. Z.*, 9:557-560.

Nevo, E., (1988). Genetic resources of wild emmer wheat revisited: Genetic evolution, conservation and utilization. *Proc. Int. Wheat Genetics 7th Symp*., Cambridge, UK, August 11-13, 121.

Nissar, J., Ahad T., Naik, H. R. & Hussain, S. Z., (2017). A review phytic acid: As antinutrient or nutraceutical. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 6(6), 1554-1560.

Nor Qhairul Izzreen, M. N., Nuobariene, L., Rasmussen, S. K., Arneborg, N., & Hansen, Å.S. (2017). Changes in phytate content in whole meal wheat dough and bread fermented with phytase active yeasts. *Cereal Chemistry*, 94, 922-927.

Nout, R., (2001). Fermented Foods and Their Production. *In: Fermentation and Food* Safety, Eds, M.R., Adams and M.J.R. Nout. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Marylarnd. 1-19.

Nuobariene, L., Cizeikiene, D., Gradzeviciute, E., Hansen, A.S., Rasmussen, S.K., Juodeikiene, G., vd., (2015). Phytase-active lactic acid bacteria from sourdoughs: Isolation and identification. *LWT-Food Science and Technology,* 63, 766-772.

Oatway, L., Vasanthan, T., &Helm, J.H., (2001). Phytic acid. *Food Rev.*, 17, 419-431

Oeggl, K, (2009). The significance of the Tyrolean Iceman for the archaeobotany of Central Europe. *Veg Hist Archaeobot* 18, 1-11 .

Okarter, N., Liu, C.S., Sorrells, M.E. & Liu, R.H., (2010). Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. *Food Chem*., 119, 249-257. doi:10.1016/j.foodchem.2009.06.021.

Olapade, A. & Adetuyi, D.O., (2007). Comparison of different methods of producing bambara (Voandzeia subterranean L. Thou) flours for preparation of 'moinmoin'.*Nıgerian Food Journal*, 25, 150-157.

Örü, F.& Hendek Ertop, M. (2021). Siyez ve ekmeklik buğday kepeğinin ekşi hamur üretiminde kullanım olanağının değerlendirilmesi.*Gıda*, 46(2), 396-407. doi: 10.15237/gida.GD20087

Özberk, F., Karagöz, A., Özberk, İ.,& Atlı, A., (2016). Buğday genetik kaynaklarından yerel ve kültür çeşitlerine; türkiye'de buğday ve ekmek. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi,* 25(2), 218-233.

Özkaya, B. & Özkaya, H., (1998). Einflub Der Herstelhungsbedin Gurgen Auf Der Phytinsauregehalt in Bulgur, *Getreidc Mehl und Brot*, 52(3), 182-184.

Özkaya, B., Baumgartner, B. & Özkaya, H., (2017). Effects of concentrated and dephytinized wheat bran and rice bran addition on bread properties, *Journal of Texture Studies*.

Özkeser İ., (2015). Lif Kaynağı Olarak Bulgur Kepeğinin Bisküvide Kullanım Olanakları.Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.

Peanparkdee, M., & Iwamoto, S. (2019). Bioactive compounds from by-products of rice cultivation and rice processing: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 109-117.

Peng, F., Peng, P., Xu, F. & Sun, R. C., (2012). Fractional purification and bioconversion of hemicelluloses. *Biotechnol Adv*, 30, 879-903.

Peng, J., Sun, D. & Nevo, E., (2011). Wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*, occupies a pivotal position in wheat domestication process. *Australian Journal of Crop Science AJCS* 5 (9), 1127-1143.

Perera, I., Seneweera, S. & Hirotsu, N. (2018). Manipulating the Phytic Acid Content of Rice Grain Toward Improving Micronutrient Bioavailability. *Rice*, 11,4 doı:10.1186/s12284-018-0200-y

Phillippy, B. Q., (2002). Stability of Plant and Microbial Phytases. Edited by S. K. Sathe, and N. R. Reddy, *Food Phytates* (p. 107-116). CRC Press.

