

**T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**KIZILCIK TARHANALARININ ÇİRİŞLENME VE BAZI
BESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
FERMANTASYONUN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETÜL CINDIK

BOLU, TEMMUZ - 2020

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



KIZILCIK TARHANALARININ ÇİRİŞLENME VE BAZI
BESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
FERMANTASYONUN ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETÜL CINDIK

BOLU, TEMMUZ - 2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Betül CINDIK tarafından hazırlanan “**Kızılıcık Tarhanalarının Çirışlenme Ve Bazı Besinsel Özellikleri Üzerine Fermantasyonun Etkisi**” adlı tez çalışması Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 22.07.2020 tarihinde savunularak **Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü** Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Erkan YALÇIN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Hande Selen ERGE
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üye. M. Tuğrul MASATCIOĞLU
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Osman GÖRÜR

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

Ailem'e,

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Betül CINDIK

ÖZET

**KIZILCIK TARHANALARININ ÇİRİŞLENME VE BAZI BESİNSEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE FERMANTASYONUN ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BETÜL CINDIK
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ERKAN YALÇIN)
BOLU, TEMMUZ - 2020**

Kızılçık (*Cornus mas* L.) tarhanası, ülkemizin Bolu ve çevre illerinde, buğday unu, kızılçık pulpu ve tuzun karıştırıldıktan sonra elde edilen hamurun güneşsiz ortamda kurutulması ile üretilmektedir. Bu araştırmada, buğday unu yerine farklı tahıl/pseudo-tahıl unları (tam kavuzsuz arpa unu, irmik altı unu ve karabuğday unu) kullanılarak farklı kızılçık tarhanaları fermantasyonsuz ve fermantasyonlu olarak ayrı ayrı üretilmiştir. Farklı tahıl/pseudo-tahıl unlarıyla üretilen kızılçık tarhanalarının çözünür ve çözünmeyen besinsel lif, fruktan (fruktooligosakkarit), fitik asit ve bazı mineral madde içerikleri, çirışlenme özellikleri ve protein profilleri her iki yöntem ile üretilen örneklerde incelenmiştir. Buğday unu ile üretilen kızılçık tarhanası kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Tam kavuzsuz arpa unu ve irmik altı unu kullanılarak her iki işlem ile üretilen kızılçık tarhanalarının çözünür ve çözünmeyen besinsel lif, fruktan ve makro mineral madde içerikleri önemli düzeyde artmıştır ($P<0,05$). Araştırmada fermantasyon işlemi ile üretilen kızılçık tarhanalarının çözünmeyen besinsel lif ve fruktan içerikleri kuru madde üzerinden artmıştır. Fermantasyonsuz ve fermantasyonlu üretilen kızılçık tarhanalarının fitik asit içerikleri sırasıyla 0,64-6,10 mg/g ve 0,58-5,68 mg/g arasında değişmiştir. Kızılçık tarhanalarının fitik asit içeriğinin azaltılması üzerine fermantasyonun pozitif bir etkisi olmuştur. Kızılçık tarhanalarının çorba özellikleri hızlı viskozite ölçer cihazında çalışılmıştır. Buna göre, buğday, karabuğday ve irmik altı unlu kızılçık tarhanalarının fermantasyonlu üretim ile pik viskozite, sıcak çirış viskozitesi ve son viskozite değerleri artmıştır ($P<0,05$). İrmik altı unu ve karabuğday unu kullanılarak fermantasyonlu üretilen kızılçık tarhanalarının Na, Mg, K, S ve Ca makro mineral madde içerikleri fermantasyonsuz üretilenlere göre daha yüksektir. Fermente kontrol tarhanasında, S makro minerali hariç diğer tüm makro mineral madde miktarları fermente olmayan kontrol tarhanasından yüksektir. İrmik altı unu kullanarak fermantasyon işlemi ile üretilen kızılçık tarhanasının Na, Mg ve S makro mineralleri diğer kızılçık tarhanalarına göre önemli düzeyde azalmıştır ($P<0,05$). Tüm fermente kızılçık tarhanalarında Fe ağır metal içeriği, fermente olmamış kızılçık tarhanalarına göre düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, Zn içeriği, karabuğday unlu fermente kızılçık tarhanası hariç diğer fermente kızılçık tarhanalarında daha düşüktür ($P<0,05$). Fermente kızılçık tarhanalarında Pb ve Ti ağır metal miktarı, fermente olmamış kızılçık tarhanalarına göre daha yüksektir. Fermente olmamış ve fermente olmuş kızılçık tarhanalarının SDS-PAGE'te incelenen protein profilleri genellikle benzer bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Kızılçık Tarhanası, Fermantasyon, Buğday Unu, Tam Kavuzsuz Arpa Unu, İrmik Altı Unu, Karabuğday Unu

ABSTRACT

EFFECT OF FERMENTATION ON PASTING AND SOME NUTRITIONAL PROPERTIES OF CORNELIAN CHERRY TARHANAS

MSC THESIS

BETÜL CINDİK

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ERKAN YALÇIN)

BOLU, JULY 2020

Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) tarhana (CCT), which is a non-fermented traditional product in Bolu and its province, is prepared by mixing cornelian cherry pulp, wheat flour and salt followed by drying in sunless environment. In this research, it was separately produced using wholegrain hull-less barley flour, clear flour and buckwheat flour instead of wheat flour with or without fermentation process. Then, soluble and insoluble dietary fibres, fructan (fructooligosaccharide), phytic acid and some mineral contents, pasting properties and protein profiles of CCTs were investigated after producing with/without fermentation process. Cornelian cherry tarhana produced with wheat flour was used as control. Soluble and insoluble dietary fibres, fructan and macro mineral contents of the CCTs significantly increased ($P<0,05$) when they were produced with wholegrain hull-less barley flour and clear flour in both processes. The insoluble dietary fibre and fructan contents of fermented CCTs increased on dry weight basis. The phytic acid contents of CCTs produced without or with fermentation process changed in the ranges of 0.64-6.10 mg/g and 0.58-5.68 mg/g, respectively. The fermentation process had positive effect in terms of decreasing of phytic acid contents of CCTs. The soup properties of CCT powders were studied in the rapid visco-analyzer (RVA). Peak viscosity, hot-paste viscosity and final viscosity values of fermented CCTs produced with wheat flour, buckwheat flour and clear flour were higher than that of the non-fermented ones ($P<0,05$). Fermented CCTs produced with clear flour and buckwheat flour had higher contents of Na, Mg, K, S and Ca macro minerals than that of the non-fermented ones. The fermented control sample had higher macro minerals, except for S mineral, than that of the non-fermented one. The contents of Na, Mg and S macro minerals of fermented CCT produced with clear flour significantly decreased when compared to the other CCTs ($P<0,05$). The contents of Fe heavy metal decreased in all fermented CCTs. Besides, the contents of Zn heavy metal in all fermented CCTs also reduced except for the CCT produced with buckwheat flour ($P<0,05$). The contents of Pb and Ti heavy metals were generally higher in fermented cornelian cherry tarhanas than that of the non-fermented ones. The SDS-PAGE profiles of non-fermented and fermented CCTs were generally similar in terms of their protein bands.

KEYWORDS: Cornelian cherry tarhana, Fermentation, Wheat flour, Wholegrain hull-less barley flour, Clear flour, Buckwheat flour

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	xi
TEŞEKKÜR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1 Geçmişten Günümüze Tarhana.....	5
2.2 Tarhana Üretimi ve Çeşitleri	6
2.3 Kızılıcak Tarhanası.....	8
2.4 Nişastalı Gıdaların Çirilenme-Viskozite Özelliklerinin İncelenmesi.....	10
2.5 Fermantasyonun Tahıl Ürünlerinin Biyoaktif Bileşikleri Üzerine Etkisi.....	13
2.6 Tahıl Ürünlerinin Mineral Madde İçeriği ve Sağlık Üzerine Etkileri.....	18
2.7 Kavuzsuz Arpa, İrmik Altı Un ve Karabuğday Unlarının Bazı Özellikleri ve Gıdalarda Kullanımları	23
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1 Materyal	27
3.2 Metot	27
3.2.1 Kızılıcak Tarhanalarının Üretimi	27
3.2.2 Kimyasal Analizler.....	30
3.2.2.1 Nem Miktarı Tayini.....	30
3.2.3 Bazı Besinsel Özelliklerin Belirlenmesi.....	31
3.2.3.1 Çözünür ve Çözünmeyen Besinsel Lif Analizleri.....	31
3.2.3.2 Fruktoooligosakkarit) Miktarı Tayini	32
3.2.3.3 Fitik Asit Miktarı Tayini.....	33
3.2.4 Çirilenme Özelliklerinin Hızlı Viskozite Ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) Cihazında Belirlenmesi.....	34
3.2.5 Mineral Madde Analizi.....	35
3.2.5.1 Kullanılan Çözeltiler ve Standartlar.....	35
3.2.5.2 Örneklerin Asitte Çözündürülmesi	35
3.2.5.3 Örneklerin Mineral Kompozisyonlarının Belirlenmesi	36
3.2.6 Sodyum Dodesilsülfat Poliakrilamid Jel Elektrophoresis (SDS-PAGE)	37
3.2.6.1 SDS-PAGE için örnek hazırlanması.....	37
3.2.6.2 SDS-PAGE yöntemi	37
3.2.7 İstatistik.....	38

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Nem ve Besinsel Lif Özellikleri	39
4.2 Kızılıcık Tarhanaları ve Ticari Tarhanaların Nem ve Besinsel Lif Özellikleri	41
4.3 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Frukta ve Fitik Asit İçeriği	43
4.4 Kızılıcık Tarhanaları ve Ticari Tarhanaların Frukta ve Fitik Asit İçerikleri	44
4.5 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Çirışlenme-Viskozite Özellikleri	47
4.6 Kızılıcık Tarhanaları ve Ticari Tarhanaların Çirışlenme-Viskozite Özellikleri	51
4.7 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Mineral Madde İçerikleri	55
4.8 Kızılıcık Tarhanalarının Mineral Madde İçerikleri	59
4.9 Kızılıcık Tarhanası Proteinlerinin Jel Elektroferezde Görüntülenmesi	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	72
6. KAYNAKLAR	78
7. EKLER.....	94
8. ÖZGEÇMİŞ.....	102

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 3.1.** Tahıl/pseudo-tahıl unlarından fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari olarak temin edilen kızılıcık tarhanası (TKT) ve geleneksel tarhananın (TGT) genel görünüşleri. 30
- Şekil 4.1.** Ticari geleneksel tarhana, ticari kızılıcık tarhanası, hammadde unları ve farklı unlar ile üretilen kızılıcık tarhanalarının protein profillerinin β -merkaptöetanol indirgeyici ajan kullanmadan sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezde (SDS-PAGE) incelenmesi. 1: Ticari geleneksel tarhana, 2: Ticari kızılıcık tarhanası, 3: Buğday unu, 4: NKT, 5: FKT, 6: Kavuzsuz arpa unu, 7: NAT, 8: FAT, 9: Wide-range protein markörleri, 10: İrmik altı un, 11: NİAT, 12: FİAT, 13: Karabuğday unu, 14: NKBT, 15: FKBT. 68
- Şekil 4.2.** Ticari geleneksel tarhana, ticari kızılıcık tarhanası, hammadde unları ve farklı unlar ile üretilen kızılıcık tarhanalarının protein profillerinin β -merkaptöetanol (%5) indirgeyici ajan kullanılarak sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezde (SDS-PAGE) incelenmesi. 1: Ticari geleneksel tarhana, 2: Ticari kızılıcık tarhanası, 3: Buğday unu, 4: NKT, 5: FKT, 6: Kavuzsuz arpa unu, 7: NAT, 8: FAT, 9: Wide-range protein markörleri, 10: İrmik altı un, 11: NİAT, 12: FİAT, 13: Karabuğday unu, 14: NKBT, 15: FKBT. 69

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Minerallerin farklı yaş ve cinsiyet gruplarına göre günlük önerilen miktarları	21
Çizelge 3.1. Kontrol ve diğer kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan bileşenlerin miktarları.....	29
Çizelge 3.2. Çorba karışım yöntemi için kullanılan analiz profili.....	34
Çizelge 3.3. SDS-PAGE yönteminde kullanılan geniş aralıklı protein markörü içeriği.....	38
Çizelge 4.1. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo tahıl unlarının nem ve besinsel lif özellikleri.....	39
Çizelge 4.2. Fermantasyon uygulanmadan (N-) ve uygulanarak (F-) üretilen kızılıcık tarhanaları ve ticari geleneksel tarhananın nem ve besinsel lif özellikleri.	41
Çizelge 4.3. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo tahıl unlarının fruktan (fruktooligosakkarit, %) ve fitik asit (mg/g) içeriği.....	43
Çizelge 4.4. Fermantasyon uygulanmadan (N-) ve uygulanarak (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari geleneksel tarhananın fruktan (fruktooligosakkarit, %) ve fitik asit (mg/g) içeriği	45
Çizelge 4.5. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo tahıl unlarının çirşlenme özellikleri.....	48
Çizelge 4.6. Fermantasyon uygulanmadan (N-) ve uygulanarak (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari geleneksel tarhananın çirşlenme özellikleri.....	52
Çizelge 4.7. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudotahıl unlarının içeriğinde bulunan makro mineral madde miktarı (mg/g).....	55
Çizelge 4.8. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo tahıl unlarının içeriğinde bulunan mikro/iz mineral madde miktarı (µg/g).....	55
Çizelge 4.9. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo tahıl unlarının ağır metal içerikleri (µg/g).	57
Çizelge 4.10. Fermantasyon uygulanmadan (N-) ve uygulanarak (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari geleneksel tarhananın içeriğindeki makro mineral madde miktarı.....	60
Çizelge 4.11. Fermantasyon uygulanmadan (N-) ve uygulanarak (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari geleneksel tarhananın içeriğindeki mikro/iz mineral madde miktarı.	62
Çizelge 4.12. Fermantasyon uygulanmadan (N-) ve uygulanarak (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari geleneksel tarhananın içeriğindeki ağır metal miktarı.	64

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

AACC	: American Association of Cereal Chemists
AAP	: American Academy of Pediatrics
ANOVA	: Varyans analiz yöntemi
AOAC	: Association of Official Analytical Chemists
APS	: Amonyum persülfat
FAO	: Food and Agriculture Organization
FOS	: Fructo-oligosaccharides
ICP-MS	: Inductively coupled plasma – mass spectrometry
PFA	: Perfluoroalkoxy alkanes
RVA	: Rapid Visco Analyser
SDS-PAGE	: Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez
TEMED	: N, N, N', N'-tetrametiletildiamin
WHO	: World Health Organization

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erkan YALÇIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca,

'Farklı Tahıl Unları İle Üretilen Kızılıcık Tarhanalarının Besinsel, Mikrobiyolojik Ve Pişme Özellikleri Üzerine Fermantasyonun Etkisinin İncelenmesi' isimli proje (Proje No: 2016.09.04.1084) kapsamında tez çalışmama maddi destek sağlayan Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Başkanlığı'na,

Karabuğdayın (cv. *Güneş*) temin edilmesindeki katkılarından dolayı Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne; Kavuzsuz arpanın (cv. *Özen*) temin edilmesindeki katkılarından dolayı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Ankara)'ne,

Proje çalışmamız sırasında bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam, Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Seda KARASU YALÇIN'a; projemizin bir kısmında birlikte çalıştığımız, çok değerli proje arkadaşlarım Arş. Gör. Kübra ERYAŞAR ÖRER'e, Gıda Yük. Müh. Ezgi KARADEMİR ÇAKMAK ve Gıda Yük. Müh. Asiye Elvan BELLİCİ'ye,

Tez çalışmamın mineral madde analizlerinin yapılmasındaki yardımları ve destekleri bulunan ve bizlere laboratuvarlarındaki ICP-MS/MS cihazını kullanıma açan Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Prof. Dr. Eftade Emine GAGA'ya, Fakültemiz Çevre Mühendisliği'nde görevli Arş. Gör. Dr. Akif ARI ve Arş. Gör. Pelin ERTÜRK ARI'ya,

Tez çalışmamın çirilenme özelliklerinin incelenmesi için bizlere laboratuvarlarındaki Hızlı Viskozite Ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) cihazını kullanıma açan POLEN Gıda'ya ve Ar-Ge Uzmanı Gıda Yük. Müh. Sinem DOĞAL ALAN'a,

Yüksek Lisans eğitimim süresince arkadaşlığı ile hep yanımda bulunan değerli arkadaşım Gıda Yük. Müh. Ayşenur ARSLAN'a,

Tez çalışmam sırasında özveri ve anlayış gösteren, bana her zaman güvenen, çalışmalarım boyunca beni hep motive eden babam Ali CINDIK'a, annem Bera CINDIK'a, kardeşim Batın CINDIK'a, yol arkadaşım Ahmet TATAR'a ve değerli ailesi Nermine TATAR ve Sümmani TATAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Betül CINDIK

1. GİRİŞ

Fermantasyon bilinen en eski gıda biyoteknolojisi yöntemidir (Parveen ve Hafiz, 2003). Fermantasyon sırasında pek çok biyokimyasal değişiklik meydana gelmekte, bu da bitkilerin besin değeri bulunan ve bulunmayan bileşen oranlarının değişmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla biyolojik aktivite ve sindirilebilirlik gibi ürün özellikleri etkilenmektedir (Đorđević vd., 2010, Erbaş vd., 2005). Yapılan çalışmalar, mikroorganizmaların fermantasyon sırasında gıda bileşenlerini değiştirdiğini ve çoğu durumda daha elverişli bileşiklere dönüştürdüğünü göstermiştir (Đorđević vd., 2010).

Fermantasyon, esansiyel aminoasitlerin ve vitaminlerin sentezi yoluyla gıdanın besin değerini artırmanın doğal bir yoludur. Ayrıca, yiyeceklerin uzun süre korunması ve bozulmanın önlenmesine yardımcı olmaktadır (Şimşek vd., 2017). Fermantasyon, genellikle gıda sanayiinde, yoğurt bakterileri veya laktik asit bakterileri olan *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* ve fırıncılık, bira ve şarap ürünlerinin üretiminde kullanılan *Saccharomyces cerevisiae* mayası ile gerçekleştirilir (Hassan ve Gadallah, 2018).

Fermente gıdaların avantajlarından biri de, başlangıç materyalinden farklı, yeni, arzu edilen tat ve yapıda olmasıdır. Steinkraus (1995)'a göre, geleneksel fermente gıdalar yüksek besin değeri içermekte ve gıda bileşenlerinde çeşitli aromalar ve yapısal özellikler geliştirmektedir (Parveen ve Hafiz, 2003). Bu özelliklerin ötesinde, bazı fermente gıdaların, başlangıç hammaddesiyle doğrudan ilişkili olmadan insan sağlığını artırdığı bildirilmiştir. Yeni araştırmalara göre, fermantasyonun, temel besin maddelerinin ötesinde ek sağlık etkileri sağladığı bildirilmiştir (Mozaffarian, 2016). Fermente gıdaların, gıda zehirlenmeleri hususunda taze yiyeceklerden daha güvenli olduğu söylenmektedir. Ancak konserve veya dondurulmuş gıdalar kadar dayanıklı değildirler ve üretimleri sırasında iyi hijyen uygulaması güvenilirliğini artırmaktadır (Nout, 1994).

Tahıllar ve pseudo-tahıllar önemli makro besin maddeleri kaynağıdır. Tahıl taneleri hayvan ve insan beslenmesinde önemli miktarlarda karbonhidrat, protein ve mikro besinler sağlamaktadır. Tahıllardan üretilen yem veya gıdaların kimyasal

bileşimi ve biyoyararlanımı, kullanılan tahılın tür ve çeşidine göre değişmekte ve işleme yöntemlerinden etkilenmektedir (Đorđević vd., 2010).

Tahıl fermentasyonu sonucu sindirilemeyen polisakkaritlerin açığa çıkabildiği ve ayrıca glutenin kısmi hidrolizi sağlandığından fermentasyon ile ekmek gibi tahıl ürünlerinin çölyak hastaları için daha uygun hale getirilebileceği de öne sürülmüştür (Poutanen vd., 2009).

Fitik asidin, fizyolojik pH'da vücut için gerekli olan birçok mineral ile çözünmeyen kompleksler oluşturarak bu minerallerin biyoyararlanımlarını azalttığı rapor edilmiştir (Ertaş, 2018; Bilgiçli vd., 2006). Aynı zamanda proteinlere bağlanarak çözünürlüğü azaltmakta ve enzimatik hidroliz ve protein sindirimini olumsuz etkilemektedir (Dai vd., 2007). Fermentasyon sonucunda, fitik asit gibi besinsel olmayan gıda bileşenlerinin uzaklaştırıldığı veya azaltılabildiği bildirilmiştir. Tahıl fermentasyonu sonucunda azalan pH'da endojen fitaz aktivitesi ile fitik asidin çoğu parçalanır. Ayrıca, fermentasyonla, oligosakkaritler, disakkaritler, monosakkaritler ve şeker alkollerde meydana gelen azalma ile bu bileşiklerin sebep olduğu bazı bağırsak hastalıkları önlenebilmiştir (Ziegler vd., 2016).

Tahıl kaynaklı fermente gıdalar arasında ekmek ve bira en popüler olanlardır. Ancak, dünyanın farklı bölgelerinde (tempeh, pito, sekete, kwass vb.) ve Türkiye'de (boza, tarhana, kumru, nohut ekmeği vb.) üretilen birçok ürün vardır. Bu ürünlerin çoğu, buğday, mısır, arpa, yulaf, darı, pirinç veya unları kullanılarak evlerde, köylerde ve/veya küçük ölçekli işletmelerde üretilmektedir (Bellici vd., 2019). Bu ürünlerden tarhana, eski zamanlardan beri evlerde veya ticari olarak üretilen ve tüketilen Türkiye'nin en önemli geleneksel fermente tahıl gıdalarından biridir. Yüksek besin kalitesi ile beslenmemize önemli katkı sağlar. Esas olarak su ile karıştırılıp kaynatıldıktan sonra yoğun kıvamlı bir çorba şeklinde tüketilir. Standart bir üretim yöntemi olmadığı için, tarhananın besinsel özellikleri bileşenlere ve bileşenlerin çeşitlerindeki oranlarına bağlıdır (Tamer vd., 2007).

Tarhana, bitkisel ve hayvansal kaynaklı protein, vitamin ve mineralleriyle yüksek besinsel özelliklere (Kıvanç ve Funda; 2017, Işık ve Yapar, 2017; Akan ve Özdestan Ocak, 2019) ve oldukça beğenilen duyuşal özelliklere sahiptir (Abd El-Razik vd., 2018). Kıvamlı yapısı ile kuvvetli tat-kokuya ve kolay sindirilebilirliğe sahiptir (Hassan ve Gadallah, 2018). Bu sebeple çocuklar, yaşlılar ve hastaların beslenmesinde önemli bir yeri vardır (Işık ve Yapar, 2017; Hassan ve Gadallah, 2018). Ayrıca, düşük nem (%6-9) ve düşük pH'ya (3,8-4,4) sahip olması ile patojen

ve bozulma yapan mikroorganizmalar için zayıf bir ortam sağlar. Böylece bozulmadan 2-3 yıl saklanabilir (Cagindi vd., 2016).

Tarhana güçlü bir maya tadı ile asidik ve mayhoş-ekşi bir tada sahiptir ve kolayca çorba haline getirilebilir (Işık ve Yapar, 2017; Kıvanç ve Funda, 2017). Tarhananın karakteristik tat ve lezzeti laktik asit bakterileri ve maya tarafından üretilen bazı organik bileşikler ile verilmektedir (Kıvanç ve Funda, 2017). Tarhana hamurunun karbonhidrat, protein ve lipit bileşenleri, fermentasyon sırasında laktik asit bakterileri ve maya enzimleri tarafından kısmi hidrolize tabi tutulmakta ve bunun sonucunda sindirim özellikleri iyileştirilmiş son ürün elde edilmektedir (Hassan ve Gadallah, 2018; Bilgiçli vd., 2006). Tarhana fermentasyonu sırasında organik asitler, askorbik asit, niasin, folik asit, pantotenik asit, mineraller ve farklı amino asitler gibi önemli besin öğeleri açığa çıkmaktadır (Temiz ve Tarakçı, 2017).

Bolu'da geleneksel olarak buğday unu ile fermentasyon uygulanmadan üretilen kızılıçık tarhanası; bu çalışmada tamamıyla (%100) ırmık altı un, tam kavuzsuz arpa unu ve bir pseudo-tahıl olan karabuğday unu kullanılarak hem fermentasyon uygulanarak hem de fermentasyon uygulanmadan üretilmiştir. Üretimi ve formülasyonu diğer tarhanalardan farklı olan kızılıçık tarhanası, zengin biyoaktif bileşenleri ile sağlık açısından olumlu özelliklere sahip kızılıçık meyvesi püresini içermesi sebebiyle önemli bir üründür (Koca, 2008; Karademir ve Yalçın, 2019; Bellici vd., 2019). Yapılan çalışmalar sonucunda kızılıcığın yaprak ve meyvelerinin anti-bakteriyel, anti-histaminik ve anti-alerjik aktivitelerine sahip oldukları bildirilmiştir (Tural ve Koca, 2008).

Karabuğday unlu kızılıçık tarhanası, glutensiz olması sebebiyle çölyak hastaları ve gluten hassasiyeti olan bireylerin rahatlıkla tüketebileceği glutensiz bir ürün alternatifi olarak bu çalışmada incelenmiştir. Ülkemizin Konya ilinde bulunan Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından geliştirilmiş ve tescillenmiş iki adet karabuğday çeşidi (*cv. Güneş* ve *cv. Aktaş*) bulunmaktadır. Bu çalışmada *cv. Güneş* karabuğday çeşidi kullanılmıştır.

Tam kavuzsuz arpa unlu kızılıçık tarhanası, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Arpa Islah Birimi (Yenimahalle, Ankara) tarafından geliştirilen "*cv. Özen*" isimli kavuzsuz arpa çeşidi kullanılarak üretilmiştir ve kavuzsuz arpanın bu ürünle kullanımının artırılması ve daha düşük glisemik indekse sahip ürün alternatifi amaçlanmıştır.

İrmik altı unu, makarnalık buğdayın (*Triticum durum*) irmiğe öğütülmesi sırasında açığa çıkan ve çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılan irmik sanayi artığı bir üründür. Kimyasal kompozisyonu incelendiğinde önemli miktarda protein, besinsel lif, fenolik madde ile birlikte diğer fitokimyasal bileşikleri içermektedir. Dolayısıyla önemli bir sanayi artığı olan irmik altı unun kızılıcak tarhanası üretiminde kullanılabilme potansiyeli bu çalışmada incelenmiştir.

Farklı tahıl/pseudo-tahıl unlarıyla fermentasyon uygulanmadan ve uygulanarak üretilen kızılıcak tarhanalarının ve ayrıca ticari olarak buğday unu kullanılarak üretilen kızılıcak tarhanası ve geleneksel tarhananın (yoğurt ile üretilen) çözünebilir ve çözünemeyen besinsel lif miktarları, mineral madde kompozisyonları, fitik asit ve fruktan (fruktooligosakkarit) gibi biyoaktif bileşiklerinin miktarları tespit edilmiş, ayrıca çirilenme-viskozite özelliklerindeki değişim ile protein profilleri SDS-PAGE jel elektroforez yöntemi ile bu çalışmada incelenmiştir. Çalışmada, ekmeklik buğday unu ile üretilen kızılıcak tarhanası kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma ile Bolu'nun geleneksel tahıl ürünü olan kızılıcak tarhanasının tanıtılmasına ve farklı tahıl/pseudo-tahıl unları ile üretilen kızılıcak tarhanalarının bazı biyoaktif bileşikleri, pişme özellikleri (çirilenme-viskozite) ve protein desenlerinin ortaya çıkarılmasına katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Ayrıca, Batı Karadeniz Bölgesi üreticileri için ürün çeşitliliği artırılmış olacaktır. Özellikle karabuğday unlu kızılıcak tarhanasının çölyak hastaları ve glutene hassasiyet gösteren bireyler için iyi bir glutensiz alternatif ürün olabileceği düşünülmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Geçmişten Günümüze Tarhana

Fermantasyon, gıdanın kaliteli ve güvenli muhafazası için etkili ve düşük maliyetli bir yöntemdir. Hayvansal veya bitkisel kaynakların, mikroorganizmaların etkisine maruz bırakılarak biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda kalitelerinin değiştirilmesi ile ortaya çıkan yeni ürün “fermente gıda” olarak tanımlanır. Gıda fermantasyonu, aynı anda veya art arda, karışık mikroorganizma kültürlerinin biyokimyasal aktivitelerini içerir (Parveen ve Hafiz, 2003).

Fermente gıda ürünleri dünya çapında hemen hemen her kültür tarafından tüketilmektedir. Uzun tarihçelerine, popülerliklerine ve mutfaktaki önemlerine rağmen, son yüzyılda gıda üretiminin hızlandırılması ve sanayileşmesi, özellikle batı ülkelerinde fermente gıdaların çeşitliliğini azaltmıştır. Ancak son zamanlarda, fermente gıdalar, geleneksel süreçleri vurgulayan Batı beslenme tarzında popülerliğini yeniden kazanmıştır. Fermente gıdalara olan ilginin artmasının bir sebebi, sağlığı iyileştirici potansiyele sahip olmasıdır. Hatta bazı gruplar fermente gıdaların ulusal beslenme reçeteleri kapsamında yer alması gerektiğini önermişlerdir (Chilton vd., 2015).

Tahıl fermantasyonu, tahıl bileşenlerinin besin kalitesi ve sağlık etkilerinin iyileştirilmesinde ve yeni gıda tasarımıyla önemli bir potansiyele sahiptir. Fermantasyonun tahıl esaslı gıda üretiminde kullanılmaya başlanmasının sebebi mayalanma sonucunda lezzet gelişimi ve stabil bir ürünün meydana gelmesi şeklinde vurgulanmıştır (Poutanen vd., 2009).

Tarhana, tarih boyunca Türk'lerin göç ettiği ve ulaşabildiği yerler olan; Orta Asya, Orta Doğu, Kuzey Afrika, Türkiye, Balkanlar ve bazı Kuzey Avrupa Ülkelerinde bilinmektedir. Bu da tarhananın ilk defa Türk'ler tarafından üretildiğini ve yayıldığını gösteren bir delil olarak kabul edilmiştir (Türker, 1991).

Tarhana, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) 2282 tarhana standardına göre “buğday unu/kırması, irmik veya bu ürünlerin karışımı ile yoğurt, biber, domates,

soğan, tuz, aroma verici çeşitli bitkisel ürünlerin karıştırılıp yoğurulduktan ve fermantasyona bırakıldıktan sonra kurutulması, öğütülmesi ve elenmesiyle elde edilen besin değeri oldukça yüksek bir gıda maddesi” olarak tanımlanmıştır (TSE, 2004).

Tarihi kayıtlara göre, tarhana ilk önce Orta Asya’da üretilmiş ve ardından dünyanın farklı yerlerine yayılmıştır. Ancak diğer ülkelerde farklı isimlerle bilinmektedir: Yunanistan’da trahana, Irak ve İran’da kushuk, Mısır, Suriye, Filistin ve Ürdün’de kishk, Finlandiya ve Macaristan’da tahonya/talkuna, Bulgaristan’da turkhana, Sırbistan’da tarana olarak isimlendirilir (Işık ve Yapar, 2017; Hendek Ertop vd., 2019; Kıvanç ve Funda, 2017).

Kishk; ekşi süt-buğday karışımına haşlanmış tavuk eti katılarak; kushuk; süt-ekşi hamur karışımına şalgam ilave edilerek üretilmektedir; atole/trahana; koyun ve keçi sütünden laktik asit fermantasyonu vasıtasıyla oluşan lor peyniri ve buğday unundan ve tahonya/talkuna; sebzeli fermente edilmiş tahıldan üretilmektedir. Bu tür ürünler için hazırlama yöntemleri bir yerden diğerine değişebilir, ancak tahıllar ve fermente süt her zaman başlıca bileşendir (Bilgiçli ve İbanoğlu, 2007).

2.2 Tarhana Üretimi ve Çeşitleri

Tarhana yoğurt, buğday unu ve çeşitli sebze ve baharatların (domates, soğan, paprika, tuz ve nane) karıştırılarak tarhana hamurunun elde edilmesi, tarhana hamurunun birkaç gün fermantasyona bırakılması, ardından hamurun birkaç gün kurutulması ve sonra <1 mm’lik boyuta indirgenmesi ile hazırlanmaktadır (Işık ve Yapar, 2017; Sakın-Yılmazer, 2017; Şimşek vd., 2017; Abd El-Razik vd., 2018). Laktik asit bakterileri ve mayalar fermantasyondan sorumludur ve fermantasyonun sonunda asidik ve ekşi bir tat meydana gelir. Tarhana düşük nem (yaklaşık %10) ve pH’ya (3,8–4,4) sahip olduğu için 2-3 yıl depolanabilir (Temiz ve Tarakçı, 2017). Genel olarak, tarhana hamuru, un ve diğer bileşenlerin doğal mikrobiyel florası ile fermente edilir. Tarhana ayrıca, Türkiye’nin bazı yerlerinde kraker tipi atıştırmalıkların yapımında kullanılmakta (Ertaş vd., 2009) ve ayrıca Kahramanmaraş tarhanası gibi çerez olarak da tüketilmektedir (Demirci vd., 2018).

Türkiye’de tüketilen tarhananın önemli bir kısmı ev yapımıdır ve bu nedenle güneşte kurutulur. Ticari olarak tarhana endüstriyel ölçekte modern kurutma teknikleri kullanılarak üretilir (Kilci ve Gocmen, 2014). Kurutma işlemi tarhana

retiminde kritik adımlardan biridir. Endüstriyel tarhana üretiminde kurutma, %5-10 nem içeriğine ulaşılıncaya kadar 5-6 saat boyunca 60-65°C'de sıcak hava ile ya da mikrodalga ile yapılmaktadır (Sakın-Yılmazer, 2017).

Tarhana tozu, kurutulmuş tarhananın öğütülmesiyle elde edilir. Özellikle krema kıvamlı bir çorba yapmak için kullanılır. Tarhana tozu ilk önce soğuk suyla (1:5) karıştırılır ve daha sonra yaklaşık yarım saat erimeye bırakılır ve son olarak karıştırılarak 20 dakika pişirilir. Kaynadığı anda bir miktar tereyağı eklenir ve elde edilen orba 70°C'de tüketilir. Talep zerine peynir ve kızarmış ekmek parçaları da ilave edilebilir (Yukselci Kilci ve Gocmen, 2012).

Tarhana yapımında kullanılan malzemeler bölgeden bölgeye değişmektedir (Temiz ve Tarakçı, 2017; Hendek Ertop vd., 2019). Türk Standartları Enstitüsü tarafından tarhananın 4 farklı çeşidi tanımlanmıştır. Bunlar; (1) un tarhanası, (2) gce tarhanası, (3) irmik tarhanası ve (4) karışık tarhana. Tahıl olarak buğday unu kullanılan tarhana "un tarhanası", buğday unu yerine buğday irmiği kullanılan tarhana "irmik tarhanası", buğday kırması kullanılan tarhana "gce tarhanası" ve un, irmik ve kırmının her üçünün beraber kullanıldığı tarhana ise "karışık tarhana" olarak adlandırılmıştır (Türk Standartları Enstitüsü TS 2282, 2004; Abd El-Razik vd., 2018).

Kahramanmaraş'ta alışılmıştan farklı olarak tarhana, plakalar halinde üretilmektedir. Bu rn son yıllarda endüstriyel boyutta "tarhana cipsi" adıyla da piyasaya sürülmüştür. Tarhana cipsi tarhananın tüm yararlı özelliklerini taşıdığı gibi, piyasada satılan patates cipslerine alternatif olmaktadır (Yıldırım ve Gzeler, 2016).

Ancak, tarhana üretiminde arpa, karabuğday, mısır, lupin ve pirinç gibi diğer tahıl ve baklagil unlarının kullanıldığı çeşitli çalışmalar da vardır. Öte yandan, geleneksel buğday unu tarhanasının formülasyonuna karayemiş, yaban mersini, üzüm ve kızcık gibi bazı meyve püreleri de ilave edilebilmektedir (Cagindi vd., 2016). Farklı içerik türleri, üretim teknikleri ve kurutma yöntemleri kullanılarak üretilen tarhanalar farklı kompozisyonlara, reolojik, duysal ve besinsel özelliklere sahiptirler (Abd El-Razik vd., 2018).

Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından, Bolu Kızıcık Tarhanası, Maraş Tarhanası, Muğla Tarhanası, İnebolu Kızıcık Tarhanası mahreç işareti olarak; Uşak Tarhanası, akmak Tarhanası ise menşei adı ile tescillenmiştir.

2.3 Kızılıcık Tarhanası

Meyveler makro ve mikro elementlerin önemli kaynaklarıdır ve insan beslenmesinde ihtiyaç duyulan birincil mineral kaynaklarıdır (Temiz ve Tarakçı, 2017). Kızılıcık (*Cornus mas* L.), Güney Avrupa ve Güneybatı Asya'ya özgü bir meyvedir. Kızılıcığın, Kafkasya'nın eteklerinden geldiği de söylenmektedir (Dinda vd., 2016). Kızılıcık yabani bir bitkidir ve olgun kırmızı meyveleri ekşi bir tada sahiptir (Tural ve Koca, 2008). Türkiye'de kızılıcık meyveleri, zeytin gibi salamura edilerek ya da tarhana üretiminde kullanıldığı gibi pestil (yerel olarak kurutulmuş meyve pulpu) üretiminde kullanılmaktadır (Petkova ve Ognyanov, 2018).

Kızılıcık yaprak ve meyvelerinin anti-bakteriyel, anti-histaminik ve anti-alerjik aktivitelerine sahip oldukları bildirilmiştir. Ülkemizde gastrointestinal bozukluğun ve ishalin tıbbi tedavisinde kullanılmaktadır (Tural ve Koca, 2008). Ayrıca, kızılıcık meyveleri geleneksel tıpta, hemoroit, diyabet, boğaz ağrısı, sindirim problemleri, kızamık, su çiçeği, anemi, raşitizm, karaciğer ve böbrek hastalıkları gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde de kullanıldığı belirtilmiştir (Işık vd., 2014).

Son araştırmalar, kızılıcık meyvesinin önemli fitokimyasal bileşiklere ve antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermiştir. Taze kızılıcık meyveleri birçok besleyici ve biyoaktif bileşik içermektedir. Ayrıca, kızılıcık, C vitamini (106,3 mg / 100 g), serbest şekerler (% 7,2-8,5), organik asitler, selüloz (%0,75-1,00), pektin (%0,5-1,12) ve tanninler bakımından da zengindir. Pek çok çalışma, kızılıcık meyvelerinde antosiyaninler dâhil olmak üzere önemli miktarda biyoaktif maddenin varlığını bildirmiştir. Antosiyanin içeriği kabukta 670-850 mg/100 g arasında ve posada yaklaşık 95 mg/100 g olarak belirtilmiştir (Tural ve Koca, 2008). Bjorøy vd. (2007), kızılıcık meyvelerinden elde edilen antosiyaninlerin anti-kanser, anti-enflamatuar ve antioksidan etkiler gösterdiği ve şeker hastalığı gibi rahatsızlıkların tedavisi için umut verici sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Petkova ve Ognyanov, 2018).

Kızılıcık meyvelerinin özellikle potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum mineralleri bakımından zengin olduğu bildirilmiştir. Günlük 100 g taze kızılıcık meyvesi tüketimi, kadınlar ve erkekler için önerilen K, Ca, Fe, Mn, Cu ve Zn miktarının yaklaşık %6-25'ini sağlayabilmektedir. Ancak, kızılıcık meyvesi minerallerinin miktarı genotip, yetiştirme koşulları ve kültürel ve teknik işlemlere bağlıdır. Farklı ülkelerden gelen kızılıcık meyvelerinin mineral içerikleri de farklılık göstermektedir. Çek Cumhuriyeti'nden gelen kızılıcık meyvelerinin Na, K, Ca, Mg, P,

Zn, Fe, Cu ve Mn mineral içerikleri (mg/kg) sırasıyla, 82-58, 3798-3411, 656-301, 290-231, 412-313, 3,52-2,65, 49-41, 1,74-1,09 ve 29-24 aralıklarında bulunmuştur. Hırvatistan'daki kızılçık meyvelerinin Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Ni, Pb, B ve Sr mineralleri (mg/kg) sırasıyla 22,9, 4019, 2074, 288, 7,8, 2,4, 1,65, 9,0, 2,9, 2,52 ve 6,9 olarak tespit edilmiştir (Dinda vd., 2016).

Kızılçık tarhanası, “ekşi tarhana” veya “kiren tarhanası” olarak da bilinmektedir. Kastamonu, Kütahya, Bolu, Bursa ve Zonguldak illerinde yaygın olarak üretimi yapılır (Coşkun, 2014) ve Bolu iline kayıtlı coğrafi işarete sahiptir. Kızılçık tarhanasının en önemli özelliği, fermantasyon uygulanmadan üretilmesi ve formülasyonunda yoğurdun bulunmamasıdır. Kısaca, kızılçık tarhanası hamuru; buğday unu, çiğ veya pişmiş kızılçık meyve püresi ve tuzun belirli bir oranlarda karıştırılıp, yoğurulduktan sonra güneşsiz ortamda kurutulmasıyla hazırlanmaktadır (Koca, 2008; Karademir ve Yalçın, 2019). Soğan, sarımsak, tereyağı veya çeşitli baharatlar ile çorbası yapılarak tüketilmektedir. Kastamonu ili ve civarında kızılçık tarhanası üretiminde kızılçık meyveleri tuz ile yumuşayınca kadar 3-10 gün bekletilmektedir. Daha sonra 1:1 oranında buğday unu veya göce ilave edilerek yoğrulmakta ve güneşsiz ortamda kurutulmaktadır. Tarhana hamuru tam kurumadan ovalanarak elenmekte ve ardından tekrar kurutulmaktadır (Coşkun, 2014).

Literatürde kızılçık tarhanası ile ilgili sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Işık vd. (2014), kızılçık püresinin tarhananın bazı özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Kızılçık ilaveli tarhana hamurunun pH değerinin (pH 3,6) geleneksel tarhana hamurundan (pH 4,4) önemli derecede düşük olduğu görülmüştür. Kızılçığın tarhana çorbasının rengini daha çok açtığı, kırmızılık ve sarılık değerlerini de azalttığı bildirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarında geleneksel tarhana ve kızılçık ilaveli tarhana benzer puanlar almıştır. Çalışma sonucunda, Türkiye'nin bazı bölgelerinde farklı şekillerde kullanılan kızılçığın tarhana üretiminde kullanımı açısından iyi bir potansiyele sahip olduğu rapor edilmiştir (Işık vd., 2014).

Son yıllarda, buğday unundan ve diğer bazı tahıl unlarından (tam kavuzsuz arpa unu, irmik altı unu ve karabuğday unu) üretilen kızılçık tarhanalarının bazı kimyasal, besinsel ve duyusal özellikleri (Karademir ve Yalçın, 2019) ve mikroflora özelliklerinin MALDI-TOF/TOF cihazında incelenmesi (Bellici vd. 2019) ile ilgili iki önemli çalışma yapılmıştır. Karademir ve Yalçın (2019) buğday unundan üretilen kızılçık tarhanasında %10,5 nem, %1,07 kül, %9,1 protein; %1,0 ham yağ, %50,9 toplam nişasta, %10,42 toplam şeker, %11,1 toplam besinsel lif, %0,33 askorbik asit bulmuştur. Antosiyanin miktarını 142,8 mg siyanidin-3-o-galaktozit/g, dimetilsülfoksit

ekstraksiyonu ile toplam fenolik madde miktarını 4,73 mg gallik asit/g ve antioksidan aktivitesini 220,0 mmol Troloks Eşdeğeri/kg olarak bildirmişlerdir. Ayrıca, irmik altı unu ve tam kavuzsuz arpa unu kullanımı ile kızılçık tarhanalarında kül, protein, ham yağ ve toplam besinsel lif miktarı artmıştır. Fermente kızılçık tarhanalarında toplam şeker, askorbik asit ve antosiyanin içeriği azalırken, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite artmıştır. En yüksek genel kabul edilebilirlik özelliği, karabuğday unundan fermentasyon uygulamadan üretilmiş kızılçık tarhanasında saptanmıştır. MALDI-TOF/TOF kütle spektrofotometresi analiz sonuçlarına göre, elde edilen 231 izolatin %45,5'u tür seviyesinde ve %30,3'ü cins seviyesinde belirlenmiştir, %24,2'si ise tanımlanamamıştır. Kızılçık tarhanalarında başlıca mikrofloranın mayalar olduğu, yalnızca 2 adet laktik asit bakterisinin tespit edildiği bildirilmiştir. Bu araştırmalarda yapılmayan fakat çalışma için gerekli görülen, fermentasyonun kızılçık tarhanalarının çirilenme-viskozite özellikleri, mineral madde kompozisyonu, bazı biyoaktif madde miktarları ve protein profilleri üzerine etkisinin incelenmesi ile ilgili çalışmalar ise bu tez kapsamına alınmıştır.