Pıergıovannı, A. R., Laghettı, G. & Perrıno P., (1996). Characteristics of Meal from Hulled Wheats (*Triticum dicoccon Schrank* and *T spelta* L.): An Evaluation of Selected Accessions. *Cereal Chem.* 73(6):732-735.

Piironen, V., Syva¨oja, E. L., Varo, P., Salminen, K., & Koivistoinen, P. (1986). Tocopherols and tocotrienols in cereal products from Finland. *Cereal Chemistry*, 63, 78-81.

Pirgozliev, V., Rose, S.P., Pellny, T., Amerah, A.M., Wickramasinghe, M., Ulker M., et al. (2015). Energy utilization and growth performance of chickens fed novel wheat inbred lines selected for different pentosan levels with and without xylanase supplementation. *Poultry Science*., 94,232-239.

Poinot, P., Arvisenet, G., Ggrua-Priol, J., Colas, D., Fillonneau, C., Le Bail, A. &Prost, C., (2008). Influence of Formulation and Process on the Aromatic Profile an Physical Characteristics of Bread.*Journal of Cereal Science*, 48, 686-697

Pomeranz, Y., (1988).Composition and functionality of wheat flour components, Pages 219-370, *Wheat: Chemistry and Technology*, 3rd ed. Vol. 2. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. *Cereal Chemistry*: St. Paul, MN.

Poutanen, K., Flander, L. & Katina, K. (2009). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbioogy, 26,* 693-699.

Quin, P., Wu, L., Yao, Y. & Ren, G., (2013). Changing in phytochemical compositions, antioxidant and α-glucosidase inhibitory activities during the processing of Tartary buckwheat tea. *Food Res. Int.,* 50, 562-567

Rachmawati, D.,& Hutabarat, (2010). Pengaruh Enzim Fitase dalam Pakan Buatan terhadap Pemanfaatan Pakan dan Pertumbuhan Ikan Gurami (Osphronemus gouramy). [Effect of Phytase Enzyme in the Artificial Feed on Nutrient Utilization and Growth of Carp (Osphronemus gouramy)]. In: Dave, P. (Ed.). Prosiding Seminar Nasional Tahunan VII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Tahun 2010, Yogjakarta, August 6th, 2010. Budidaya Perikanan (1), p. 4. [Bahasa Indonesia]

Ravindran, V., Bryden, W. L. & Kornegay, E. T., (2005). Phytates: Occurrence, Bioavailability, and Implications in Poultry Nutrition. *Poult Avian Biol Rev*, 6, 125-143.

Reddy, N. R., Sathe, S. K.,& Salunkhe, D. K. (1982). Phytates in legumes and cereals. *Adv Food Res*., 28, 1-92.

Riche, M. & Garling J. D., (2004). Effect of phytic acid on growth and nitrogen retention in tilapia Oreochromis niloticus.*L. Aquac. Nutr.*, 10, 389-400.

Rizzello, C. G., Coda, R., Mazzacane, F., Minervini, D. &Gobbetti, M., (2012). Micronized by-products from debranned durum wheat and sourdough fermentation enhanced the nutritional, textural and sensory features of bread.*Food Research International*, 46, 304-313.

Rose, D.J., Inglett, G.E. & Liu, S. X. (2010). Utilisation of corn (Zea mays) bran and corn fiber in the production of food components. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 90(6), 915-924.

Ryan, E.P., (2011). Timely topics in nutrition; Bioactive food components and health properties of rice bran. *Journal of the American Veterinary Medical Association,*238 (5), 593-600.

Saha, B.C., Iten, L.B., Cotta, M.A. & Wu, Y.V., (2005). Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification abd fermantation of rice hulls to ethanol. *Biotechnol Progr*., 21(3), 816-822.

Saharan, P., Sadh, P.K. & Duhan, J.S., (2017). Comparative assessment of effect of fermentation on phenolics, flavanoids and free radical scavenging activity of commonly used cereals. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, 236-240.