2.4 Nişastalı Gıdaların Çirilenme-Viskozite Özelliklerinin İncelenmesi

Gıdaların işleme sırasındaki reolojik davranışları hakkında bilgi sahibi olmak, üretimin ve kalitenin kontrolünün sağlanması için gereklidir (İbanoğlu ve İbanoğlu, 1998). Gıdaların büyük bir çoğunluğu yüksek miktarda su içerdiğinden, son ürünün kalitesi, su ve diğer bileşenler arasındaki etkileşime büyük ölçüde bağlıdır. Bu, nişasta esaslı gıdalar için de geçerlidir. Çünkü nişastanın başlıca bileşenleri, amiloz ve amilopektin olmak üzere iki tip polisakkarittir (Pongsawatmanit vd., 2002). Amiloz ve amilopektin fraksiyonları farklı reolojik ve visko-elastik özellikler sergilerler. Amiloz sulu çözeltide, kolayca hidrojen bağları oluşturarak sert, opak jeller meydana getirir. Amilopektin ise dallanmış yapısı sebebiyle, soğuma sırasında hidrojen bağları meydana getirmede sınırlı bir kabiliyete sahiptir ve çözeltileri daha akışkandır ve yumuşak jel yapısı vermektedir (Bahnassey ve Breene, 1994).

Doğal nişasta granülleri, nişasta polimerlerini bir arada tutan güçlü hidrojen bağları sebebiyle soğuk suda çözünmez (Bahnassey ve Breene, 1994). Nişasta sulu ortamda ısıtıldığında, karıştırma ve sıcaklığın etkisiyle granüller şişmekte ve kırılan hale gelerek, belli bir sıcaklık derecesinde çift kırınım (brefringence) özelliğini kaybetmektedir. Bu olaya jelatinizasyon denir (Konst vd., 2017). Nişasta

jelatinizasyonunda, yapı yarı-kristal formdan amorf forma geri dönüşümsüz olarak değişir. Bu dönüşüm sırasında çift heliks yapı ayrılır, polarize ışık altında bakıldığında çift-kırınım özelliği kaybolur ve granüler yapı parçalanır (Jane, 2004).

Sulu ortamda sıcaklığın nişasta esaslı gıdaların viskozitesi üzerindeki etkisi, sıcaklık kontrollü Amilograf ve Hızlı Viskozite Ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) cihazları ile incelenebilir (Konst vd., 2017). RVA, hızlı viskozite ölçümü, kolay kullanım ve kalibrasyon, güvenilirlik, yüksek hassasiyet ve geniş viskozite aralığı ile ürün geliştirme, işleme ve kalite kontrol amacıyla kullanılan önemli bir cihazdır (Sayar vd., 2005). Kontrollü ısıtma ve soğutma ile sabit bir karıştırma hızı (rpm) uygulayan ve ardından ortaya çıkan torku (kuvvet, karıştırma stresi) ölçen çok yönlü bir cihazdır. Karıştırma, ısıtma ve soğutmanın kombine edildiği bu cihazla çok kısa bir sürede materyalin viskozite-sıcaklık-zaman profili oluşturulabilmektedir (Becker vd., 2001). Nişasta süspansiyonunun, sıcaklık ve zamanın bir fonksiyonu olarak viskozitesindeki değişiklikleri RVA'da incelenmesiyle nişastanın çirşlenme profili meydana getirilir (Becker vd., 2001, İbanoğlu vd., 1996). Analiz sonucunda elde edilen grafikten jelatinizasyon sıcaklığı veya çirşlenme sıcaklığı (*pasting temperature*), pik zamanı, pik viskozitesi (*peak viscosity*, PV), sıcak çirş viskozitesi (*trough*, TV), sıcak kırılma viskozitesi (*breakdown viscosity*, BV=PV-TV), son viskozite (*final viscosity*, FV) ve soğuk çirş viskozitesi (*setback viscosity*, FV-TV) değerleri belirlenebilmektedir. Tipik bir RVA grafiği ve parametreleri **Ek A.1**'de gösterilmiştir.

Nişastanın çirşlenme özelliklerine etki eden faktörlerin başında amiloz/amilopektin oranı gelmektedir. Amilotip nişastaların su alarak şişmeleri normal oranda amiloz içeren nişastalara göre daha düşüktür. Amilotip nişastaların RVA'da düşük viskozite vermelerinin şişme özelliklerinin az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Song ve Jane, 2000).

Çirşlenme sıcaklığı, pişirme için gerekli minimum sıcaklığı göstermektedir (Köksel, 2005). Gıdanın viskozitesinde değişikliklerin meydana gelmeye başladığı bu sıcaklığa jelatinizasyon sıcaklığı da denir (Bahnassey ve Breene, 1994). Jelatinizasyon sıcaklığı nişasta tipine ve uygulanan ısı işlem yöntemine göre değişiklik gösterebilir (Jane, 2004).

Pik viskozite, sıcaklık artışıyla nişasta granüllerinin suya dağılması ile meydana getirdiği maksimum viskozitedir. Pik viskozite değeri su bağlama kapasitesi ve son ürün kalitesi ile ilgili bilgi vermektedir (Köksel, 2005).

Belli bir sıcaklık derecesinde karıştırmanın etkisiyle viskozite değeri düşmekte (sıcak çiriş viskozitesi-*trough viscosity*) ve bu düşüş sonunda viskozitedeki değişimle sıcak kırılma viskozitesi değeri (*breakdown viscosity*) bulunur (Sahlstrøm vd., 2003). Daha sonra soğutmanın etkisiyle viskozite tekrar yükselmekte, hidrojen bağları etkileşimi ile jel yapı oluşmakta ve son viskoziteye ulaşılmaktadır (Köksel, 2005). Bu süreçte meydana gelen viskozite değişimi de bize soğuk çiriş viskozitesini (*setback viscosity*) vermektedir (Sahlstrøm vd., 2003).

Nişastanın misel yapıda çözünmesi ile oluşan yüksek viskoziteli sıvı soğutulduğunda hidrojen bağları etkileşimleri sonucu jel yapı oluşur. Jel yapı bir süre bekletildiğinde nişasta zincirlerinin daha fazla interaksyonu sonucunda yapıdan su sızmaya başlar. Bu olaya sineresis denir (Haralampu, 2000).

Soğutma ve düşük bir sıcaklıkta depolama etkisiyle, başlangıçtaki yarı-kristal yapının kısmen geri kazanılmasıyla nişasta jeli daha fazla katılaşmaktadır, bu olaya retrogradasyon denir. Amiloz, temel olarak kısa sürede (bir günden daha az) retrogradasyona uğrar, ancak amilopektinin kristalleşmesi daha yavaş seyreder hatta haftalarca devam edebilir (Pongsawatmanit vd., 2002).

Viskozite çorbalarda önemli bir kalite kriteridir (Yalçın vd., 2008). Viskozite, konsantrasyon, sıcaklık ve karıştırma hızına bağlı olarak değişmektedir, aynı zamanda tekstürel bir özelliktir. Son gıda kalitesi üzerinde olumsuz sonuçlara sebep olabilir. Ürünün istenilen yapıya sahip olması için, üretim sırasında viskozitesinin düzenli kontrol edilmesi ve ölçülmesi gerekmektedir (Konst vd., 2017). Viskozite ile algılanan lezzet ve/veya tat arasındaki ilişki çok dikkat çekmiştir. Bunun için mekanizma ile ilgili birkaç teori olmasına rağmen, genellikle artan viskozitenin lezzet algısını azalttığı bildirilmiştir (Ferry vd., 2004).

Çorba formunun enerji alımını ve doygunluğu etkilediği bildirilmiştir. Bazı çalışmalar sıvı olarak tüketilen gıdaların katı gıdalardan daha az doyurucu olduğunu gösterirken, bazı çalışmalar çorba şeklindeki sıvı gıdaların katı gıdalardan daha doyurucu olabileceğini göstermiştir (Flood ve Rolls, 2007). Çorbanın katı madde içeriğinin yüzdesi artırılarak daha yüksek enerji değerine sahip bir çorba elde edilebilmektedir. Ancak böyle bir çorbanın kıvamı daha yoğun olacağından özellikle bebekler tarafından tüketilemeyecektir. Bebek mamalarının daha düşük bir viskoziteye (yani yutulması kolay olması), daha yüksek enerji ve besin yoğunluğuna sahip olması arzu edilmektedir (İbanoğlu vd., 1998).

İbanoğlu vd. (1996), tarhananın ekstrüzyonla pişirilmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, yüzey-tepki yöntemi kullanarak ekstrüde edilmiş tarhananın nişasta jelatinizasyonu üzerine namlu sıcaklığı, vida hızı ve besleme hızının etkilerini incelemişlerdir. Yüksek namlu sıcaklığı ve vida hızı ile düşük besleme hızının, ekstrüzyon sırasında nişasta jelatinizasyonunu artırdığını tespit etmişlerdir (İbanoğlu vd., 1996).

2.5 Fermantasyonun Tahıl Ürünlerinin Biyoaktif Bileşikleri Üzerine Etkisi

Gıda üretiminde kullanılan yöntem, ürünlerdeki biyoaktif bileşiklerin stabilitesini etkileyebilmektedir. Örneğin, ısı işlem domates gibi sebzelerde askorbik asit bozunmasına sebep olurken, fenolik madde içeriğini artırmaktadır. Ayrıca, aşırı ısıtılmış ürünlerdeki lipit ve biyoaktif bileşiklerin okside olması sebebiyle kabul edilmeyen renk ve tat bozukluğu meydana gelebilmektedir (Sommano, 2014).

Tahıllar, sağlığı teşvik edici etkileri olan genellikle fitokimyasal ya da bitki biyoaktif bileşenleri olarak adlandırılan bileşikleri içerirler (Gani vd., 2012). Son yıllarda yapılan çalışmalarda, tahıl ve bakliyatlarla uygulanan fermantasyon işlemi ile başta fenolik bileşikler ve biyoaktif peptitler olmak üzere bazı biyoaktif bileşiklerin miktarının kayda değer ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Biyoaktif/biyolojik olarak aktif bileşikler; gıdalarda doğal olarak bulunan veya işlenme sırasında açığa çıkan, beslenmedeki alımı elzem olmayan, gıdalardaki başlıca besin öğelerinin dışındaki ikincil metabolitler olarak tanımlanmıştır (Karademir vd., 2018; Gani vd., 2012). Biyoaktif bileşenlerin, kronik hastalık riskini azaltma ve bazı kanser tiplerini önleme gibi yararlı etkilerinin olabileceği söylenmektedir (Lau vd., 2012).

Tahıl taneleri ve kepekli tahıl ürünleri, besinsel lif (arabinoksilanlar, β -glukan, selüloz, lignin ve lignan), steroller, tokoferoller, tokotanoller, alkilresorsinoller, fenolik asitler, vitaminler ve mikro elementler gibi biyolojik olarak aktif bileşiklerin önemli kaynaklarıdır. Bu bileşiklerin gıdalardaki konsantrasyonları genellikle düşük olsa da, biyolojik fonksiyonları ve insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri sebebiyle dikkat çekmektedir. 1970'li yıllarda, Trowell ve Burkitt, besinsel lif açısından zengin gıdalarla beslenen Afrika ülkelerinin yerli halkında, kardiyovasküler sistemde bozukluk, kanser ve obezite gibi hastalıkların görülmediğini fark etmiştir (Anderson vd., 2000). Bu hastalıkların gelişiminin beslenme faktörlerine bağlılığı üzerine

yapılan yoğun araştırmalar o yıllardan bu yana tüm dünyada sürdürülmüştür (Liu, 2004).

Besinsel lif “insan ince bağırsağında sindirime direnç gösteren ve absorbe edilemeyen, kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermentasyona uğrayan bitkilerin yenilebilir kısımları veya benzer karbondhidratları” olarak tanımlanmıştır. Besinsel lifler polisakkarit veya oligosakkarit yapıdadırlar, lignin ve liganları içerirler. Bağırsak hareketlerini iyileştirme, kan kolesterol düzeyini azaltma ve kan glukoz seviyesini azaltmaları sebebiyle insan sağlığına fayda sağlarlar. Besinsel lifler üç kategoride incelenebilir: (I) doğal formda gıda ile t ketlenen polimerler, (II) iğ gıdalardan fiziksel, kimyasal ve enzimatik yöntemlerle ekstrakte edilen polimerler ve (III) sentetik polimerlerdir (Cummings vd., 2009).

Besinsel liflerin koroner kalp hastalığı, fel, hipertansiyon, diyabet, obezite ve kolon kanseri gibi gastrointestinal hastalıkları önlediği bildirilmiştir. Ayrıca kan kolesterol seviyesini düşürdüğü, bağışıklık sistemini güçlendirdiği, glisemik ve insülin duyarlılığını azalttığı ifade edilmiştir (Shin, 2019). Ayrıca, artan besinsel lif tüketiminin serum lipit konsantrasyonlarını iyileştirdiği, kan basıncını düşürdüğü, diyabette kan şekeri kontrolünü geliştirdiği, düzenliliği arttırdığı, sağlıklı kilo kaybına yardımcı olduğu ve bağışıklık fonksiyonlarını iyileştirdiği bildirilmiştir (Anderson vd., 2009). Besinsel lifin, kan lipit profillerini iyileştirme, kan basıncını düşürme ve insülin duyarlılığını ve fibrinolitik aktiviteyi azaltma gibi çeşitli mekanizmalar yoluyla koroner kalp hastalığı riskini önleyebileceği söylenmiştir (Pereira vd., 2004).

Besinsel lif alımı için mevcut öneriler yaş, cinsiyet ve enerji alımı ile ilgilidir ve yeterli alım için genel tavsiye 14 g/1000 kcal'dir. Kadınlar için 2000 kcal/gün ve erkekler için 2600 kcal/gün enerji rehberini kullanarak, önerilen günlük besinsel lif alımı yetişkin kadınlar için 28 g/gün, yetişkin erkekler için 36 g/gündür (Anderson vd., 2009; Shin, 2019).

Besinsel lif, çeşitli araştırmalarda toplam besinsel lif, çözünebilir besinsel lif ve çözünemeyen besinsel lif olarak ifade edilmiştir (Yukselci Kilci ve Gocmen, 2012). Kolonda fermente edilmiş viskoz veya fermente edilebilir besinsel lifler (pektin gibi)  z nebilir besinsel lifler ve ancak sınırlı miktarda fermente edilebilen besinsel lifler (buğday kepeği)  z nemeyen besinsel lifler olarak bildirilmiştir (Anderson vd., 2009). Fakat toplam besinsel lif içerisindeki çözünemeyen besinsel lif miktarının,  z nebilene oranla daha fazla olduğu belirtilmiştir (Bilgili, 2016). Çözünmeyen besinsel lif, dışkı ağırlığı ve sıklığında artış ve bağırsak geçiş s resinde azalma gibi

bağırsak olayları ile ilişkilidir. Çözünür besinsel lifin ise, serum kolesterol seviyesini ve tokluk glisemik yanıtın düşürülmesi ile bağlantılı olduğu ifade edilmiştir (Hager vd., 2012).

İnsan ve hayvan çalışmaları, çözünemeyen besinsel liflerin mide boşalmasını yavaşlatabildiğini ve buna bağlı olarak besin alımını da yavaşlatabileceği ve böylece kan glukoz seviyesini azaltabileceğini göstermiştir. Çözünabilir besinsel lifler (örneğin, ksantan gam, karragenan, guar ve keçiboynuzu gamları, selüloz türevleri ve inülin), yüksek su tutma kapasitesi sayesinde, dışkı kütlesinde mütevazı bir artışa yol açarak bağırsak bakterileri tarafından kolayca fermente edilebilmektedir. Çözünemeyen besinsel lifler (örneğin, selülöz) ise bağırsakta fermente edilemez, bu da kalın bağırsaktaki lif kütlesinin korunmasına yol açmaktadır (Schneeman, 1987). Kısa zincirli fruktooligosakkaritler (FOS) ve pektin gibi çözünür lifler, bakteriler tarafından gastrointestinal sistemde daha kısa sürede metabolize edilirler. Çözünemeyen selüloz ise geçiş süresinin daha yavaş fakat bakteri popülasyonunun daha yüksek olduğu kolonda kısmen fermente edilebilir (Holscher, 2017).

Yukselci Kilci ve Gocmen (2012) yaptıkları bir çalışmada, tarhana formülasyonundaki buğday ununun (kontrol) yerine %10, %20, %30 ve %40 seviyelerinde yulaf unu ve tel kesim (steel cut) yulaf kullanmıştır. Buna göre, %40 steel cut yulaf içeren tarhana, en yüksek çözünemeyen besinsel lif, çözünabilir besinsel lif ve toplam besinsel lif değerlerine sahip olmuştur. Sonuçlar, yulaf ilavelerinin, besinsel lif ve β -glukan içeriğinde önemli artışlara sebep olarak tarhananın besin kalitesini iyileştirdiğini göstermiştir. Yulaf miktarı arttıkça besinsel lif miktarlarının da arttığı bildirilmiştir (Yukselci Kilci ve Gocmen, 2012).

Fruktanlar, temel olarak sadece fruktozdan meydana gelen oligosakkaritler olup, sağlığı iyileştirme potansiyeline sahiptirler (Verspreet vd., 2015). Fruktanlar, doğal olarak fruktoz moleküllerinin aralarında β -2,1 bağları ile bağlı bitki oligosakkaritleridir. Tahıllar düşük fruktan konsantrasyonuna (%0,6-2,6) sahip olmasına rağmen, fruktanların tahıl gevreği hücre duvarlarının ana bileşenleri olduğu belirtilmiştir (Veenstra vd., 2017). Monokotiledonlarda, dikotiledonlarda ve yeşil alglerde bulunduğu belirtilmiştir (McCleary vd., 2019). Nişastadan sonra, bitkiler aleminde en bol miktarda bulunan karbonhidratlardır (Tungland, 2003). Kuşkonmaz, sarımsak, pırasa, soğan, Kudüs enginarı ve hindiba kökleri gibi çeşitli fruktan kaynakları genellikle sebze olarak tüketilmektedir (Franco-Robles ve López, 2015). Tahıl gevrekleri ve tahıl temelli ürünler günlük beslenmemizde en önemli fruktan kaynaklarıdır (Verspreet vd., 2015).

Frukthanlar moleküler yapı ve moleküler ağırlık bakımından farklılıklar gösterirler. Frukthanlar başlıca üç tipte incelenebilir: inulin grubu, levan grubu ve dallanmış (agave tipi) grup. İnülin grubu, çoğunlukla veya sadece (2→1) fruktosil-fruktoz bağlantısına sahip olan monomerlerden oluşur. Levan grubu, çoğunlukla veya sadece (2→6) fruktoz-fruktoz bağlantısını içeren bir oligosakkarit yapısına sahiptir. Dallanmış (agave) grup (2→1) ve (2→6) fruktosilfruktoz bağlantılarına sahip bir oligosakkarittir ve *Gramineae* familyasında bulunmaktadır (McCleary vd., 2019).

İnülin tipi fruktanlar en çok çalışılanlar arasındadır ve prebiyotik özelliklere sahip, tamamen çözünür, sindirilebilir, mayalanabilir gıda bileşenleridir. İnülin tipi fruktanlar hindiba kökü, buğday, soğan, sarımsak, pırasa, enginar, kuşkonmaz ve muz gibi gıdalarda doğal olarak bulunan β -(2→1) bağlantılara sahip doğrusal fruktoz oligosakkaritidir. Bilimsel makalelerde inülin tipi fruktanlar genel olarak “inulin”, “oligofruktoz” ve “fruktooligosakaritler” olarak adlandırılır (Franco-Robles ve López, 2015; Holscher, 2017).

Frukthanlar, birçok mekanizma yoluyla sağlığın korunmasına katkıda bulunur. 1930'ların ortasından beri, insan böbrek fonksiyonu için testlerde fruktanlar kullanılmıştır ve inulin ve inulin türevleri için potansiyel tıbbi kullanımlara ilgi artmaktadır. Frukthanlar düşük kalorili bir besindir çünkü insanlar tarafından sindirilemezler, ancak kolondaki yararlı “bifidobakteriler” tarafından karbon kaynağı olarak verimli bir şekilde kullanılırlar. Şu anda fruktan üretimi için en agronomik olarak kabul edilebilir mahsul hindiba olarak bildirilmiştir (Vijn ve Smeekens, 1999). Hindibada bulunan inülin tipi fruktan, fonksiyonel gıda maddesi, prebiyotik özelliklere sahip bir besinsel liftir ve şeker hastaları için iyi bir besin takviyesi olarak kullanılan doğal bir bileşendir (Tezgel, 2018).

İnsanlar için fruktanlar, sağlıklı bir bireydeki bağırsak bakterilerinin gelişmesini destekleyen, bağışıklık sistemine yardımcı olan, kolon kanserinin meydana gelmesini önleyen ve kemik sağlığını destekleyen prebiyotiklerdir. Aynı zamanda fruktanlar, buğday bitkisinde tahıl verimini etkileyen streslere (yani kuraklık, soğuk hava ve toprak tuzluluğu) karşı rezerv karbonhidratlar veya ozmotik basıncı düzenleyiciler olarak görev yapmaktadır (Veenstra vd., 2017). Frukthanlar ayrıca, iltihaplanmayı azaltan ve redoks tepkimeleri sonucu reaktif oksijen türlerini temizleyen bileşikler olarak da işlev görebilirler (Van den Ende vd., 2011).

Tahıllar, yağlı tohumlar ve baklagillerde yaygın olarak bulunan fitik asit suda çözünebilen bir organik bileşiktir (Anastasio vd., 2010). Kimyasal formülü myo-

1,2,3,4,5,6-inositolheksakisfosfat (InsP6)'tır. Tohum tanesinde depolanmış fosforun bir formu olarak bilinir. Tohum kuru ağırlığının en az %1'ini ve toplam fosforun %50-80'ini oluşturur (Magala vd., 2015; Dai vd., 2007). Fitik asit tohumlarda "fitat" formunda da bulunabilir. Fitik asidin potasyum, magnezyum ve kalsiyum iyonları ile yaptığı tuzların karışımına "fitat" denir (Reddy vd., 1982). Fitatın esas olarak hububatin tohum kabuğu veya kepek katmanında yoğunlaştığını, endospermde ise en az miktarda bulunduğu bildirilmiştir (Makokha vd., 2002).

Fitik asit, tanenin alöron katmanında yoğunlaşan, şelatlama kapasitesine sahip güçlü bir organik asittir (Poutanen vd., 2009). Şelatlama özelliğinden dolayı tanede bulunan pozitif yüklü metaller ile fitat kompleksleri halinde proteinlere ve nişastaya bağlanmakta, buna bağlı olarak da minerallerin tanede serbest hale geçmesini engellemektedir. Fitat komplekslerinin çoğu, insan vücudundaki fizyolojik pH'da çözünmez. Bu sebeple fitik asitin bağlanması ile bazı mineralleri biyolojik olarak vücutta kullanılamaz hale getirir. Bunun sonucunda da besinlerin biyoyararlanımını azalmaktadır (Makokha vd., 2002). Fitik asidin mineral, protein ve nişasta ile kompleks oluşturma mekanizması Bilgiçli (2004) tarafından açıklanmıştır. Fitik asit, mineralleri bağlama ve biyo-mevcudiyetlerini etkileyen çözünürlük, fonksiyonellik, sindirilebilirlik ve emilimini değiştirme yönündeki doğrudan veya dolaylı etkilerinden dolayı antinutrient olarak kabul edilmektedir (Magala vd., 2015; Bilgiçli vd., 2006; Zhao vd., 2017).

Fitik asit miktarını ve fitik asitin gıda ürünlerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için birçok yöntem önerilmiştir. Bu işlemlerin bazıları fermantasyon, öğütme, ısıtma işlemi, çimlendirme, malt unu ilavesi, fitaz enzimi uygulaması ve sitrik asit veya asetik asit ile pH ayarlaması olarak bildirilmiştir (Yaver ve Bilgiçli, 2019). Her ürünün yapısına ve üretim işlemine bağlı olarak seçilen yöntem değişirken, birkaç farklı yöntemin kombinasyonu da mümkün olabilir (Ertaş, 2018). Fitazlar, mineral çözünürlüğünü ve biyoyararlanımı artırmak için serbest inorganik fosfat ve inositol fosfat esterleri oluşturmak üzere fitatı serbest hale getirebilir. Fitatın enzimatik parçalanması çeşitli parametrelere bağlıdır. Bunlar, mevcut fitaz aktivitesi, unun partikül büyüklüğü, asitlik, sıcaklık, zaman ve su içeriğidir (Poutanen vd., 2009).

Fermantasyon sırasında fitik asit içeriğindeki azalma, fitaz enziminin etkisi ile açıklanabilir (Magala vd., 2015). Fermente edilmiş tahıl ürünlerinde, kullanılan mayanın salgıladığı fitaz enzimi, fitik asitin parçalanmasını sağlamaktadır (Ertaş, 2018). Dolayısıyla, endojen fitaz aktivitesinin artırılması, tahıllarda demir ve çinko gibi minerallerin biyoyararlanımını artırabileceği bildirilmiştir (Dai vd., 2010). Ayrıca,

ortamın asitliğinin artırılması da, fermantasyon sırasında fitik asit parçalanmasını artırmaktadır (Ertaş, 2018). El Hag vd. (2002) fermantasyonun, fitik asitte büyük bir azalmaya sebep olduğunu ve bunun fitaz aktivitesi için optimum olduğu düşünülen fermente hamurun düşük pH'sından kaynaklanabileceğini rapor etmiştir. Gobbetti vd. (2014) de yaptıkları çalışmada fermantasyon sırasında laktik asit bakterileri ve mayaların oluşturduğu asitlik sonucunda, pH'nın 4-6 değerlerine ulaştığını ve bu sayede fitik asiti parçalayan fitaz enziminin aktivasyonunun sağlandığını belirtmişlerdir. Genel olarak, daha düşük pH, daha uzun fermantasyon süresi ve daha fazla maya ilavesi, fitik asidin daha yoğun bir şekilde parçalanmasına sebep olmaktadır. Yapılan bir çalışmada ise, fitaz aktivitesinin malt üretiminde tahılların çimlenmesiyle arttığı ve malt unu ilavesinin, fitik asidin parçalanması için çok etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Bilgiçli vd., 2006).

Bilgiçli (2004), tarhanayı yüksek randımanlı undan farklı oranlarda maya (*Saccharomyces cerevisiae*, % 0, 2,5 ve 5), malt unu (% 0, 2 ve 4) ve fitaz enzim preparatı (%0, 0,05 ve 0,5) kullanarak üretmiş ve bu tarhanaların bazı besinsel özellikleri ile fitik asit miktarları arasındaki değişimleri araştırmıştır. Buna göre, tarhananın 72 saatlik fermantasyonu sonucunda fitik asit miktarı %95,3 oranında azalmış, protein sindirilebilirliği ise %95,1'e çıkmıştır.

2.6 Tahıl Ürünlerinin Mineral Madde İçeriği ve Sağlık Üzerine Etkileri

Mineraller, yaşam için gerekli inorganik maddelerdir ve günlük gereksinimleri genellikle 100 mg'dan azdır. Enerji veren bir besin bileşeni olmasalar da, vücut işlevleri, biyokimyasal fonksiyonlar ve enzimatik aktivitede önemli rolleri vardır (Omohimi vd., 2018). Temel gıdalardaki düşük mineral içeriği, yetersiz beslenmeye, osteoporoz, çocuk gelişiminde bozulma ve anemi gibi fizyolojik patolojiye yol açabilmektedir (Udomkun vd., 2019). Özellikle çinko (Zn), iyot (I), selenyum (Se) ve demir (Fe) gibi mikro-mineral eksiklikleri ciddi bir küresel sağlık sorunudur. Çünkü bu mikro-mineral eksiklikleri, gelişmekte olan ülkelerde, özellikle hamile kadınlar ve beş yaşın altındaki çocuklar olmak üzere nüfusun üçte birinden fazlasını etkilemektedir. Mikro-mineral eksiklikleri genellikle gizli açlık olarak bilinmekte ve yetersiz beslenmenin önemli bir formunu oluşturmaktadır (Zou vd., 2019).

Demir ve çinko yetersizliği dünyada önemli bir beslenme sorunudur. Dünya nüfusunun %33'ünde demir, %25'inde ise çinko yetersizliği bulunmaktadır. Özellikle İngiltere'de genç kızlar ve kadınların demir ve çinko minerali eksikliği bakımından önemli risk altında olduğu belirtilmiştir. Tahıllar ve tahıl ürünleri, çeşitli minerallerin önemli kaynaklarıdır. Özellikle buğdayın alöron tabakası demir ve çinko minerali bakımından oldukça zengindir ve daha çok fitat yapıları halinde bulunurlar. İngiltere'de 5-6 yıl kadar süren *National Diet and Nutrition Survey (NDNS)* Rolling Programme araştırmasına göre tahılların vücut için gerekli çinkonun %25'ini, kalsiyumun %31'ini ve demirin %39'unu sağladığı belirtilmiştir. Büyük ölçüde bitkisel kaynaklı gıdalarla beslenen insanlar için, tahıllardan gelen mineral alımları, çok yönlü bir beslenmeden daha yüksektir (beslenmedeki çinkonun %56'sı, kalsiyumun %49'u ve demirin %28'i et, balık ve süt ürünleri kombinasyonunun alımı ile sağlanmaktadır). Bazı yaş gruplarında tahılların mineral alımlarına katkısı büyük önem taşımaktadır; örneğin, çocuklarda ve gençlerde (1,5-18 yaş arasında) toplam demir alımının %50'sinden fazlasını tahıllar karşılamaktadır (Aslam vd., 2018).

Buğday gibi temel tahıllar, beslenme gereksinimlerini yeterince karşılama hususunda mikro-besin miktarı ve biyoyararlanımı bakımından doğal olarak düşüktür. Bu sebeple, dünyadaki temel tahıl bazlı gıdaların başlıca besin kaynağı olduğu bölgelerde, mikro-besinlerin yetersiz alımı söz konusu olmaktadır (Zou vd., 2019). Bununla birlikte buğdayın mikro-besin miktarının artırılması için gübreleme uygulamalarının entegrasyonu ve mikro-besin miktarı bakımından genetik olarak manipüle edilmiş buğday çeşitlerinin kullanılması gibi yöntemler ile artırılabilirliği bildirilmiştir. Son zamanlarda üzerinde birçok çalışma yapılan genetik ve agronomik biyo-zenginleştirme işlemleri, mikrobesein ile ilgili yetersiz beslenme sorunlarına sürdürülebilir çözümler sunmaktadır (Velu vd., 2014).

Tarhana fermentasyonu ile organik asitler, niasin, folik asit, pantotenik asit, mineraller ve farklı aminoasitler gibi önemli besin öğeleri açığa çıkmaktadır (Turantaş ve Kemahloğlu 2012). Tarhananın, biyoyararlanımları oldukça yüksek iyi bir toplam mineral madde (Ca, Mg, Zn ve K) kaynağı olduğu belirtilmiştir (Ozdemir vd., 2007).

Gıda fermentasyonunun, nişasta ve protein sindirilebilirliğini ve minerallerin biyoyararlanımını artırmada etkili bir yöntem olduğu bilinmektedir. Fermentasyonun aynı zamanda fitik asit ve polifenoller gibi antinutrientlerin seviyesini düşürdüğü ifade edilmiştir (Khetarpaul ve Chauhan, 1989). Fermentasyon sonucunda artan asitlik, fitik asit kaybı ile birlikte toplam mineral ve protein miktarında kuru madde üzerinden

bir artışa sebep olmaktadır (Ozdemir vd., 2007). Bazı çalışmaların sonuçlarına göre, tahıl ürünlerinin fermantasyonu ile mineral ve protein biyoyararlanım oranının arttığı da ifade edilmiştir (Bilgiçli, 2004).

Karbon, hidrojen, oksijen, azot, potasyum, kükürt, magnezyum, kalsiyum, sodyum, fosfor ve klor gibi makro elementler organik maddelerin ana bileşenleridir ve önemli metabolik fonksiyonlara sahiptirler. Makro elementler olarak adlandırılan bu elementler hücrenin yapısal mineralleridir. Osmotik basınç ve asit/baz dengelenmelerinde de yer almaktadırlar. B, Co, Cr, Cu, F, Fe, I, Li, Mo, Mn, Ni, Rb, Se, Si, V ve Zn gibi mikro-mineral maddeler metabolik fonksiyonlara katılırlar ve enzimlerin, hormonların ve vitaminlerin önemli yapısal bileşenleridirler (Szefer ve Nriagu, 2007). Zn, Mn, Cu ve Co gibi iz elementler yapısal proteinler, enzimler, koenzimler ve hücre proteinleri için gereklidir ve rumende birçok enzimatik reaksiyonda kofaktör olarak görev yaparlar (Pino ve Heinrichs, 2016).

Kalsiyum kemiklerin ve dişlerin gelişiminde kritiktir ve özellikle büyüme ve gelişme için çok önemlidir (Hamner vd., 2016). Kas ve sinir hastalıklarının iyileşmesinde, kanın pıhtılaşmasında hayati bir rol oynar ve ayrıca fosfat tuzları sayesinde iskelete sertlik kazandırır. Kalsiyum vücudun en önemli minerallerinden biridir, yetişkin vücut ağırlığının yaklaşık %2'sini oluşturur. Vücut kalsiyumunun ise %99'u kemikte, kalan miktar dişlerde, bağ dokusunda, hücre dışı sıvıda ve kanda bulunmaktadır (Zand vd., 2015).

Magnezyum, iskelet gelişiminde önemli bir rol oynar ve ATP gerektiren sayısız enzim için bir kofaktör olarak da işlev görebilir. Bu sebeple magnezyum, membran stabilizasyonu, enerji üretimi, oksidatif fosforilasyon, glikoliz, DNA transkripsiyonu ve protein sentezi için gereklidir (Zand vd., 2015).

Demir, kalsiyum ve çinko, bilişsel gelişim, kemik sağlığı ve büyümeyi sağlamak için gerekli anahtar minerallerdir. Küçük çocuklar için, Amerikan Pediatri Akademisi (AAP), demir ve çinkoyu özellikle besleyici ve tamamlayıcı ek gıdalara geçiş yapan çocuklar için, kritik besin maddeleri olarak tanımlamıştır. 12-23 aylık çocukların çoğunluğu katı gıdalara geçmesine rağmen, bu süre hala önemli bir fiziksel ve bilişsel gelişim dönemidir ve yeterli besin alımına ihtiyaç vardır. Yeterli miktarda demir, kalsiyum ve çinko alımının sağlanması, demir eksikliği anemisi veya raşitizm veya büyüme geriliği gibi ciddi hastalıkların oluşma riskini azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Hamner vd., 2016). Diğer taraftan çinko, protein sentezi ve enerji metabolizmasında rol oynayan enzimlerin bir bileşeni olarak

gereklidir. Eksikliği cücelik, cinsiyet hormonları yetersizliği (hipogonadizm) ve dermatit ile sonuçlanırken, yüksek konsantrasyonlardan dolayı toksisitesi sürekli bulantı, anemi ve uyuşukluğa sebep olabilir (Adimula vd., 2019). Bazı minerallerin günlük vücuda alınması önerilen miktarları **Çizelge 2.1**'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Minerallerin farklı yaş ve cinsiyet gruplarına göre günlük önerilen miktarları

MİNERAL	Günlük alınması önerilen miktar	Yaş ve Cinsiyet	Kaynak
Fe	8 mg	Yetişkin erkek	Abu Bakar vd., 2017
	18 mg	Yetişkin kadın	Abu Bakar vd., 2017
	6 mg	0,5-1 yaş arası çocuk	Pandelova vd., 2012
Ca	1000 mg	Yetişkin	Abu Bakar vd., 2017; Cortese vd., 2019
	500-800 mg	7 yaşından küçük çocuklar	Pandelova vd., 2012
K	4700 mg	Yetişkin	Cortese vd., 2019
Mg	420 mg	Yetişkin erkek	IOM, 2001, 2011
	320 mg	Yetişkin kadın	IOM, 2001, 2011
Zn	11 mg	Yetişkin erkek	IOM, 2001, 2011
	8 mg	Yetişkin kadın	IOM , 2001, 2011
Mn	1,8 mg	Yetişkin	Cortese vd., 2019
	1,2 mg	1-3 yaş arası çocuklar	Pandelova vd., 2012
Cu	0,9	Yetişkin	Cortese vd., 2019
Ni	11 µg	Çocuk	Pandelova vd., 2012
	0,15-0,7 mg	Yetişkin	CODEX, 1995
Cr	50-200 µg	Yetişkin	Abu Bakar vd., 2017
Pb	0,015-0,1 mg	Yetişkin	CODEX, 1995

Oksijen taşınması ve hücresel enerji üretimi için temel bir mineral olan demir (Zand vd., 2015), optimal bilişsel gelişim için önemlidir (Hamner vd., 2016). Kanda yeterli demir olmadığında, organlar ve dokular genellikle ihtiyaç duyduklarından daha az oksijen alır ve bu da demir eksikliği anemisine yol açabilir (Abu Bakar vd., 2017). Demir eksikliği, özellikle küçük çocuklarda, ilerleyen zamanlarda yeterli miktarda alım yapılsa bile düzelmeyen, gecikmiş psikomotor ve bilişsel geriliğe sebep olabilmektedir. Ancak vücuda aşırı demir alınması da zararlıdır. Özellikle çocuklara aşırı miktarda demir takviyesi, düzenleyici sistemleri etkileyebilmekte ve

ölümcül olabilmektedir (Zand vd., 2015). Bilinen toksisite etkileri, kalp ve karaciğer gibi organlarda birikimi sebebiyle hasar meydana gelebilir ve zehirlenmeler görülebilir (Adimula vd., 2019).

Bakır, kırmızı kan hücreleri yapımına yardımcı olur, sinir hücrelerinin ve bağışıklık sisteminin sağlıklı kalmasını sağlar, enerji üretimi için gereklidir, kollajen oluşumuna ve vücudun demiri emmesine yardımcı olur. Beslenmedeki bakır eksikliği, kemik demineralizasyonu, bodurluk ve gastrointestinal rahatsızlıklar gibi semptomlara sebep olabilirken, bakırın aşırı alımı toksisitesi sebebiyle karaciğer sirozuna ve nörolojik bozukluklara yol açabilmektedir (Adimula vd., 2019).

Arsenik, baryum, nikel, kadmiyum, antimon, kurşun, cıva ve alüminyum gibi iz elementler, kümülatif özelliklere sahip gıda kirleticileridir ve bu sebeple tüketiciler için potansiyel olarak tehlikeli (toksik) olarak kabul edilirler. Gıdadaki bu iz elementlerin varlığı genellikle; (i) hammadde gibi doğal kaynaklara veya (ii) gıdanın tedarik zinciri boyunca ve işlenmesi sırasında maruz kaldığı kirlenmeye atfedilir (Zand vd., 2015). Son yıllarda, sanayi, tarım, trafik ve ulaştırma ve madencilik endüstrilerinin hızlı gelişimiyle ağır metal kirliliği bazı bölgelerde, özellikle gelişmekte olan ülkelerde önem arz etmeye başlamıştır. Kirlenmiş ortamda yetişen mahsullerin tüketilmesinden kaynaklanan insan sağlığı riski, doğal ve antropojenik emisyonlar sebebiyle çevrede yaygın olarak mevcuttur (Huang vd., 2008).

Ağır metaller (Hg, As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ve Cd) çevre ve insanlar için en tehlikeli kirletici elementlerdir. Toprağa, suya veya havaya aşırı ağır metal karıştığında, bu kirli ortamlarda yetişen gıda mahsullerinin tüketilmesi sebebiyle insan sağlığı tehlikeye girebilir (Huang vd., 2008). Birçok çalışmada baklagillerin ve tahılların farklı seviyelerde ağır metaller ile kirlendiği gösterilmiştir (Salama ve Radwan, 2005).

Tüketicilerin ağır metallere ve ilgili sağlık risklerine maruz kalması, genellikle World Health Organization (WHO) tarafından oluşturulan bir referans değeri olan “geçici tolere edilebilir haftalık alımın” (PWTI) yüzdesi olarak ifade edilir. Buna göre, tüm kaynaklardan haftalık olarak metal alımı, kurşun ve kadmiyum için sırasıyla 0.05 ve 0.075 mg/kg vücut ağırlığını geçmemelidir. Kadmiyum ve kurşun, en bol bulunan ağır metaller arasındadır ve özellikle toksiktirler (Salama ve Radwan, 2005).

İnsanların toksik metallere başlıca maruz kalma yolları hava, gıda ve sudur. Kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd), kardiyovasküler ve böbrek gibi hastalıkların yanı

sıra kemik hastalıkları ile ilişkili potansiyel kanserojen maddeler olarak bildirilmiştir. Akciğerlerde, karaciğerde, kemikte ve böbreklerde birikebilir ve ciddi organ hasarına sebep olabilirler. Ayrıca kadmiyum, Uluslararası Kansere Araştırmaları Ajansı tarafından sınıflandırılan güçlü bir kanserojendir (IARC, 1993). Kurşun ağır metalinin ise gıdaların çoğunda düşük konsantrasyonlarda bulunduğu ve insanlar için kanserojen olabileceği bildirilmiştir (Cheli vd., 2010; Adimula vd., 2019).

Kurşun metale uzun süre maruz kalmak hafıza kaybına, uzun reaksiyon sürelerine ve anlama yeteneğinde azalmalara sebep olduğu bildirilmiştir. Çocuklarda davranış bozuklukları, öğrenme ve dikkat toplama zorlukları görülebilir. Krom, demir, bakır ve çinko elementleri de tolere edilebilir referans dozunu aştığında insan sağlığına kanserojen olmayan fakat tehlikeli bazı durumların ortaya çıkmasına sebep olabilirler (Cao vd., 2010). WHO (2003)'ya göre kandaki kurşun oranı çocuklarda 40 µg/100 mL ve yetişkinlerde 50 µg/100 mL'yi aştığında aneminin ortaya çıkabileceği ifade edilmiştir.

Yapılan çalışmalar, ağır metallerden en çok etkilenenlerin çocuklar olduğunu göstermiştir. Bu sebeple, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve WHO, ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) ve diğer ülkelerin düzenleyici kurumları, gıda maddelerinde izin verilen konsantrasyonları veya izin verilen maksimum toksik ağır metal konsantrasyonlarını belirlemektedir (Huang vd., 2008).

2.7 Kavuzsuz Arpa, İrmik Altı Un ve Karabuğday Unlarının Bazı Özellikleri ve Gıdalarda Kullanımları

Her geçen gün artan dünya nüfusu, beslenme ile ilgili sorunları da beraberinde getirmekte ve çözüme yönelik alternatiflerin ortaya konulmasını gerektirmektedir. Bu sebeple, son yıllarda gıda üretimi sırasında açığa çıkan sanayi artıklarının ve yan ürünlerinin değerlendirilmesi konusu önem kazanmıştır (Işık, 2013).

Tahıl işleme endüstrisi artıkları önemli bir besinsel lif kaynağıdır. İrmik altı un, durum buğdayının (*Triticum durum*) irmiğe öğütülmesi sırasında %5-15 oranında açığa çıkan, ekonomik değeri düşük bir yan üründür. İrmik altı unu çoğunlukla hayvan yemi yapımında kullanılmaktadır. Karademir ve Yalçın (2019), ırmik altı unun nem, kül, ham yağ, protein, toplam nişasta miktarlarını sırasıyla %12,2, %2,27,

%3,6, %14,9 ve %54,3 olarak bulmuşlardır. Yüksek miktarda kepek içeren ırmik altı unun, protein (%14-16), kül (%1,5-2) ve nişasta açısından zengin ve hafif gri renge sahip bir artık un olduğu ayrıca ifade edilmiştir. Bu yan ürün için katma değeri yüksek yeni kullanım alanları keşfetmek için araştırmalar devam etmektedir. İrmik altı unu genellikle çavdar gibi düşük gluten içeren tahılların ve ekmek gibi bazı unlu mamullerin gluten kuvvetini artırmak için kullanılan bir katkı maddesidir (Yağcı ve Gogus, 2009). İrmik altı unun nişasta miktarı yüksek olduğundan ekstrüzyonla pişirme sırasında yeterli genleşme sağlanabilmektedir. İrmik altı unun gluteni, ekstrüde edilmiş ürünlerde besin değerini artırmak, renk açmak ve istenen dokuyu sağlamak için kullanılabileceği, ayrıca çeşitli ekmeklerde, sosis dolgularında, düşük kaliteli makarnalarda veya eriştelelerde ırmik altı unların %5-20 oranında kullanıldığı ifade edilmiştir (Yağcı, 2008; Sayaslan vd., 2018).