Saharan, K., Kheterpaul, N. & Bishnoi, S. (2001). HCl-extractibility of minerals from ricebean and fababean:ınfluence of domestic processing methods. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 2, 323-325.

Salamini, F., Ozkan, H., Brandolini, A., Schafer-Pregl, R. & Martin, W., (2002). Genetics and geography of wild cereal domestication in the near east. *Nature Reviews Genetics.* 3,429-441.

Saldamlı, I. (2007). *Gıda kimyası* (5 ed.). Ankara: Hacettepe University Publications.

Santos, S.C.R.V.L., Guine, R.P.F.,& Barros, A., (2014). Effect of drying temperatures on the phenolic composition and antioxidant activity of pears of Rocha variety (Pyrus communis L.). *Journal of Food Measurements and Characteristics,*8, 105-112.

Selçuk, T., Çolakoğlu, A. S. & Alkan, A. (2018). Görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmek doku analizi ve arayüz programının geliştirilmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(1), 31-41. doı:10.17341/gazimmfd.406777

Serpen A, Gökmen V, Karagöz A. & Köksel H. (2008). Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon schrank*) and einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 7285-7292.

Shapawi, R., Ebi, I., Yong, A., Chong, M., Chee, L. K., &Sade, A., (2013). Soybean meal as a source of protein in formulated diets for tiger grouper, epinephelus fuscoguttatus juvenile. Part II: Improving Diet Performances with Phytase Supplementation. *Agricultural Sciences* 4(6A), 19–24.

Shaw, A. L., Hess, J. B., Blake, J. P. & Ward, N. E. (2011). Assessment of an experimental phytase enzyme product on live performance, bone mineralization, and phosphorus excretion in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(4), 561-566.

Siah, S., Wood, J. A., Agboola, S., Konczak, I. & Blanchard, C.L., (2014). Effects of soaking, boiling and autoclaving on the phenolic contents and antioxidant

activities of faba beans (Vicia faba L.) differing in seed coat colours. *Food Chemistry*, 142, 461-468.

Singh, B. & Sedeh, H.G.,(1979). Characteristics of phytase and its relationship to acid phosphatase and certain minerals in triticale, *Cereal Chemistry*, 56(4), 267- 272.

Singh, P., Prasad, S. & Aalbersberg, W., (2016). Bioavailability of Fe and Zn in selected legumes, cereals, meat and milk products consumed in Fiji. *Food Chemistry*, 207, 125- 131.

Singleton, V.L., Orthofer, R.,& Lamuela-Raventos, R.M., (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent.*Methods in Enzymology*, 299, 152-178.

Slavin, J., (2004). Whole grains and human health. *Nutrition Research Reviews*, 17(1), 99-110.

Sripriya, G., Antony, U. & Chandra, T.S. (1997). Changes in carbonhyrates, free amino acids, organic acids, phytate and HCl extractibility of minerals during germination and fermentation of finger millet. *Food Chem*, *58*(4), 345-350.

Stevenson, L., Phillips, F., O'sullivan, K. & Walton, J., (2012). Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *İnt. J. Food Sci. Nutr*., 63, 1001-1013.

Sumengen, M., Dincer, S. & Kaya, A. (2013). Production and characterization of phytase from *Lactobacillus plantarum*. *Food Biotechnology,* 27, 105-118.

Suprayudi, M. A., Dini, H., &Dedi, J., (2012). Kecernaan pakan dan pertumbuhan udang putih litopenaeus vannamei diberi pakan mengandung enzim fitase berbeda. [nutrient digestibility and growth rate of white shrimp litopenaeus vannamei fed artificial feed containing various phytase enzymes]. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 11(2), 103-108.

Tangüler H., Saris Per, E. J., Erten, H. 2015. Microbial, chemical and sensory properties of shalgams made using different production methods. *J. Sci. Food Agric.*, 95(5), 1008–1015.

Terpinc, P., Cigic, B., Polak, T., Hribar, J.& Požrl, T., (2016). LC-MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting. *Food Chem.*, 210, 9-17.

Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M.,& Bourgeois, C.M. (1997). Dietary fibres: nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8(2), 41-48.

Thompson, J. & Manore, M. (2005). *Nutrition; an applied approach*. 123-139, California, USA.

Tian, S., Nakamura, K., & Kayahara, H. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, Brown rice and germinated brown rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4808-4813.

TMO, (2016). Hububat Raporu, *T.C. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara.*

Torbica, A., Belović, M. & Tomić J., (2019). Novel breads of non-wheat flours. *Food Chemistry*, 282 pp. 134-140, doi:10.1016/j.foodchem.2018.12.113

Torrieri, E., Pepe, O., Ventorino, V., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread.*LWT-Food Science and Technology*, 56, 508-516.

Toufeili, I., Melki, C., Shadarevian, S.,& Robinson, R.K. (1999). Some nutritional and sensory properties of bulgur and whole wheat-meal kishk (a fermented milk-wheat mixture). *Food Quality and Preference,* 10, 9-15.

Trinidad, T.P., Mallillin, A.C., de Leon, M.P.,& Alcantara, J.D.S. (2014). Dietary fiber characteristics and mineral availability from treated and non-treated brown rice. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 3(5), 401-404.

Troccoli, A.,& Codianni, P. (2005). Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rainfed condition in southern Italy, European.*Journal of Agronomy*, 22 (3), 293.

Tuncel, N.B., Yılmaz N., Kocabıyık, H. & Uygur A., (2014). 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*. 59, 162-166

Türkiye Beslenme Rehberi TÜBER (2015). T.C.Sağlık Bakanlığı Yayın No:1031, Ankara.

Umnajkitikorn, U., Faiyue, B., & Saengnil, K. (2013). Enhancing antioxidant properties of germinated Thai rice (Oryza sativa L.) cv. KumDoiSaket with salinity. *Journal of Rice Research*, 1, 1-8.

URL1,https://www.tohumgubre.com/sayfa/bugday-yetistiriciligi-ve-puf-noktalari, Erişim tarihi: 05/05/2019.

URL2,http://www.yenikorogluun.com/Urun/EKMEKLIK-BUGDAY-UNU/33, Erişim tarihi: 05/05/2019.

URL3, https://www.bugday.gen.tr/bugday-kepegi.html, Erişim tarihi:05/05/2019.

URL 4, https://kastamonuyoreselurunleri.com/urun/siyez-bugdayi-tohumu/, Erişim tarihi: 26/04/2019.

URL 5, https://kastamonuyoreselurunleri.com/urun/siyez-bugdayi-2/, Erişim tarihi: 26/04/2019.

URL 6, http://www.yukselun.com.tr/urun.php?no=59&k=344, Erişim tarihi: 26/04/2019.

URL 7, http://www.turkbesi.com/bugday-kepegi.html, Erişim tarihi: 26/04/2019.

URL 8, http://www.safekmek.com/kavilca-bugdayi.html, Erişim tarihi: 08/05/2019.

URL 9, http://www.safekmek.com/genetigi-degismemis-bugday.html, Erişim tarihi: 08/05/2019.

URL 10, http://www.safekmek.com/kavilca-unu.html, Erişim tarihi: 08/05/2019.

URL 11, https://tonguclar.com.tr/un-ve-kepek/, Erişim tarihi: 08/05/2019.

Uysal, M., (2018). Kabuk Soymanın Buğdayın Bazı Kalite Özellikleri ile Topla Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Şanlıurfa.

Ünsal Canay, F., (2018). Phytıc acıd content of durum wheat varıetıes, changes durıng pasta processıng and reductıon of phytıc acıd. Hacettepe Üniversity, *Master of Science,* Department of Food Science. Ankara

Vaher, M., Matso, K., Levandi, T., Helmja, K. & Kaljurand, M., (2010). Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. *Procedia Chemistry*, 2, 76-82.