Toplam protein kalitesi patent undan daha yüksek olmasına rağmen, ırmik altı unun gluteni tipik olarak patent unundan daha düşük kalitededir. İrmik altı unun, kül, ham yağ, protein, toplam ve çözünebilir besinsel lif, şeker ve pentosan içeriği ekmeklik buğday ununa göre daha zengindir. Esposito vd. (2005) makarnalık buğday kepeği yan ürünlerinin çözünebilir ve çözünemeyen besinsel lif içeriğini ve antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Çözünebilir besinsel lif içeriğinin %0,9-4,1 arasında, çözünemeyen besinsel lif içeriğinin ise %21-64 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Karademir ve Yalçın (2019), ırmik altı unu ile üretilen kızılıklık tarhanasının buğday unu ile üretilen kızılıklık tarhanasına göre antosiyanin içeriğinin ve antioksidan özelliklerinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Arpa genotipleri, kavuzsuz ve kavuzlu olarak sınıflandırılmıştır. Kavuzlu arpa genotiplerinde, daneler harmanlama sırasında kavuzlarını kaybetmezken, kavuzsuz arpa genotiplerinin kavuzları hasat sırasında aynı buğdayda olduğu gibi tarlada düşmektedir. Bu kavuzsuz arpalar için önemli bir avantajdır, çünkü öğütme işlemi kolaylaşmaktadır. Kavuzsuz arpanın öğütülmesi sırasında endospermin en dış katmanı olan alöron tabakasındaki, esansiyel amino asitler ve vitaminler öğütme ile birlikte korunmaktadır. Kavuzsuz arpa kavuzlu arpaya göre daha fazla protein, ham yağ ve çözünebilir besinsel lif (β -glukan) içerdiğinden, daha iyi bir besinsel değere sahiptir (Andersson vd., 2004; Yalçın vd., 2007; Škrbić vd., 2009).

Arpa tanesindeki baskın besinsel lif bileşenleri, esasen endospermin hücre duvarlarında ve alöron tabakasında bulunan β -glukanlar ve arabinoksilanlardır. Tanenin toplam besinsel lifinin önemli bileşenleri olan bu çözünür polisakkaritler; plazma kolesterolünü, glisemik indeksi ve kolon kanseri riskini azaltmakta, besin

değerlerini ve gıdanın fonksiyonel özelliklerini etkileyebilmektedir (Izydorczyk vd., 2008). Sindirim sisteminde viskoziteyi arttırarak, yemek sonrası kan glukoz seviyesinin yükselmesini önledikleri ve ayrıca kan kolesterol düzeyini düşürdükleri ifade edilmiştir. Arpanın bir diğer önemli özelliği, yüksek antioksidan içeriğidir. Analiz edilen birkaç kavuzsuz arpa çeşidinin, farklı buğday, çavdar veya yulaf çeşitlerine kıyasla daha yüksek ekstrakte edilebilir antioksidan içerdiği rapor edilmiştir (Cajzek vd., 2019).

Kavuzsuz arpanın birçok gıda ürününde buğday unu yerine başarılı bir şekilde ikame edilebileceği bildirilmiştir. Kavuzsuz arpa içeren gıdalar, yüksek lifli gıda ürünleri ile ilgilenen tüketicilere hitap edebilir (Yalçın vd., 2007). Kavuzsuz arpa unu, kek, krep, bisküvi ve kurabiyeler gibi kimyasal olarak mayalanmış ürünlerde başarıyla kullanılmıştır. Geleneksel olarak arpa, ekmek ürünlerinde zayıf duyuşal niteliklere sahip olacağından kullanımı tercih edilmemesine rağmen, kavuzsuz arpa unu ile yapılan mayalı ekmeğin, iyi bir besinsel lif kaynağı olduğu söylenmiştir. Bununla birlikte, Bhattı (1986), %5-10 oranında kavuzsuz arpa kullanımının ekmek hacmini ve görünümünü ciddi şekilde etkilemeyeceğini bildirmiştir (Andersson vd., 2004).

Epidemiyolojik çalışmalar, tam tahıl ve tam tahıllı ürünlerin düzenli tüketiminin, kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet ve bazı kanser türleri gibi çeşitli kronik hastalık risklerinin azaltılmasında etkili olduğunu göstermiştir. Tam tahıl ürünlerinin zengin besinsel lif, vitamin, mineral ve fitokimyasal kaynakları olduğu ifade edilmiştir (Gani vd., 2012). Karademir ve Yalçın (2019), tam kavuzsuz arpa ununun nem, kül, ham yağ, protein, toplam nişasta ve β -glukan miktarlarını sırasıyla %11,0, %2,13, %2,8, %16,6, %52,5 ve %3,52 olarak bulmuşlardır.

Karabuğday, tahıl benzeri (pseudo-tahıl) tek yıllık bir bitkidir. Son yıllarda, kimyasal kompozisyonu, fonksiyonel tahıl ürünlerinin üretiminde ilgi çekmektedir. Karabuğday çoklu doymamış esansiyel yağ asitleri (linoleik asit), Mg ve K gibi mineraller, vitaminler (B, C ve E), D-chiro-inositol, fagopritoller ve flavonoidler (rutin ve kuersetin) gibi önemli minör besin öğelerine sahiptir (Li ve Zhang, 2001; Wijngaard ve Arendt, 2006). Tanenler, fitik asit ve proteaz inhibitörlerinin, karabuğday nişastasının enzime duyarlılığını ve sindirimini düşürdüğü ifade edilmiştir (Wijngaard ve Arendt, 2006). Bu kimyasal içeriği karabuğdayı; hipokolesterolemik aktivite, vücut yağ birikiminin baskılanması, antioksidan ve serbest radikal süpürme aktiviteleri, anti-hipertansiyon, anti-inflamasyon, kolon kanseri oluşumunun azaltılması gibi sağlık yararları yüksek bir pseudo-tahıl haline

getirdiği çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Li ve Zhang, 2001; Wijngaard ve Arendt, 2006).

Karabuğdayın protein içeriği çeşide göre değişmekle birlikte %8,5-18,9 arasındadır (Tang vd., 2009). Karabuğday proteinleri, ekmeklik buğday proteinleri ile kıyaslandığında glutamin ve prolin hariç bütün amino asitleri yüksek ya da benzer miktarlarda içermektedir. Özellikle ekmeklik buğdayda sınırlı miktarda bulunan lisin (L-Lys) esansiyel amino asiti, karabuğdayda 2,5 kat daha fazladır. Karademir ve Yalçın (2019), karabuğday ununun nem, kül, ham yağ, protein ve toplam nişasta miktarlarını sırasıyla %13,0, %1,21, %1,6, %8,3 ve %73,4 olarak bulmuşlardır. Karabuğday, çölyak hastaları için toksik etkili prolamin proteinlerini çok az miktarda (3,8-5,2 mg/100 g tohum) içermektedir. Karabuğday unu, özellikle, çölyak hastalığı ve gluten hassasiyeti olan bireyler için üretilen glutensiz gıda ürünlerinin önemli bir bileşenidir (Gimenez-Bastida vd., 2015). Dünya’da özellikle Batı ülkelerinde görülen çölyak hastalığında gluten içerikli gıdaların tüketilmesi ile bağırsak mukozasında hasar ve bağırsaktan besin öğelerinin absorpsiyonunda azalma meydana gelmektedir. Bu hastalığın tek tedavisinin, hayat boyu sıkı bir glutensiz beslenmeye bağlı olduğu ifade edilmiştir (Alvarez-Jubete vd., 2010b; Schoenlechner vd., 2010).

Bilgiçli (2009) karabuğday unu ilavesinin (%20, %40, %60, %80 ve %100) tarhananın fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duyusal özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Buna göre karabuğday unu ilavesi arttıkça tarhanaların kül, protein, ham yağ ve selüloz miktarı da artmıştır. Karabuğdaylı tarhanaların fermantasyonu ile fitik asit miktarı %98,7 oranında azaltılabilmektedir. Karabuğday unu ilavesinin artırılması ile Mg, K ve P minerallerinin miktarı önemli derecede artmıştır. Karademir ve Yalçın (2019)’ın yaptığı duyusal analiz sonuçlarına göre karabuğday unu ile üretilen fermente edilmemiş kızılıkcık tarhanalarının panelistler tarafından, buğday, ırmık altı un ve tam kavuzsuz arpa unlarıyla üretilen kızılıkcık tarhanalarına göre daha fazla tercih edildiğini göstermiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Kızılıcık tarhanası üretiminde kullanılan buğday unu Bolu'da bulunan yerel bir un fabrikasından (Buysan Un, Bolu), kavuzsuz arpa (Özen cv.) Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden (Yenimahalle, Ankara), karabuğday (Güneş cv.) Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden (Karatay, Konya), irmik altı un ise bir makarna fabrikasının (Hendek, Düzce) irmik öğütme değirmeninden temin edilmiştir. Temin edilen irmik altı un, direkt olarak kızılıcık tarhanası üretimlerinde kullanılmıştır. Bir pseudo-tahıl olan karabuğday, yabancı maddelerinden temizlendikten sonra valsli laboratuvar değirmeninde (Roller Mill Quadrumat Junior, Brabender GmbH & Co., Duisburg, Almanya) kavuzundan ve kepeğinden ayrılarak una öğütülmüştür. Kavuzsuz arpa yabancı maddelerinden temizlendikten sonra taş değirmende (A700 Genuine Wood, Good Mills Company, Osttirol, Lienz, Avusturya) tam kavuzsuz arpa ununa öğütülmüştür. Tahıl/pseudo-tahıl unları kızılıcık tarhanası üretimlerinde kullanılmak üzere +4°C'de depolanmıştır. Bu araştırmada, Bolu Dağlarında doğal olarak yetişen kızılıcık meyvesi (*Cornus mas* L.) kullanılmıştır. Kızılıcıklar, önce yıkanıp temizlendikten sonra çekirdeklerinden ayrılarak kızılıcık püresi haline getirilmiş ve taze olarak kızılıcık tarhanası üretiminde kullanılmıştır. Üretimlerde kullanılan yemeklik tuz ise yerel marketlerden temin edilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Kızılıcık Tarhanalarının Üretimi

Kızılıcık tarhanaları tamamen geleneksel yöntem izlenerek Karademir (2018) ve Bellici (2018)'da belirtilen yöntemle göre üretilmiştir. Ekmeklik buğday unu (kontrol örneği) yerine %100 oranında karabuğday unlu, tam kavuzsuz arpa unlu ve irmik altı unlu kızılıcık tarhanalarının üretimi yapılmıştır. Buna göre, tahıl/pseudo tahıl unu,

kızılıık püresi ve yemeklik tuz karışımı uygun kıvama (tahıl/pseudo tahıl ununun su absorpsiyon kapasitesine göre değişmektedir) gelinceye kadar karıştırıcıda (Kitchen Aid, Michigan, ABD) 25°C sıcaklıkta 10 dakika yoğrulmuştur. Daha sonra fermantasyon işlemi uygulanmayacak örnekler için kızılıık tarhanası hamurları 25 gramlık porsiyonlara ayrılıp güneşsiz ortamda ön kurutmaya bırakılmıştır. Fermantasyon işlemi uygulanacak örnekler ise 25°C'de ve %60 nemde 72 saat fermantasyona bırakılmış ve sonra 25 gramlık porsiyonlara ayrılarak, kuru bezlerin üzerine serilip güneşsiz ortamda ön kurutma işlemi yapılmıştır. Daha sonra ön kurutma işlemi uygulanan kızılıık tarhanaları 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Boyut küçültme işlemi uygulanan kızılıık tarhanaları, güneş görmeyen, 25°C sıcaklıkta ve %60 neme sahip bir ortamda, nem içeriği yaklaşık %12'nin altına düşürülene kadar kuru bezler üzerinde kurutulmuştur. Kurutma, güneşsiz ve havadar ortamda 6 günde tamamlanmıştır. Kurutmadan sonra kızılıık tarhanaları 1 mm'lik elekten geçirilerek boyutları daha da inceltirilmiştir. Polietilen torbalara alınan kızılıık tarhanaları analiz yapılıncaya kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Farklı tahıl/pseudo-tahıl unlarından, fermantasyon işlemi uygulanmış ve uygulanmamış kızılıık tarhanaları iki tekerrürlü olarak üretilmiştir. Kontrol örneği, ekmeklik buğday unu ile geleneksel yöntemler kullanılarak, fermantasyon uygulamadan ve fermantasyon uygulayarak aynı şekilde iki tekerrürlü olarak üretilmiştir.

Bu tez çalışmasında, ayrıca, Bolu ilinde bulunan tarhana üreticisi bir firmadan "ticari kızılıık tarhanası" ve "ticari geleneksel tarhana" temin edilerek, araştırmada üretilen kızılıık tarhanalarının bazı özellikleri karşılaştırılmıştır. "Ticari kızılıık tarhanası", aynı bu çalışmada üretilen kontrol örneği gibi geleneksel yöntem ile ekmeklik buğday unu, kızılıık püresi ve tuz kullanılarak fermantasyonsuz olarak üretilmiştir. "Ticari geleneksel tarhana" ise geleneksel yöntem izlenerek yoğurt, çeşitli sebzeler ve ekmeklik buğday ununun karıştırılıp, yoğurulması ve fermantasyon işleminden sonra kurutulması ve öğütülmesi şeklinde üretilmiştir. Her iki tarhana örneği de analiz yapılıncaya kadar polietilen torbalarda, +4°C'de muhafaza edilmiştir.

Kızılıık tarhanası hamurlarının kıvamı (konsistensi), tüm tarhanalarda aynı olacak şekilde, tahıl/pseudo-tahıl unu ve kızılıık püresi karışımları hazırlanmıştır. Buna göre, kızılıık tarhanası hamuru formülasyonları **Çizelge 3.1.**'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, kıvamın ayarlanmasında tahıl/pseudo-tahıl ununun kimyasal (besinsel lif vb.) ve fizikokimyasal (su absorpsiyon kapasitesi vb.) özellikleri önemli rol oynamıştır.

Çizelge 3.1. Kontrol ve diğer kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan bileşenlerin miktarları (Karademir, 2018; Bellici, 2018; Karademir ve Yalçın, 2019; Bellici vd., 2019).

Bileşenler (ağırlık bazında, %)				
	Kontrol KT	Karabuğday unlu KT	İrmik altı unlu KT	Tam kavuzsuz arpa unlu KT
Kızılıcık püresi	52,7	55,3	58,0	59,4
Tuz (NaCl)	5,3	5,5	5,8	5,9
Buğday unu*	42,0	-	-	-
Karabuğday unu*	-	39,2	-	-
İrmik altı unu*	-	-	36,2	-
Tam kavuzsuz arpa unu*	-	-	-	34,7

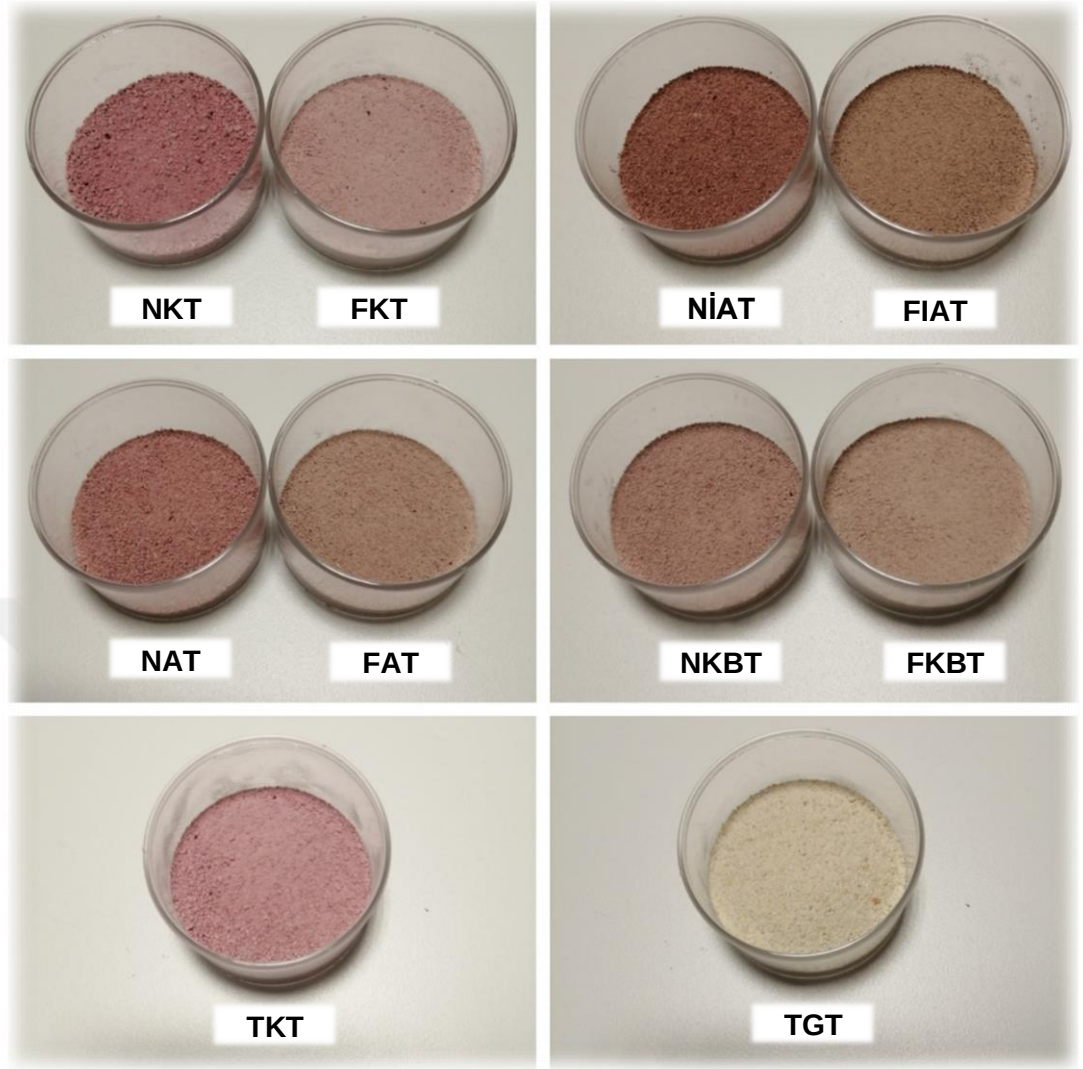
KT: Kızılıcık tarhanası

*Kızılıcık tarhanası hamurunun kıvamına (konsistensine) göre miktarı değişmektedir.

Glutensiz “karabuğday unlu kızılıcık tarhanası” üretimi sırasında, gluten bulaşısı olmaması için, yapılan tüm işlemler diğer tahıl unlarının bulunmadığı izole bir ortamda, bulaşma riskine karşı kesinlikle önlem alınarak gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasındaki tüm analizler, kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl-pseudo-tahıl unlarında, fermantasyonlu ve fermantasyonsuz üretilen kontrol kızılıcık tarhanası ve tahıl/pseudo-tahıl unlu kızılıcık tarhanalarında ve ticari kızılıcık tarhanası ve ticari geleneksel tarhanada gerçekleştirilmiştir.

Farklı tahıl/pseudo-tahıl unları kullanılarak, fermantasyonlu ve fermantasyonsuz üretilen kızılıcık tarhanaları ve bir firmadan temin edilen ticari kızılıcık tarhanası ve ticari geleneksel tarhananın genel görünüşleri **Şekil 3.1.**'de verilmiştir. Buna göre, fermantasyonsuz olarak buğday unu, tam kavuzsuz arpa unu, ırmik altı unu ve karabuğday unundan üretilen kızılıcık tarhanaları sırasıyla NKT (kontrol kızılıcık tarhanası), NAT, NİAT ve NKBT; fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanaları ise sırasıyla FKT (kontrol kızılıcık tarhanası), FAT, FİAT ve FKBT; ticari kızılıcık tarhanası ve ticari geleneksel tarhana ise sırasıyla TKT ve TGT olarak kısaca kodlanmıştır.



Şekil 3.1. Tahıl/pseudo-tahıl unlarından fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kıvılcık tarhanalarının ve ticari olarak temin edilen kıvılcık tarhanası (TKT) ve geleneksel tarhananın (TGT) genel görünüşleri.

3.2.2 Kimyasal Analizler

3.2.2.1 Nem Miktarı Tayini

Kıvılcık püresi, tahıl/pseudo-tahıl unları ve tarhana örneklerinin nem miktarı, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 44-15.02 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Nem miktarı tayini tahıl/pseudo-tahıl unları ve ticari tarhanalarda üç, farklı tahıl/pseudo-tahıl unlarıyla üretilen kıvılcık tarhanalarında altı tekrarlı olarak çalışılmıştır.

3.2.3 Bazı Besinsel Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.3.1 Çözünür ve Çözünmeyen Besinsel Lif Analizleri

Tahıl/pseudo-tahıl unları, bu unlardan üretilen kızılıcık tarhanaları ve ticari olarak üretilen kızılıcık tarhanası ve geleneksel tarhana örneklerinin çözünür ve çözünmeyen besinsel lif içerikleri Megazyme Total Dietary Fiber Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland) analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz kitinde yöntem Lee vd. (1992) ve Prosky vd. (1988, 1992) yöntemlerine ve AACCI Approved Methods of Analysis Metot No: 32-05.01 ve Metot No: 32-21.01 yöntemlerine dayanmaktadır.

Çözünmeyen ve çözünür besinsel lif miktarı tayini için izlenen yöntem şöyledir: 0,25'er g örnek polipropilen tüplere tartılmıştır. Cam sinter filtreli krozelere 0,2'şer g celite tartılarak 135°C 'de 2 saat bekletilip daraları alınmış ve analiz için hazırlanmıştır. Örnekler sırasıyla termal α -amilaz (*B. licheniformis*), proteaz (*B. licheniformis*; *Subtilisin A*) ve amiloglukozidaz (*Aspergillus niger*) enzimleri ile hidrolize edilmiştir. Böylece, nişastanın ve proteinlerin enzimatik hidrolizi ve son olarak dekstrinlerin glukoz birimlerine ayrılması sağlanmıştır.

Çözünmeyen besinsel lif miktarı için; tüplerdeki içerik önceden darası alınmış krozelerden her bir örneğe ait cam erlenmayere vakum altında süzölmüştür. Tüpler 60°C'ye ısıtılmış distile 5'er mL su ile ikişer kez çalkalanıp/yıkanıp, içerik krozenin filtresinde kalan çözünemeyen kalıntı üzerine dökölmüş ve kalıntı yıkanmıştır. Erlenmayerlerde biriken filtrat çözünebilir besinsel lif analizi için saklanmıştır. Krozelerin filtrelerinde biriken çözünmeyen besinsel lif birer kez sırasıyla 10'ar mL %95'lik etil alkol ve aseton ile yıkanmıştır. Krozeler 103°C'ye ayarlanmış etüvde sabaha kadar kurutulmuş ve daha sonra desikatörde soğutulup tartılmıştır. Daha sonra ham besinsel lifteki kül miktarı doğrulamasının yapılması amacıyla kül fırınında 525°C'de 3 saat yakma uygulanmıştır. Çözünmeyen besinsel lif miktarı için bulunan kül miktarı önceden belirlenen ham değerden düşürölerek sonuç % kuru madde üzerinden verilmiştir.

Çözünebilir besinsel lif miktarı tayini için saklanan filtratın üzerine hacminin 4 katı kadar önceden 60°C'ye ısıtılmış %95'lik etil alkol eklenmiş 1 saat çöktürmeye bırakılmıştır. Çöktürmeden sonra erlenlerdeki içerik önceden darası alınmış cam krozelerden vakum altında süzölmüştür. Daha sonra erlen sırasıyla %78'lik etil alkol,

%95'lik etil alkol ve aseton ile yıkanmıştır. Cam krozelar 103°C'ye ayarlanmış etüvde sabaha kadar kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Ham besinsel lifteki kül miktarı doğrulamasının yapılması amacıyla krozelere 525°C'ye ayarlı kül fırınında 3 saat yakma uygulanmıştır. Çözünabilir besinsel lif miktarı için ham lif miktarından kül miktarı çıkarılmış ve sonuç % kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar, tüm örneklerde üçer tekrarın ortalaması hesaplandıktan sonra standart sapmaları ile verilmiştir.

3.2.3.2 Frukta (Fruktooligosakkarit) Miktarı Tayini

Tahıl/pseudo-tahıl unları, bu unlardan üretilen kızılıık tarhanaları ve ticari olarak üretilen kızılıık tarhanası ve geleneksel tarhana örneklerinin frukta miktarı Fructan HK Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland) analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir. Yöntem AOACI Method 999.03 ve AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 32.32.01 yöntemlerine dayanmaktadır.

Analiz için 1,0'er g örnek 50 mL'lik behere tartılmış, üzerine 40 mL sıcak (~80°C) distile su eklenmiş ve 15 dakika örnek tamamen çözününceye kadar karıştırılmıştır. Çözeltinin hacmi distile su ile 50 mL'ye tamamlanıp oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Karışımın bir kısmı Whatman No. 1 filtre kâğıdından süzölmüştür. Cam test tüplerine süzöntüden 0,2 mL eklenmiş ve her tüpe 0,2 mL sukraz/maltaz enzim karışımı eklenip 40°C'de 30 dakika bekletilmiştir. Hidrolizden sonra her bir tüpe 0,5 mL 100 mM sodyum asetat tamponu (pH 4,5) eklenmiştir. Her bir çözeltiden 2 farklı atılabilir spektrofotometre küvetine 0,2 mL dikkatlice eklenmiştir. Küvetlerden ilkinde 0,1 mL fruktanaz çözeltisi (frukta+şekerler), ikincisine 0,1 mL 100 mM sodyum asetat tamponu (pH 4,5 - şekerler) eklenip karıştırılmış ve küvetler Parafilm® ile kapatılmıştır. Frukta'nın fruktoz ve glukozu tam hidrolizini sağlamak için, kapalı küvetler 30 dakika 40°C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası tüm küvetlere 2 mL distile su, 0,2 mL tampon çözelti (pH 7,6), 0,2 mL NADP⁺+ATP çözeltisi eklenmiştir. Küvetler iyice çalkalanıp yaklaşık 3 dakika sonra spektrofotometrede (Shimadzu 1700, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) 340 nm'de absorbansları okunmuştur (A1). Daha sonra tüm küvetlere 0,02 mL heksokinaz/fosfoglukoz izomeraz/glukoz-6-fosfat dehidrogenaz enzim süspansiyonu eklenmiş yaklaşık 10-12 dakika sonra tekrar 340 nm'de okuma yapılmıştır (A2). Gerekli hesaplamalar 3.1, 3.2 ve 3.3'deki formüllere göre yapılmış ve sonuçlar kuru madde üzerinden "%" olarak verilmiştir.

$$\Delta A_{(\text{fruktan}+\text{şekerler})} = A_{2(\text{fruktan}+\text{şekerler})} - A_{1(\text{fruktan}+\text{şekerler})} \quad (3.1)$$

$$\Delta A_{(\text{şekerler})} = A_{2(\text{şekerler})} - A_{1(\text{şekerler})} \quad (3.2)$$

$$\text{Fruktan (\%)} = \frac{(1,69 \times \Delta A_{(\text{fruktan}+\text{şekerler})}) - (1,69 \times \Delta A_{(\text{şekerler})} \times 29,2)}{\text{Örnek miktarı}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.3.3 Fitik Asit Miktarı Tayini

Tahıl/pseudo-tahıl unları, bu unlardan üretilen kızılıcık tarhanaları ve ticari olarak üretilen kızılıcık tarhanası ve geleneksel tarhana örneklerinin fitik asit miktarı Haug ve Lantzsch (1983)'ün yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Buna göre yöntemin prensibi, fitik asitin Fe^{+3} ile demirfitat şeklinde çöktürülüp, çökmeden kalan Fe^{+3} miktarının 2,2'-bipiridin ile oluşturduğu rengin spektrofotometrik olarak ölçülmesine dayanmaktadır. Başlangıçtaki Fe^{+3} miktarından çökmeyen Fe^{+3} miktarı (fitik asite bağlanmayan miktar) çıkarılarak fitik asit miktarı hesaplanabilmektedir.

Buna göre 0,1'er g örnek polipropilen tüplere tartılmış, üzerine 10 mL 0,4 N HCl içerisinde çözündürülmüş %10'luk Na_2SO_4 çözeltisi ilave edilmiş ve 3 saat 25°C 'de çalkalamalı su banyosunda (Memmert, WNB 14 model, Schwabach, Almanya) karıştırılmıştır. Çalkalamanın sonunda örnekler 2000xg'de 20 dakika santrifüj (Nüve, NF 1200 model, Ankara) edilmiştir. Süpernatantlardan 1'er mL alınarak yeni tüplere aktarılmış ve üzerine 2 mL ferrik solusyon ilave edilmiştir. Daha sonra tüpler sıcaklığı 95°C 'ye ayarlanmış kaynar su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda soğuk su banyosunda oda sıcaklığına soğutulan örnekler 2000xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneklerden cam test tüplerine 1'er ml alınmış ve üzerine 3'er mL 2,2'-bipiridin çözeltisi eklenmiştir. Örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede 519 nm'de okunarak standart doğrudan fitik asit konsantrasyonu belirlenerek, sonuç kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Fitik asitin sodyum tuzu ile hazırlanan standart doğru **Ek B.1'**de gösterilmiştir. Analizler üç tekrarlı yapılmış ve ortalama değerler "mg fitik asit/g örnek" olarak verilmiştir.

3.2.4 Çişişlenme Özelliklerinin Hızlı Viskozite Ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) Cihazında Belirlenmesi

Tahıl/pseudo-tahıl unları, araştırmada üretilen kızılıık tarhanaları ve ticari olarak üretilen kızılıık tarhanası ve geleneksel tarhana örneklerinin sıcaklık-süre kontrollü viskozite değışimleri mikro-visko analizör cihazında (Rapid Visco Analyzer-RVA 4500, Perten, ABD) incelenmiştir. Bunun için %14 nem esasına göre örneklerden ~3 gram tartılmıştır. Örneğin nem değeri %14'ten farklı ise, eklenecek su miktarı değışmezken; tartılacak örnek miktarı %14 nem değeri esas alınarak aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Örnek miktarı (g)} = \frac{(100-14) \times (\%14 \text{ neme göre tartılması gereken miktar})}{(100 - \text{Örneğin nem miktarı})} \quad (3.4)$$

Cihazın özel kabına tartılan örneğin üzerine 25 mL saf su ilave edilmiş ve karıştırıcı palet kabın içine yerleştirildikten sonra kap cihaza konularak, cihaza ait 13 dakikalık “çorba karışım yöntemi” (Soup Mix Method) profili kullanılarak çişişlenme özellikleri (pişme özellikleri) belirlenmiştir. İzlenilen metot profilinin detayları **Çizelge 3.2'** de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çorba karışım yöntemi için kullanılan analiz profili

Zaman (dk)	Parametre	Değer
00:00:00	Sıcaklık	50 °C
00:00:00	Hız	960 rpm
00:00:10	Hız	160 rpm
00:01:00	Sıcaklık	50 °C
00:04:42	Sıcaklık	95 °C
00:07:12	Sıcaklık	95 °C
00:11:00	Sıcaklık	50 °C
00:13:00	Sıcaklık	50 °C

3.2.5 Mineral Madde Analizi

3.2.5.1 Kullanılan Çözeltiler ve Standartlar

Hidroklorik asit (HCl, 37% w/w), nitrik asit (HNO₃, 69% w/w) ve ultra saf hidrojen peroksit (H₂O₂, 31% w/w) Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir. Asitler, kullanılmadan önce saflaştırılmak üzere bir kızılötesi asit saflaştırma ünitesi (Berghof Distillacid BSB 939, Almanya) kullanılarak tekrar damıtılmış ve safsızlıklarından arındırılmıştır. Örneklerin seyreltilmesinde kullanılan distile su (18.3 MΩ cm), laboratuvar tipi bir saf su üretim sisteminden (Human Copr., Human Power I Scholar-UV, Güney Kore) sağlanmıştır. Analizlerin gerçekleştirildiği eşleşmiş kutupsal plazma-tandem kütle spektrometresi (ICP-MS/MS, Agilent 8800 Triple Quadrupole ICP-QQQ/MS, Kaliforniya, ABD) cihazının kalibrasyonunda multi-element standart stok çözeltiler (ICP-MS-68A-A için 48 element içeren standart çözelti, ICP-MS-68A-B için 13 element içeren standart çözelti ve ICP-MS-68A-C için 7 element içeren standart çözelti; High-Purity Standards, ABD) kullanılmıştır. Brom ve kükürt standartları, sırasıyla %2'lik HNO₃ çözeltisi içinde çözülerek NaBr ve Na₂SO₄ katı tuzlarından (Sigma Aldrich, Almanya) hazırlanmıştır. ICP-MS/MS, tüm elementler için farklı konsantrasyonlarda (0; 10; 50; 100; 200; 500 ve 1000 µg/L) kalibre edilirken; sadece kükürt (S) elementi için 20, 50, 100, 200, 500, 1000 ve 2000 µg/L konsantrasyonlarında kalibre edilmiştir.

3.2.5.2 Örneklerin Asitte Çözündürülmesi

Tahıl/pseudo-tahıl unları, araştırmada üretilen kızılçık tarhanaları ve ticari olarak üretilen kızılçık tarhanası ve geleneksel tarhananın, mineral madde kompozisyonunun belirlenmesinden önce mikrodalga asit özütleme ünitesinde (Berghof Instruments Speedwave-2, Almanya) asitte parçalama işlemi uygulanmıştır. Özütleme ünitesi, 10 numune kabından oluşan bir çevirici ve PTFE özütleme haznelerinden oluşmaktadır. Her numuneden yaklaşık 0,2 g tartılarak, 6,5 mL deiyonize su (18,2 MΩ), 2 mL %35'lik H₂O₂ (Suprapur, Merck KGaA, Almanya) ve 1,5 mL %65'lik HNO₃ (Suprapur, Merck KGaA, Almanya) karışımı içerisinde çözündürme işlemi uygulanmıştır. Sıcaklık 1200 W ile 5 dakikada 180°C'ye yükseltilmiş ve bu sıcaklıkta 15 dakika boyunca sabit tutulmuştur. İzotermal fazdan sonra, PTFE özütleme kapları oda sıcaklığına soğutulurken, numuneler asitle

temizlenmiş hacim göstergeli perfluoroalkoxy (PFA) şişelerine aktarılmıştır. Numunelerin hacmi deiyonize su ilave edilerek 20 mL'ye ayarlanmış ve numuneler analize kadar buzdolabında (+4°C) tutulmuştur.

3.2.5.3 Örneklerin Mineral Kompozisyonlarının Belirlenmesi

Asitle parçalanmış örneklerdeki mineral miktarı tayininde eşleşmiş kutupsal plazma tandem kütle spektrometresi (ICP-MS/MS) kullanılmıştır. Ca, S ve P mineralleri için ölçümler MS/MS modunda gerçekleştirilirken, diğer mineraller tekil MS modunda belirlenmiştir. ICP-MS/MS sisteminin detaylı çalışma parametreleri kısaca şöyledir: radyofrekans gücü 1550 W; taşıyıcı gaz akışı 0,50 L/dk; tamamlayıcı gaz akışı 0,10 L/dk; püskürtme odası sıcaklığı 0°C; nebülizör PFA mikro akışı 200 µL/dk örnekleme konisi nikel (1 mm çap); skimmer konisi nikel (0,8 mm çap); enjektör safir; sprej haznesi PFA; otomatik numune alıcı Agilent ASX 500; numune alım süresi 50 sn; durulama süresi 20 sn; hücre gazı O₂; gaz akış hızı MS/MS modunda %30 ve octapole relative frekansı 190 V.

Çok elementli standart stok çözeltileri, 100 µg/mL karışım standartlarından seyreltilerek hazırlanmıştır. Sülfür standartları, katı tuz, Na₂SO₄ (Sigma Aldrich, Almanya), %2'lik HNO₃ ve deiyonize su çözeltisi içinde çözülerek hazırlanmıştır. Her analiz setinden önce, ICP-MS/MS, 7 (Li), 89 (Y) ve 205 (Ti) kütlelerini içeren bir akord çözeltisi ile ayarlanmıştır. Torch pozisyonu, numune derinliği, ekstraksiyon/iyon odak lens gerilimleri, omega lens gerilimi, dört kutuplu ayarlar, elektron çoğaltıcı ayarları, oksit ve ikili iyon oranları gibi cihaz parametreleri akord işlemi ile optimize edilmiştir.

Kalibrasyon grafiklerinin doğrusallığı (**Ek C.1**), sertifikalı standart referans maddeler analiz edilerek doğrulanmıştır. Standart referans maddeleri olarak buğday unu (NIST CRM 1567a) ve domates yaprağı (NIST CRM 1573a) kullanılmıştır. Mineral madde miktarı analizinde cihaz belirleme limiti ve kör sinyal (cihazda dedektöre hiç numune girmedeği durumda cihazın o element için kaç ppb (µg/L)'lik bir sinyal ürettiğini gösteren değer) limit değerleri (µg/L) **Ek C.2**'de gösterilmiştir. ICP-MS/MS, CRM 1567a ve CRM 1573a element derişimleri sertifikalı değerlerin %10'undan fazla sapma yaptığında yeniden kalibre edilmiştir. Standart referans maddelerinin sertifikalı değerleri, bu araştırmada bulunan elemental analiz sonuçları ve geri kazanım (doğruluk) oranları (%) **Ek C.3**'te gösterilmiştir.

3.2.6 Sodyum Dodesilsülfat Poliakrilamid Jel Elektrophorez (SDS-PAGE)

3.2.6.1 SDS-PAGE için örnek hazırlanması

Tahıl unları ve tarhana örneklerinin hazırlanmasında Fu ve Sapirstein (1996)'ın yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Mikrosantrifüj (1,5 ml) tüplerine, tüm örneklerin Kjeldahl yöntemi ile belirlenen kuru madde üzerinden protein değerlerine göre ağırlık bazında aynı protein miktarlarını içerecek şekilde 50-130 mg arasında örnek tartılmıştır. Örneklerin üzerlerine 1000 µl ekstrakt seyreltme çözeltisi (ekstrakt seyreltme stok çözeltisi, deiyonize su ve %5 (v/v) oranında β-merkaptotanol indirgeyici ajan içerecek veya içermeyecek şekilde hazırlanmıştır) ilave edilerek 2 saat 10 dakikada bir vortekslenmiş ve tüm proteinlerin çözünmesi sağlanmıştır. Ekstrakt seyreltme stok çözeltisi %20 (v/v) gliserol, 0.063 M Tris (pH 6,8), %2 (w/v) SDS ve %0.01 Pyronin Y (w/v) içermiştir. Protein ekstraksiyonundan sonra örnekler 5 dakika 100°C'ye ayarlanmış ısıtıcılı blokta (Bio TDB-120 model, BIOSAN, Letonya) tutularak proteinlerin denaturasyonu sağlanmıştır. Isıtma işleminden sonra örnekler 11000xg'de 3 dakika santrifüj edilmiş, süpernatant SDS-PAGE'te incelenmiştir.

3.2.6.2 SDS-PAGE yöntemi

Elektrophorez uygulaması Ng ve Bushuk (1987) ile Fu ve Sapirstein (1996)'ın yöntemleri esas alınarak yapılmıştır. Bunun için iki adet cam plaka arasına önce %12,5 oranında akrilamid içeren ayırıcı jel çözeltisi dökülmüştür. Ayırıcı jel çözeltisi ayrıca, %0,06 (w/v) N, N'-metilenbisakrilamid, 376 mL/L ayırıcı jel tampon çözeltisi (1.0 M Tris, pH 8,8) ve %0,1 (w/v) SDS içermiştir. Polimerleşmeyi sağlamak üzere 0,25 g/L amonyum persülfat (APS) ve 0,5 mL/L N, N, N', N'-tetrametiletildiamin (TEMED) ilave edilmiştir. Polimerleşme tamamlandıktan sonra üzerine %5 akrilamid (w/v), %0.043 (w/v) N, N'-metilenbisakrilamid, 12,5 mL/L ön ayırım jel tampon çözeltisi (1.0 M Tris, pH 6.8) ve %0.1 (w/v) SDS içeren ön ayırım jel çözeltisi dökülmüştür. Buradaki polimerleşme ise 0.375 g/L APS ve 0.75 mL/L TEMED ilave edilerek sağlanmıştır. Hamilton şırınga ile protein örneklerinden (süpernatant) 10 µL, markör proteininden ise 15 µL jellere yüklenmiştir. Jel düzeneği, içinde elektrophorez tampon çözeltisi (pH 8.3) bulunan tanka yerleştirilmiştir. Elektrophorez tampon

çözeltisi 0,192 M glisin, 0.025 M Tris, %1 (w/v) SDS içermiştir. Elektroforez ünitesi (Protean II xi Cell, BIO-RAD, Hercules, CA, ABD) sirkülasyonlu su banyosuna (PolyScience, ABD) bağlanarak işlem 15°C'de gerçekleştirilmiştir. Elektroforez işlemi 30 mA/jel sabit akımda 6-7 saat sürmüştür. Elektroforez işlemi tamamlandıktan sonra jeller Coomassie Brilliant Blue G-250 içeren boya çözeltisinde bir gece boyunca boyanmıştır. Boyama işleminden sonra jeller jel görüntüleme cihazında (BIO-RAD, Hercules, CA, ABD) görüntülenerek molekül ağırlıkları analizi (Image Lab Software, BIO-RAD, Hercules, CA, ABD) yapılmıştır. Protein bantlarının moleküler ağırlıklarının analiz edilmesinde geniş aralıklı (wide-range) protein markör karışımı (Sigma S8445, St.Louis, ABD, **Çizelge 3.3**) kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. SDS-PAGE yönteminde kullanılan geniş aralıklı protein markör karışımı içeriği

Markör proteini	Moleküler ağırlık (kDa)
Miyozin (Domuz kalbi)	200
β -galaktozidaz (<i>E.coli</i>)	116
Fosforilaz B (Tavşan kası)	97
Albumin (Sığır serumu)	66
Glutamik dehidrogenaz (Sığır karaciğeri)	55
Ovalbumin (Tavuk yumurtası)	45
Gliseraldehit-3-fosfat dehidrogenaz (Tavşan kası)	36
Karbonik anhidraz (Sığır eritrositleri)	29
Tripsinojen (Sığır pankreası)	24
Tripsin inhibitörü (Soya fasulyesi)	20
α -laktalbumin (Sığır sütü)	14,2
Aprotinin (Sığır akciğeri)	6,5

3.2.7 İstatistik

Tahıl/pseudo-tahıl unları, bu unlardan üretilen kızılıcık tarhanaları ve ticari kızılıcık tarhanası ve geleneksel tarhananın analizleri üç tekrarlı yapılmış, ortalamalar standart sapma değerleri ile birlikte ilgili çizelgelerde verilmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 22 istatistik analiz paket programı kullanılarak tek yönlü varyans (One-Way ANOVA) analizi uygulanmıştır. Ortalamalar arası farkların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi %95 güven aralığında ($P<0,05$ önemlilik seviyesinde) kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Nem ve Besinsel Lif Özellikleri

Kızılıcık tarhanası örneklerinin üretiminde kullanılan ekmeklik buğday unu, tam kavuzsuz arpa unu, ırmik altı unu ve karabuğday unlarının nem (%) değerleri ile çözünmeyen (%) ve çözünür besinsel lif (%) miktarları kuru madde üzerinden **Çizelge 4.1**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının nem, çözünmeyen ve çözünür besinsel lif özellikleri

Tahıl/Pseudo-tahıl Unları	Nem (%)	Çözünmeyen Besinsel Lif* (%)	Çözünür Besinsel Lif* (%)
Buğday Unu	13,3±0,17 ^a	2,0±0,03 ^d	2,9±0,19 ^d
Tam Kavuzsuz Arpa Unu	11,2±0,06 ^d	12,2±0,36 ^a	9,1±0,17 ^a
İrmik Altı Unu	12,3±0,06 ^c	9,1±0,04 ^b	6,3±0,10 ^b
Karabuğday Unu	12,8±0,06 ^b	3,3±0,05 ^c	3,4±0,31 ^c

*Ortalama±Standart sapma (n=3). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05). *Kuru madde üzerinden verilmiştir.*

Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının nem değerleri %11,2-13,3 arasında değişmiştir. En yüksek ve en düşük nem miktarı sırasıyla buğday unu ve tam kavuzsuz arpa unlarında tespit edilmiştir. Tahıl/pseudo-tahıl unlarının çözünmeyen ve çözünür besinsel lif miktarları ise sırasıyla %2,0-12,2 ve %2,9-9,1 arasında değişmiştir. En yüksek çözünmeyen ve çözünür besinsel lif miktarları tam kavuzsuz arpa ununda saptanırken, en düşük miktarlar buğday ununda bulunmuştur. Martinez-Flores vd. (2004), besinsel lifin hipokolesterolemik etkisinin esas olarak çözünür besinsel lifler ile açıklanabileceğini bildirmiştir.