Van der Kamp, JW, Poutanen, K, Seal, CJ.,& Richardson, DP. (2014). The health graın definition of 'whole grain'. *Food & Nutrition Research*; 58(1) ,22100.

Vellingiri, V. & Hans, K. B., (2010). Effect of certain ındigenous processing methods on the bioactive compounds of ten different wild type legume grains.*Journal of Food Science and Technology*, 49, 673-684.

Verardo, V., Riciputi, Y., Messia, M.C., Vallicelli, M., Falasca, L., Marconi, E. & Caboni, M.F., (2011). Dietary fiber and flavan-3-ols in shortbread biscuits enriched with barley flours co-products. *Int. J. Food Sci. Nutr.,* 62 (3), 262-269.

Verma, B., Hucl, P., & Chibbar, R. N., (2009). Phenolic acid composition and antioxidant capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fractions. *Food Chemistry*, 116, 947-954.

Verma, B., Hucl, P., & Chıbbar, R., (2008). Phenolic content and antioxidant properties of bran in 51 wheat cultivars. *Cereal Chem.,* 85, 544-549.

Vida G., Szunics L., Veisz O., Bedo Z., Lang L., Arendas T., et al. (2014). Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat. *Euphytica*, 197,61-71.

Wang, N., Hatcher, D., Tyler, R., Toews, R. & Gawalko, E., (2010). Effect of cooking on the composition of beans (*phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*cicer arietinum* L.), *Food Research International*, 43, 589-94.

Wilkins R.I., Qvis, S.& Bolsen, K.K., (1999). The future role of silage in sustalnable animal production.*İn: Proc. I2lh International Silage Conference*, 23-40, Llppsala. Svveden,

World Health Organization (WHO) (2002). *Ten leading causes of illness and disease in low income countries*. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310_2008.pdf. The World Health Report 2002 Geneva: WHO. Erişim tarihi: 03/10/2020

Yılmaz, N. ve Tuncel, N. B., (2011). Pirinç kepeği: kompozisyonu, acılaşma sorunu, gıdalarda kullanımı ve fizyolojik etkileri, *Akademik Gıda*, 9 (3), 46-53.

Yılmaz, N., (2014). Pirinç Kepeğinin Kısa Dalga İnfrared (Kızılötesi) Enerji İle Stabilizasyonu ve Stabilize Kepeğin Gıda Ürünlerinde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Çanakkale.

Yildirim, R.M., & Arici M. (2019). Effect of the fermentation temperature on the degradation of phytic acid in whole-wheat sourdough bread. *LWT - Food Science and Technolog*, 112, 108-224. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.122

Zaharieva, M.,& Monneveux, P. (2014). Cultivated Einkorn wheat (*Triticum monococcum L. subsp. monococcum*): the long life of a founder crop of agriculture.*Genetic Resource Crop. Evolution*, 61, 677-706.

Zengin,G. (2015). Bazı İlkel Buğdaylarda Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi,*T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Konya.

Zhang, D., & Moore, W. R., (1999). Effect of wheat bran particle size on dough rheological properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(4), 490-496.

Zhang, M., Zhang, R. F., Zhang, F. X., & Liu, R. H., (2010). Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 7580-7587.

Zhao, H.M., Guo, X.N.,& Zhu, K.X., (2017). Impact of solid state fermentation on nutritional, physical and flavor properties of wheat bran. *Food Chemistry* 217, 28-36

Zhou, K., Yin, J.J.,& Yu L., (2005). Phenolic acid, tocopherol and carotenoid compositions, and antioxidant functions of hard red winter wheat bran.*Food Chem.*, 53 (10), 3916–3922. doi:10.1021/jf050117c

Zhou, J.R.,& Erdman, J.W. (1995).Phytic acid in health and disease, Critical Reviews. *Food Science and Nutrition*, 35 (6), 495-508.

Zhou, K., & Yu, L. L. (2004). Antioxidant properties of bran extracts from trego wheat grown at different location. *J.Agric, Food Chem*., 52, 1112- 1117.