Işık ve Yapar (2017) buğday ununun çözünür besinsel lif içeriğinin %1,41, çözünmeyen besinsel lif içeriğini %1,54 olarak saptamıştır. Steadman vd. (2001) kavuzu ayrılarak öğütülmüş karabuğday ununun yaklaşık %7,0 toplam besinsel lif içerdiğini; bunun %2,2'sinin çözünmeyen besinsel lif ve %4,8'inin çözünür besinsel lif olduğunu belirtmiştir. Wefers ve Bunzel (2015) ise kavuzu ayrılmış karabuğdayların %2,9 çözünmeyen ve %2,4 çözünür besinsel lif içerdiğini bildirmiştir. Hager vd. (2012) buğday ununda (%3,44) karabuğday unundan (%2,18) daha yüksek miktarda toplam besinsel lif saptamışlardır. Öğütme koşullarının karabuğday unu ve ürünlerinin besinsel lif içeriği üzerinde büyük etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

Fastnaught vd. (1996) kavuzsuz arpa ununda %4,2 çözünür besinsel lif, %15,3 toplam besinsel lif içerdiğini rapor etmiştir. Acar vd. (2020) kavuzsuz arpanın çözünür besinsel lif içeriğini %4,04, çözünmeyen besinsel lif içeriğini %8,31 olarak tespit etmiştir. Oscarsson vd. (1997) de yaptığı çalışmada kavuzlu (hulled) ve kavuzsuz (hull-less) arpa unlarının içeriğindeki toplam besinsel lifi sırasıyla %20,6 ve %16,6 bulmuştur. Arpanın buğdaya kıyasla daha yüksek miktarda besinsel lif içeriğine sahip olmasının, arpanın temel besinsel lif bileşenlerinin β -glukan ve arabinoksilanlar olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Arpa tanesinin, klinik olarak kanıtlanmış sağlık yararları ile hem çözünür hem de çözünmeyen besinsel lif için iyi bir kaynak olduğu belirtilmiştir (Izydorczyk vd., 2008). Kavuz içermeyen arpa ununun lif içeriğindeki farklılar, kavuzun çıkarılması da dahil olmak üzere genetik yapı, büyüme durumu ve işlemedeki farklılıklardan kaynaklandığı bildirilmiştir (Baidoo ve Liu, 1998).

Esposito vd. (2005), durum buğdayı öğütme yan ürünlerinde çözünür besinsel lif içeriğini %0,9-4,1; çözünmeyen besinsel lif içeriğini %21-64 arasında tespit etmiştir. Dexter ve Woods (1996) ise durum buğdayı öğütme yan ürünlerinde çözünür besinsel lif içeriğini %2,3-4,2; çözünmeyen besinsel lif içeriğini %19,2-53,0 arasında bulmuştur. Çalışmalar tam tahılların besinsel lif ve antioksidan içeriğinin büyük bir kısmının kepekten kaynaklandığını bildirmiştir. Öğütme ile üretilen kepek fraksiyonları besinsel lif, mineraller, B₆ vitamini, tiamin, folat ve E vitamini ve bazı fitokimyasallar, özellikle fenolik bileşikler gibi antioksidanlar bakımından zengindir (Stevenson vd., 2012). Tam kavuzsuz arpa unu ve irmik altı unlarının yüksek besinsel lif içerikleri, diğerlerine göre daha fazla kepek içermeleriyle açıklanabilir.

4.2 Kızılıcık Tarhanaları ve Ticari Tarhanaların Nem ve Besinsel Lif Özellikleri

Fermantasyonsuz üretilen NKT, NAT, NİAT ve NKBT kızılıcık tarhanaları, fermantasyonlu üretilen FKT, FAT, FİAT ve FKBT kızılıcık tarhanaları ve ticari kızılıcık tarhanası (TKT) ile ticari geleneksel tarhananın (TGT) nem (%) miktarı ve çözünmeyen besinsel lif (%) ve çözünür besinsel lif (%) miktarları kuru madde üzerinden **Çizelge 4.2**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kızılıcık tarhanaları ve ticari tarhanaların nem ve besinsel lif özellikleri

Tarhana Örnekleri	Nem (%)	Çözünmeyen Besinsel Lif* (%)	Çözünür Besinsel Lif* (%)
NKT	10,7±0,31 ^{cd}	5,1±0,07 ^f	5,0±0,21 ^e
NAT	12,2±0,21 ^a	12,5±0,11 ^a	8,3±0,39 ^b
NİAT	12,0±0,24 ^{ab}	10,4±0,01 ^c	6,6±0,18 ^c
NKBT	10,9±0,26 ^c	4,6±0,04 ^g	4,3±0,16 ^g
FKT	10,2±0,12 ^e	5,7±0,10 ^d	4,7±0,24 ^{ef}
FAT	11,8±0,23 ^b	12,6±0,11 ^a	8,9±0,29 ^a
FİAT	11,9±0,21 ^b	10,7±0,04 ^b	6,0±0,35 ^d
FKBT	10,5±0,29 ^{de}	5,4±0,08 ^e	4,5±0,10 ^{fg}
TKT**	12,1±0,06 ^{ab}	4,6±0,10 ^g	4,0±0,11 ^h
TGT***	12,0±0,20 ^{ab}	2,0±0,08 ^h	3,3±0,09 ⁱ

Ortalama±Standart sapma (n=6). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05). *Kuru madde üzerinden verilmiştir.

Buğday unundan üretilen ticari kızılıcık tarhanası (n=3), *Ticari geleneksel tarhana (n=3).

Fermantasyonsuz üretilen kızılıcık tarhanalarının nem içeriği %10,7-12,2 değerleri arasında değişirken, fermantasyonlu üretilen aynı örneklerde nem içeriği %10,2-11,9 arasında değişmiştir. Ticari kızılıcık tarhanası ve geleneksel tarhananın nem içerikleri ise sırasıyla %12,1 ve %12,0 bulunmuştur. Buna göre, tüm tarhana örnekleri arasında en yüksek nem değeri tam kavuzsuz arpa unu kullanılarak fermantasyonsuz üretilen tarhana (NAT) örneğinde, en düşük nem değeri ise buğday unu ile fermantasyonlu üretilen (FKT) örnekte saptanmıştır. Tam kavuzsuz arpa ununun yüksek besinsel lif içeriği (toplam %21,3, Çizelge 4.1) sebebiyle bu undan yapılan tarhananın su tutma kabiliyeti dolayısıyla nem miktarı da yüksek

saptanmıştır. Ayrıca, fermantasyonsuz üretilen kızılçık tarhanalarının nem içerikleri, fermantasyonlu üretilen örneklerin nem içeriğinden yüksek bulunmuştur. Bu durum, kuruma özellikleri arasındaki fark ile açıklanabilir.

Fermantasyonsuz üretilen kızılçık tarhanalarının çözünmeyen ve çözünür besinsel lif miktarları sırasıyla %4,6-12,5 ve %4,3-8,3 arasında değişirken, fermantasyonla üretilen aynı örneklerde çözünmeyen ve çözünür besinsel lif miktarları sırasıyla %5,4-12,6 ve %4,5-8,9 arasında değişmiştir (**Çizelge 4.2**). Fermantasyon uygulanması sonucu FKT, FİAT ve FKBT örneklerinin çözünmeyen besinsel lif içeriklerinde kuru madde üzerinden önemli bir artış gözlenmiştir ($P<0,05$). Çözünür besinsel lif içeriklerine bakıldığında; fermantasyon ile FAT örneğinin çözünür besinsel lif içeriği kuru maddede çok az artarken, FİAT örneğinin içeriği bir miktar azalmıştır ($P<0,05$). Ancak FAT örneğinin çözünmeyen besinsel lif içeriği ve FKT ve FKBT örneklerinin çözünür besinsel lif içerikleri fermantasyon işleminden sonra kuru madde üzerinden önemli düzeyde değişmemiştir ($P>0,05$).

En düşük çözünmeyen (%2,0) ve çözünür besinsel lif (%3,3) ticari geleneksel tarhana (TGT) örneğinde bulunmuştur. Kuru madde üzerinden en yüksek çözünmeyen (%12,6) ve çözünür (%8,9) besinsel lif içeriği ise tam kavuzsuz arpa unu ile fermantasyonlu üretilen kızılçık tarhanası (FAT) örneğinde saptanmış, ancak fermantasyonsuz üretilen NAT örneğinin çözünmeyen besinsel lif içeriği (%12,5) ile benzer bulunmuştur ($P>0,05$). İrmik altı unu ve tam kavuzsuz arpa unu kullanılmasıyla kontrole göre çözünmeyen ve çözünür besinsel lif içeriği yüksek kızılçık tarhanaları elde edilmiştir. Karademir ve Yalçın (2019) da kızılçık tarhanasının irmik altı un ve tam kavuzsuz arpa unu ile üretildiğinde kontrole göre protein ve toplam besinsel lif içeriğinin arttığını tespit etmiştir. Ticari geleneksel tarhana örneği dışındaki tüm örneklerin çözünmeyen besinsel lif miktarı çözünür besinsel lif miktarlarından yüksek bulunmuştur.

Ticari kızılçık tarhanası, kontrol örneğinden (NKT) daha düşük besinsel lif değerleri vermiştir ($P<0,05$). Ayrıca ticari olarak üretilen örnekler kendi aralarında karşılaştırıldığında nem içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli fark gözlenmezken ($P>0,05$); kızılçık tarhanası örneği (TKT), geleneksel tarhana örneğine (TGT) göre daha yüksek miktarda çözünmeyen ve çözünür besinsel lif içermiştir ($P<0,05$).

Fermantasyon sırasında kızılçık püresi kaynaklı mayalar tarafından, kızılçığın hücre duvarının yıkımlanarak, selüloz, hemiselüloz, lignin gibi besinsel

liflerin açığa çıkmasının besinsel lif içeriğini değiştirebileceği düşünülmektedir (Karademir, 2018). Martín-Cabrejas vd. (2004) fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) unlarına fermentasyonun etkilerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre fermentasyon uygulanmış örneklerde çözünmeyen besinsel lif içeriğinde hafif bir artış gözlenirken (%17,1 den %17,7'ye), çözünür besinsel lif miktarında düşüş (%7,7 den %5,0'a) meydana geldiği bildirilmiştir. Bunun, fermentasyon sırasında mikroorganizmaların çözünmeyen besinsel lif bileşenlerine daha az erişebilir olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca fermentasyonun besinsel lif içeriğinde değişim meydana getirmesinin, mikroorganizmaların hücre duvarı degradasyonu sonucu, protein-karbonhidrat komplekslerinin yıkılmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir (Martín-Cabrejas vd., 2004). Zhao vd. (2017) buğday kepeğinin beslenme, fiziksel ve lezzet özelliklerini iyileştirmek için maya ve laktik asit bakterileri kullanarak fermente etmiş ve buğday kepeğinin katı hal fermentasyonundan sonra toplam besinsel lif ve çözünür besinsel lif içeriğinin kuru madde üzerinden arttığını saptamıştır.

4.3 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Frukthan ve Fitik Asit İçeriği

Kızılıcık tarhanası örneklerinin üretiminde kullanılan ekmeklik buğday unu, tam kavuzsuz arpa unu, irmik altı unu ve karabuğday unlarının fruktan (fruktooligosakkarit, %) ve fitik asit (mg/g) miktarları kuru madde üzerinden **Çizelge 4.3'**de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının fruktan (fruktooligosakkarit, %) ve fitik asit (mg/g) miktarları

Tahıl/Pseudo-tahıl Unları	Frukthan* (%)	Fitik Asit* (mg/g)
Buğday Unu	1,54±0,010 ^c	1,7±0,19 ^d
Tam Kavuzsuz Arpa Unu	3,55±0,205 ^a	10,1±0,20 ^b
İrmik Altı Unu	2,87±0,232 ^b	11,8±0,10 ^a
Karabuğday Unu	0,13±0,035 ^d	5,1±0,15 ^c

Ortalama±Standart sapma (n=3). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05). *Kuru madde üzerinden verilmiştir.

Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan hammadde unlarının fruktan içeriği %0,13-3,55 arasında değişmiş olup, en yüksek fruktan içeriği tam kavuzsuz

arpa ununda ve en düşük fruktan içeriği karabuğday ununda bulunmuştur. Tahıl/pseudo-tahıl unlarının fruktan içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$, **Çizelge 4.3**). Fruktan açısından en iyi kaynaklar arasında kudüs enginarı (%17-20), hindiba (%15-20), sarımsak (%10-16) ve soğan (%1-8) gelmektedir. Tahıllardaki fruktan oranlarına bakıldığında %1,7-3,9 arasında fruktan içeren çavdar, en iyi kaynak olarak bildirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalar sonucu arpa ve buğdayın fruktan içerikleri sırasıyla %0,8 ve %1,3-2,5 olarak belirtilmiştir (Karppinen vd., 2003). Andersson vd., (2013) de ekmeklik buğday ununda yaptıkları analizde fruktan içeriğini kuru madde üzerinden ortalama %1,28 bulmuştur. Huynh vd. (2008) çeşitli genotiplere sahip buğdaylarla yaptıkları çalışmada, fruktan içeriklerinin kuru ağırlık üzerinden %0,7-2,9 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Buğday unu, tam kavuzsuz arpa unu, ırmik altı unu ve karabuğday ununun fitik asit içerikleri ise sırasıyla 1,7 mg/g, 10,1 mg/g, 11,8 mg/g ve 5,1 mg/g olarak bulunmuştur ($P<0,05$; **Çizelge 4.3**). Yaver ve Bilgiçli (2019) yaptıkları bir çalışmada buğday ununda 3,7 mg/g ve kavuzlu arpa ununda 5,0 mg/g fitik asit bulmuştur. Garcia-Esteva vd. (1999) kavuzlu arpa unundaki fitik asit içeriğini 6,3 mg/g, buğday unundaki fitik asit içeriğini 4,0 mg/g olarak tespit etmiştir. Jood ve Kalra (2001)'nin yaptığı çalışmada 3 tip kavuzsuz arpa ununun fitik asit içerikleri 4,2-6,4 mg/g arasında değişmiştir. Bilgiçli (2009) yaptığı başka bir çalışmada buğday unu ve karabuğday ununun fitik asit miktarını sırasıyla 1,5 ve 15,7 mg/g olarak rapor etmiştir. Steadmen vd. (2001) karabuğday unundaki fitik asit içeriğini 6,9 mg/g olarak belirlemiştir. Demir (2018) geleneksel yöntem uygulanarak üretilen %100 buğday unlu tarhananın fitik asit içeriğini 0,34 mg/g olarak bildirmiş olup, tam buğday unu ilavesiyle fitik asit miktarı artmıştır. Bunun sebebi olarak tam buğday ununun kepek ve ruşeym kısımlarını içermesi ve fitik asit yapısında bulunan fitat fosforunca zengindir ve dolayısıyla una karışan kepek miktarı arttıkça undaki fitik asit miktarı da artmıştır.

4.4 Kızılıcık Tarhanaları ve Ticari Tarhanaların Fruktan ve Fitik Asit İçerikleri

Fermantasyonlu ve fermantasyonsuz üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari kızılıcık tarhanası ile geleneksel tarhananın kuru madde üzerinden fruktan (fruktooligosakkarit, %) ve fitik asit (mg/g) miktarları **Çizelge 4.4**'de gösterilmiştir.

Fermantasyonsuz üretilen kızılıcık tarhanalarının fruktan içeriği %0,85-1,77 arasında değişirken, fermantasyonla üretilen kızılıcık tarhanalarının fruktan içeriği %1,10-1,81 arasında değişmiştir. Ayrıca, farklı tahıl/pseudo-tahıl unlarıyla üretilen kızılıcık tarhanalarının fruktan içeriğinde fermantasyon uygulanması sonucu kuru madde üzerinden bir artış gözlenmiştir. Fakat tam kavuzsuz arpa unu ve karabuğday unu ile üretilen kızılıcık tarhanalarının fermantasyonsuz ve fermantasyon ile üretilen örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Tüm tarhana örnekleri arasında en düşük fruktan içeriğine sahip örnek TGT (%0,62) ve en yüksek fruktan içeriğine sahip örnek FAT (%1,81) olarak tespit edilmiştir. Araştırmada, buğday unundan fermantasyonsuz olarak üretilen NKT kontrol örneğinin fruktan miktarı (%0,99), aynı hammadde ve yöntem ile üretilen TKT örneğinin fruktan miktarından (%0,67) daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4.4. Fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların fruktan (fruktooligosakkarit, %) ve fitik asit (mg/g) miktarları

Tarhana Örnekleri	Fruktan* (%)	Fitik Asit* (mg/g)
NKT	0,99±0,084 ^c	0,64±0,07 ^e
NAT	1,77±0,205 ^a	5,63±0,11 ^b
NİAT	1,47±0,281 ^b	6,10±0,22 ^a
NKBT	0,85±0,175 ^{cd}	2,35±0,15 ^c
FKT	1,78±0,040 ^a	0,58±0,04 ^{ef}
FAT	1,81±0,172 ^a	5,55±0,09 ^b
FİAT	1,72±0,032 ^a	5,68±0,10 ^b
FKBT	1,10±0,085 ^c	1,86±0,11 ^d
TKT	0,67±0,070 ^d	0,46±0,03 ^f
TGT	0,62±0,045 ^d	Belirlemedi

*Ortalama±Standart sapma (n=3). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$). *Kuru madde üzerinden verilmiştir.*

Fermantasyonsuz üretilen NKT, NAT, NİAT ve NKBT örneklerinin fitik asit içerikleri sırasıyla 0,64, 5,63, 6,10 ve 2,35 mg/g, fermantasyonlu üretilen FKT, FAT, FİAT ve FKBT örneklerinin fitik asit içerikleri ise sırasıyla 0,58, 5,55, 5,68 ve 1,86 mg/g olarak bulunmuştur. Buna göre kızılıcık tarhanalarının fitik asit içeriğinde fermantasyon uygulanması sonucu bir miktar azalma görülmüştür. Tahıl ürünlerinin fermantasyonu, fitik asitin parçalanmasına sebep olmuştur. Ancak buğday unu ve

tam kavuzsuz arpa unu ile üretilen kızılıcık tarhanalarında fermentasyon sonucu gözlenen azalma istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0,05$). TGT örneğinde fitik asit tespit edilememiştir, kızılıcık tarhanaları arasında en düşük fitik asit miktarı TKT (0,46 mg/g) örneğinde bulunmuş, bu değer aynı şekilde buğday unundan fermentasyonsuz olarak üretilen NKT kontrol örneğinin fitik asit miktarından (0,64 mg/g) daha düşüktür ($P<0,05$). Ticari geleneksel tarhanada fitik asit içeriği bulunmaması, kullanılan buğday unu tipine bağlı olarak, unun az miktarda fitik asit içermesi veya fermentasyon uygulanmasıyla da tamamen parçalanması şeklinde açıklanabilir. Bilindiği gibi fermentasyon sırasında mayaların salgılamış olduğu fitaz enzimi ile fitik asitin parçalanması gerçekleşmektedir.

Kumral (2015) tarhana üretiminde un tipi ve fermentasyon işleminin fitik asit içeriği üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda un tipi ve fermentasyon işleminin fitik asit içeriği üzerinde önemli etkisinin olduğu bulunmuştur ($P<0.01$). Yaver ve Bilgiçli (2019) tam tahıl unlarından üretilen ekmeklerin daha yüksek fitik asit içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalar, hem kendiliğinden hem de başlangıç kültürleriyle yapılan fermentasyonların, fitik asit içeriğini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Murali ve Kapoor, 2003).

Tarhanadaki fitik asit miktarının azalması, fermentasyon ortamındaki doğal fitaz aktivitesi ile açıklanmıştır (Magala vd, 2015). Birçok çalışma, fitaz enzimi ilavesinin fitik asit içeriğini azaltmanın en etkili yöntemlerinden biri olduğu sonucuna varmıştır ve fermentasyon işleminin fitaz aktivitesini artırmak için en etkili bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. Yaver ve Bilgiçli (2019) somun ekmek ve bazlama tipi ekmek formülasyonuna %25 oranında farklı tahıl-baklagil unu karışımı (kompozit un) eklenmesi sonucunda artan fitik asit miktarını farklı defitinizasyon teknikleri (malt unu, fitaz enzimi ve sitrik asit ilavesi) ile azaltılması çalışmaları yapmışlardır. Buna göre fitaz enzimi ilavesinin fitik asiti azaltmada en yüksek etkiye sahip olduğunu, somun ekmekte %54, bazlama tipi ekmekte ise %52 oranında bir azalmanın sağlandığı bildirilmiştir.

Fitik asit içeriğinin aynı zamanda; un ekstraksiyon derecesi, fermentasyon süresi ve kalsiyum tuzlarının varlığı ile sıcaklık, hamur asiditesi, pH, maya tipi ve hamura eklenen enzimlerden de etkilendiği ifade edilmiştir (Kumral, 2015). Reale vd. (2007), tahıl hamuru fermentasyonu sırasında fitat parçalanmasının, endojen bitki fitaz aktivitesi ile pozitif olarak ilişkili olduğunu ve aynı zamanda, endojen tahıl fitazlarına ısı uygulandığında, fitazın inaktivasyonu ile sonuçlandığını saptamışlardır.

Optimum fitat parçalanmasının pH 5.5 civarında olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, laktik asit bakterilerinin fitat parçalanmasına doğrudan katılmadığı, ancak pH değerini düşürerek katkıda bulunduğu sonucuna varmışlardır.

Bilgiçli (2009)'nin yaptığı bir çalışmada %100 buğday ve %100 karabuğday unlu tarhanaların fitik asit içerikleri sırasıyla 0,21 ve 1,65 mg/g olarak bulunmuştur. Çimer (2018) de yaptığı çalışmada fermentasyon süreci boyunca tarhananın fitik asit miktarının 5,25 mg/g'dan 0,50 mg/g'a düşerek %90,40 oranında azalma gözlendiğini bildirmiştir. Bilgiçli ve İbanoğlu (2007) geleneksel tarhananın fermentasyonu sırasında fitik asit içeriğinde yaklaşık %91 oranında bir azalma sağlandığını rapor etmişlerdir.

4.5 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Çirişlenme-Viskozite Özellikleri

Fermentasyonsuz ve fermentasyonlu üretilen kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının sıcaklık kontrollü çirişlenme-viskozite (cP) özellikleri **Çizelge 4.5**'de ve **Ek D.1**'de gösterilmiştir. Buna göre, hammadde unlarının sıcaklığa bağlı viskozite değerleri arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Tahıl/pseudo-tahıl unlarının viskozite değerlerinin birbirinden farklı olması nişasta özelliklerinin, su absorpsiyon kapasitelerinin ve kimyasal kompozisyonlarının farklı olması ile açıklanabilir.

Pik viskozite (*Peak viscosity*), nişasta jelatinizasyonundan sonra suya dağılan amiloz ve amilopektin çirişinin su absorpsiyon kapasitesini ifade eder (Oloyede vd., 2016). En yüksek pik viskozite değerine sahip tam kavuzsuz arpa unu (4087 cP) ile bunu takip eden karabuğday unu (4042 cP) arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır ($P>0,05$). En düşük pik viskozite gösteren tahıl unu ise ırmik altı unu (1949 cP) olmuştur. İrmik altı ununun düşük pik viskoziteye sahip olması, nişasta miktarının düşük, protein ve besinsel lif içeriğinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Böylece daha az nişasta ve daha yüksek protein ve lif içeriği nişastanın su şişmesini engelleyerek viskoziteyi düşürebilir (Inglett vd., 2009). Pik viskozitesi, nişastanın suya dağılılabirliği (çözünürlük) ve su tutma kapasitesi ile yakından ilişkili olmasının yanı sıra gıda bileşenlerinin kompozisyonuna da bağlıdır. Çalışmalar, düşük pik viskozite değerine sahip unun, yüksek pik viskoziteli undan daha düşük kıvam verme gücüne sahip olduğunu göstermiştir (Oloyede vd., 2016; Siwatch vd.,

2017). Sahlström vd. (2003), buğday ununda amiloz içeriği azaldıkça pik viskozite değerinin arttığını, ikisi arasında negatif bir korelasyonun bulunduğunu ifade etmişlerdir. Kemahlioğlu ve Ünal (2001)'in yaptığı bir çalışmada, 7 farklı irmik altı unun amilografta belirlenen pik viskozite değerleri (730-1410 AU) geniş bir dağılım göstermiş ve bunun sebebinin çeşitlerdeki nişastanın amiloz/amilopektin oranının farklı olabileceği şeklinde açıklanmıştır.

Çizelge 4.5. Kızılçık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının çirşlenme-viskozite özellikleri

RVA Parametreleri	Buğday Unu	Tam Kavuzsuz Arpa Unu	İrmik Altı Unu	Karabuğday Unu
Pik Viskozite (cP)	2504±8,5 ^b	4087±19,4 ^a	1949±38,0 ^c	4042±188,4 ^a
Sıcak Çirş Viskozitesi (cP)	1546±9,9 ^c	2610±22,5 ^b	1557±42,3 ^c	3447±260,7 ^a
Sıcak Kırılma Viskozitesi (cP)*	958±3,2 ^b	1477±41,9 ^a	392±7,9 ^d	595±77,1 ^c
Son Viskozite (cP)	2655±11,4 ^d	4306±5,0 ^b	3323±9,6 ^c	7752±320,9 ^a
Soğuk Çirş Viskozitesi (cP)**	1108±2,3 ^d	1696±23,1 ^c	1767±33,5 ^b	4305±63,1 ^a
Pik Zamanı (dk)	6,4±0,04 ^a	6,2±0,37 ^a	6,4±0,04 ^a	5,7±0,05 ^b
Çirşlenme Sıcaklığı (°C)	68±0,6 ^d	69±0,6 ^c	72±0,6 ^b	73±0,0 ^a

Ortalama±Standart sapma (n=3). Aynı satır içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05).

*(Pik Viskozite - Sıcak Çirş Viskozitesi) **(Son viskozite - Sıcak Çirş Viskozitesi)

En yüksek ve en düşük sıcak çirş viskozitesi, son viskozite, soğuk çirş viskozitesi ve çirşlenme sıcaklığı değerleri sırasıyla karabuğday ve buğday unlarında saptanmıştır (P<0,05). Buğday, tam kavuzsuz arpa, irmik altı ve karabuğday unlarının sıcak çirş viskozitesi (*Trough*) değerleri sırasıyla 1546, 2610, 1557 ve 3447 cP olarak tespit edilmiştir. Buğday unu ile irmik altı unun sıcak çirş viskoziteleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir (P>0,05). Her iki örneğin sıcak çirş viskozitesi değerleri ile tam kavuzsuz arpa ve karabuğdayın değerleri arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Sıcak çirş viskozitesi (*Trough*), amiloz-lipit kompleksinin oluşumundan, amilozun çözeltiye dağılma hızından ve granülün şişme derecesinden etkilendiği ifade edilmiştir (Siwatch vd., 2017).

Buğday, tam kavuzsuz arpa, ırmik altı ve karabuğday unlarının son viskozite (*Final viscosity*) değerleri sırasıyla 2655, 4306, 3323 ve 7752 cP olarak saptanmıştır ($P<0,05$). Soğuk çiriş viskozitesi değerleri ise buğday unu için 1108 cP, tam kavuzsuz arpa unu için 1696 cP, ırmik altı unu için 1767 cP ve karabuğday unu için 4305 cP olarak bulunmuştur. Soğuk çiriş viskozitesi (*Setback*) değeri arttıkça, örneğin retrogradasyon eğiliminin de arttığı yani kuvvetli jel yapısı verdiği ifade edilmiştir (Panghal vd., 2018). Buna göre, buğday ununun diğer tahıl/pseudo-tahıl unlarına göre retrogradasyona eğilimi daha az, karabuğday ununun ise retrogradasyona eğilimi en yüksek olduğu belirlenmiştir. Son viskozite değeri, nişastanın pişirilmesi ve daha sonra soğutulması sırasında jel oluşturma kabiliyetini göstermektedir. Son viskozite, çözünür amilozun soğuması sırasındaki retrograde olma eğilimi ile açıklanmaktadır (Siwatch vd., 2017). Nişastalı hammaddenin son viskozite değeri amiloz içeriği ile alakalıdır. Yüksek amiloz içeriğine sahip buğday ununun daha yüksek son viskoziteye sahip olduğunu ve düşük amiloz içeriği ise daha düşük son viskozite verdiği ifade edilmiştir (Oloyede vd., 2016; Panghal vd., 2018).

Sıcak kırılma viskozitesi (*Breakdown viscosity*) değerlerine bakıldığında en yüksek viskozite değeri (1477 cP) tam kavuzsuz arpa ununda, en düşük viskozite değeri (392 cP) ırmik altı ununda gözlenmiştir. Sıcak kırılma viskozitesi, şişmiş granüllerin yüksek sıcaklıkta karıştırma ve shear-stress uygulamalarına karşı parçalanma direncinin ölçüsüdür ve unun stabilitesinin bir göstergesidir (Panghal vd., 2018). Bu sıcak çiriş viskozitesine (*Trough*) bağlıdır; sıcak çiriş viskozitesi değeri ne kadar düşük olursa, örneğin pişirme sırasında shear stress'i ve ısınmaya dayanma yeteneği yani kırılma viskozitesi o kadar yüksek olmaktadır (Oloyede vd., 2016; Siwatch vd., 2017). Sonuç olarak ırmik altı ununda sıcak kırılma viskozitesinin en düşük (392 cP) olması, sıcaklık ve karıştırma etkileri altında diğer tahıl/pseudo-tahıl unlarına göre nişasta granüllerinin daha yüksek stabiliteye sahip olduğunu şeklinde açıklanabilir. Srichuwong vd. (2005) ise, sıcak kırılma viskozitesi (*Breakdown*) ne kadar az ise soğuk çiriş viskozitesinin (*Setback*) de o kadar fazla olacağını belirtmiştir.

Çirişlenme sıcaklığı ise, nişastalı bir ürünü pişirmek için gereken minimum sıcaklığın bir göstergesidir (Adegunwa vd., 2011; Siwatch vd., 2017; Panghal vd., 2018). Buğday, tam kavuzsuz arpa, ırmik altı ve karabuğday unlarının çirişlenme sıcaklıkları sırasıyla 68, 69, 72 ve 73 °C olarak bulunmuştur ($P<0,05$). ırmik altı unu ve buğday unu en uzun pik zamanı (6,4 dk) verirken; tam kavuzsuz arpa unu ile

(6,2 dk) pik zamanları arasında istatistiksel olarak önemli fark gözlenmemiştir ($P>0,05$). Karabuğday unu en düşük pik zamanı (5,7 dk) değerine sahip olmak ile beraber diğer örnekler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Kemahlıoğlu ve Ünal (2001) 7 farklı irmik altı unla ilgili yaptıkları bir çalışmada irmik altı unların amilograf cihazındaki jelatinizasyon (çirilenme) sıcaklığını 58,8-78,3 °C arasında rapor etmişlerdir. Panghal vd. (2018) yüksek çirilenme sıcaklığına sahip bir un örneğinde nişasta granülleri arasında ileri derecede bir düzenlilik olduğunu, bunun da yüksek su bağlama kapasitesi, yüksek jelatinizasyon eğilimi ve düşük şişme özellikleri sergilediğini belirtmiştir.

Yalçın (2010) kavuzlu ve kavuzsuz arpa unlarının çirilenme özelliklerini RVA cihazında incelemiş ve kavuzsuz arpa ununda daha yüksek viskozite değerleri ve çirilenme sıcaklığı gözlemlemiştir. Yapılan araştırmada, kavuzsuz arpa ununun sıcak kırılma viskozitesinin (*Breakdown*) kavuzlu arpa unundan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum kavuzsuz arpa unundaki nişasta granüllerinin kavuzlu arpadaki granüllere göre karıştırma ile incelmeye (*Shear-thinning*) daha dayanıksız olduğu veya parçalanmasının daha fazla olduğu şeklinde açıklanabilir. Aynı çalışmada, kavuzsuz arpa ununun çirilenme sıcaklığı 64 °C olarak bulunmuştur, bulunan değer bu tez çalışmasındaki tam kavuzsuz arpa ununun (69 °C) çirilenme sıcaklığından düşüktür. Yalçın (2010) her iki tip arpa unundaki farklılıkların, genotipik çeşitlilikten ve amiloz/amilopektin oranı gibi diğer bir deyişle waxy veya non-waxy nişasta tiplerinden kaynaklanabileceğini ifade etmiştir.

Granüllerin şişme kapasitesinin sıcak kırılma viskozitesi değerlerini etkilediği düşünülmektedir. Bunun sebebi şişmiş granüller arasındaki sürtünmenin artması ve karıştırma sırasında daha fazla parçalanma gerçekleşmesidir, bu da kırılma viskozitesini artırabilir. Farklı nişasta örneklerinin incelendiği bir çalışmada en düşük granül şişme derecesine sahip nişastanın daha düşük sıcak kırılma viskozitesi değeri verdiği görülmüştür (Srichuwong vd., 2005). Yoshimoto vd. (2004) 8 farklı karabuğday nişastasının çirilenme özelliklerini araştırmıştır. Buna göre, pik viskozite, sıcak kırılma viskozitesi, soğuk çirilen viskozitesi ve çirilenme sıcaklıklarını sırasıyla 2712 - 3132 cP, 444 - 1176 cP, 2172 - 2712 cP ve 68,6-71,0 °C olarak gözlemlemiştir. Sahlström vd. (2003) şekli ve kabarma hacmi iyi bir fırın ekmeği elde edebilmek için, unun yüksek sıcak çirilen viskozitesine (*Trough*) dolayısıyla düşük kırılma viskozitesine (*Breakdown*) ve yüksek soğuk çirilen viskozitesi (*Setback*) ve son viskoziteye (*Final viscosity*) sahip nişasta içermesi gerektiğini bildirmiştir.

4.6 Kızılıcık Tarhanaları ve Ticari Tarhanaların Çirışlenme-Viskozite Özellikleri

Buğday, tam kavuzsuz arpa, irmik altı ve karabuğday unu kullanılarak fermantasyonsuz ve fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanaları ve ticari olarak temin edilen tarhanaların sıcaklık-zaman kontrollü çirışlenme-viskozite özellikleri **Çizelge 4.6**'da ve sırasıyla **Ek D.2** ve **Ek D.3**'de gösterilmiştir.

Araştırmada üretilen tüm kızılıcık tarhanaları arasında en yüksek pik viskozite (1488 cP), sıcak çirış viskozitesi (1401 cP), son viskozite (1985 cP) ve soğuk çirış viskozitesi (583 cP) karabuğday unu kullanılarak fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanasında (FKBT) belirlenmiştir. Aynı örneğin, NKBT örneğinin soğuk çirış viskozitesi ile arasında benzerlik ($P>0,05$) görülürken, diğer özellikleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Tüm tarhanalar arasında en yüksek pik viskoziteye sahip örnek ticari olarak üretilen kızılıcık tarhanasıdır (1680 cP). Bunu geleneksel tarhana örneğinin (1548 cP) pik viskozite değeri izlemiştir. Buğday unu, irmik altı unu ve karabuğday unu ile üretilen kızılıcık tarhanalarının pik viskozite, sıcak çirış viskozitesi ve son viskozite değerleri (cP), fermantasyon işlemi ile artmıştır ($P<0,05$). Tam kavuzsuz arpa unu ile üretilen kızılıcık tarhanasının pik viskozite ve sıcak çirış viskozitesi değerlerinde fermantasyon işlemi ile önemli bir fark olmazken ($P>0,05$); son viskozite değeri fermantasyon sonucu diğer tahıl/pseudo-tahıl unlarının aksine azalmıştır ($P<0,05$). Adegunwa vd. (2011) aynı işleme yöntemini kullanarak farklı fermantasyon süresiyle iki çeşit mısırdan (beyaz ve sarı) ürettikleri tahıl pudinginin (Ogi) fermantasyon işlemi ile pik viskozitesinin arttığını bildirmişlerdir.

Araştırmada üretilen tüm kızılıcık tarhanaları arasında en düşük sıcak kırılma viskozitesi fermantasyonsuz, tam kavuzsuz arpadan üretilen NAT örneğinde (78 cP) saptanmıştır. Bunu fermantasyonlu üretilen FAT (86 cP) ve FKBT (86 cP) örnekleri izlemiştir. Araştırmada fermantasyonlu ve fermantasyonsuz üretilen kontrol kızılıcık tarhanalarının sıcak kırılma viskoziteleri en yüksek olmakla beraber sırasıyla 441 cP ve 460 cP olarak bulunmuştur. Tüm tarhanalar arasında en yüksek sıcak kırılma viskozitesi ticari kızılıcık tarhanasında (TKT, 757 cP) saptanmıştır, bunu ticari geleneksel tarhana (TGT, 625 cP) izlemiştir. Adebowale vd. (2005) sıcak kırılma viskozitesi ne kadar yüksek olursa, örneğin pişirme sırasında karıştırma ile incelmanın (kıvamın azalması, shear-thining) artacağını ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.6. Fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların çirışlenme özellikleri.

Tarhana Örnekleri	Pik Viskozite (cP)	Sıcak Çirış Viskozitesi (cP)	Sıcak Kırılma Viskozitesi (cP)*	Son Viskozite (cP)	Soğuk Çirış Viskozitesi (cP)**	Pik Zamanı (dk)	Çirışlenme Sıcaklığı (°C)
NKT	1129±7,8 ^e	682±9,9 ^e	441±8,1 ^c	1092±8,1 ^e	410±11,1 ^e	5,9±0,02 ^d	73±0,0 ^c
NAT	400±12,8 ^{fg}	322±6,5 ^f	78±9,5 ^f	728±9,9 ^f	406±6,2 ^e	5,7±0,02 ^e	72±0,6 ^d
NİAT	349±10,0 ^g	240±9,0 ^g	109±8,5 ^e	574±17,6 ^h	334±10,0 ^f	5,3±0,02 ^g	69±0,6 ^f
NKBT	1399±74,3 ^c	1287±79,2 ^b	113±4,9 ^e	1866±143,7 ^b	580±65,2 ^c	6,3±0,07 ^a	77±0,0 ^a
FKT	1277±41,5 ^d	817±11,7 ^d	460±29,8 ^c	1278±22,4 ^d	461±11,4 ^d	6,2±0,02 ^b	73±0,6 ^c
FAT	366±1,7 ^g	280±2,3 ^{fg}	86±3,5 ^f	590±3,6 ^h	310±1,5 ^f	5,9±0,07 ^d	75±0,6 ^b
FİAT	454±12,2 ^f	316±5,5 ^f	137±6,8 ^d	670±6,2 ^g	354±1,5 ^f	5,6±0,02 ^f	72±1,0 ^d
FKBT	1488±94,2 ^b	1401±89,6 ^a	86±9,3 ^f	1985±125,7 ^a	583±40,1 ^c	6,4±0,12 ^a	78±0,6 ^a
TKT	1680±20,5 ^a	923±13,4 ^c	757±7,1 ^a	1705±9,9 ^c	783±3,5 ^b	6,1±0,00 ^c	70±0,0 ^e
TGT	1548±7,8 ^b	923±0,0 ^c	625±7,8 ^b	1828±6,4 ^b	905±6,4 ^a	5,6±0,05 ^f	71±0,0 ^d

Ortalama±Standart sapma, (n=3); Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). *(Pik Viskozite - Sıcak Çirış Viskozitesi) **(Son viskozite - Sıcak Çirış Viskozitesi)

Araştırmada üretilen tüm kızılçık tarhanalarının soğuk çiriş viskozitesi, fermantasyonlu örneklerde, tam kavuzsuz arpa unlu örnek (FAT) hariç genellikle artmıştır. En düşük soğuk çiriş viskozitesi FAT örneğinde (310 cP) bulunurken bunu NİAT (334 cP) ve FİAT (354 cP) örnekleri izlemiştir ($P>0,05$). Araştırmada üretilen tüm kızılçık tarhanaları içinde en yüksek soğuk çiriş viskozitesi hem fermantasyonlu hem de fermantasyonsuz karabuğday unlu kızılçık tarhanalarında görülmesine rağmen aralarındaki fark önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Soğuk çiriş viskozitesi değeri tahıl unlarının amiloz içeriğiyle ilişkilendirilmiştir. Buna göre, fermantasyonsuz NİAT örneği ile fermantasyonlu FAT örneklerinin çorba kıvamı/katılığı, karabuğday unlu kızılçık tarhanalarının çorba kıvamı/katılığına göre daha az olacaktır. Soğuk çiriş viskozitesi, nişastanın jelleşme kapasitesini veya retrogradasyon kabiliyetini ölçmekte ve pişmiş gıdalarda sertliğin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Dar vd., 2018).

Araştırmada fermantasyonsuz üretilen kızılçık tarhanalarının pik zamanları ve çirişlenme sıcaklıkları sırasıyla 5,3-6,3 dk ve 69-77 °C arasında değişirken, fermantasyonlu üretilen kızılçık tarhanalarının pik zamanı ve çirişlenme sıcaklıkları sırasıyla 5,6-6,4 dk ve 72-78 °C arasında değişmiştir (**Çizelge 4.6**). Görüldüğü gibi, araştırmada üretilen kızılçık tarhanalarının pik zamanları fermantasyon işlemiyle artmıştır, bu artış karabuğday unlu kızılçık tarhanasında (FKBT) önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Araştırmada üretilen kızılçık tarhanalarının çirişlenme sıcaklığı değerleri incelendiğinde, kontrol kızılçık tarhanasının (NKT) çirişlenme sıcaklığına fermantasyonun bir etkisi olmamış ($P>0,05$) fakat diğer tahıl/pseudo tahıl unları ile üretilen örneklerin çirişlenme sıcaklığına fermantasyonun etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). En yüksek pik zamanı (6,4 dk) ve çirişlenme sıcaklığı (78 °C) değeri FKBT örneğinde gözlenmiş ve en düşük pik zamanı (5,3 dk) ve çirişlenme sıcaklığı (69 °C) değeri NİAT örneğinde gözlenmiştir.

Araştırmada, ticari geleneksel tarhana örneği (TGT, 5,6 dk) ile FİAT örneğinin (5,6 dk) pik zamanları benzer bulunmuştur ($P>0,05$, **Çizelge 4.6**). Araştırmada üretilen kontrol kızılçık tarhanalarının (NKT ve FKT) çirişlenme-viskozite özellikleri, yine buğday unu ile fermantasyonsuz üretilen ticari kızılçık tarhanasından (TKT) daha düşüktür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Bu farklılığın sebebi, kullanılan buğday ununun farklı bir çeşit buğdaydan olması ve kullanılan kızılçığın kimyasal özelliklerindeki (asitlik, pH gibi) farklılıklardır. Genellikle ticari tarhanaların çirişlenme sıcaklığı araştırmada üretilen kızılçık tarhanalarının çirişlenme sıcaklığından düşüktür. Fermantasyonlu üretilen örneklerin

çirışlenme sıcaklığı değerleri diğer tüm örneklerle göre genellikle artmıştır. Bunun sebebi, ortam asitliğinin fermentasyon etkisiyle artması ile nişasta granüllerinin daha düzenli kristal yapı kazanması ve şişme özelliklerine direnç göstermesi şeklinde açıklanabilir (Karademir, 2018; Dar vd., 2018).

TKT ve TGT örneklerinin çirışlenme özellikleri birbiriyle karşılaştırıldığında, TKT örneğinin daha yüksek pik viskozite, sıcak kırılma viskozitesi ve pik zamanı değerlerine sahip olduğu, TGT örneğinin ise daha yüksek son viskozite, soğuk çirış viskozitesi ve çirışlenme sıcaklığı değerleri verdiği görülmektedir ($P<0,05$; **Çizelge 4.6**). Her iki örneğin sıcak çirış viskoziteleri aynı değer bulunmuştur ($P>0,05$). Bunun anlamı TKT örneğinin daha yüksek su absorpsiyon kapasitesine, karıştırma ile incelmeye daha dayanıksız; TGT örneğinin ise soğutulduğunda daha kıvamlı, daha sert bir jel kıvamında çorba özelliklerine ve yüksek retrogradasyona kabiliyeti ve ardından sineresis özelliği göstermesidir.

Ticari olarak üretilen kızılık tarhanası ve geleneksel tarhananın pik viskozitesi, sıcak kırılma viskoziteleri ve soğuk çirış viskozite değerleri, bu araştırmada farklı tahıl/pseudo-tahıl unlarıyla üretilen kızılık tarhanalarının viskozite değerlerinden yüksek ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bunun anlamı ticari tarhanaların daha yüksek su absorpsiyon kapasitesine sahip olacağı, fakat yüksek sıcaklıkta karıştırmayla incelmeye (shear-thining) daha dayanıksız olduğu, soğuma ile birlikte kızılık tarhanalarına göre daha katı, neredeyse katı jel kıvamında çorba özellikleri sergileyeceğidir. Aynı zamanda, ticari tarhanalar genellikle daha düşük sıcaklıkta çirışlenme özellikleri göstermeye başlayacaktır (**Çizelge 4.6**).

Gotcheva vd. (2001) buğday unundan üretilen bozanın fermentasyonu sırasında viskozitesinde bir azalma gözlemlemişlerdir. Öte yandan, fermente gıda ürünlerinin viskozitesi için literatürde çelişkili sonuçlar bildirildiği söylenmiştir. Bazı yazarların fermentasyon sırasında viskozitede bir artış, bir azalma, marjinal bir etki veya önce bir azalma, ardından bir artış olduğu bildirilmiştir (Hayta vd., 2001). Adegunwa vd. (2011) çalışmaları sonucu fermentasyon süresi uzadıkça ekşi cassava nişastası çirışının dayanıklılığı ve stabilitesinin azaldığını rapor etmiştir. Amankwah vd. (2009) fermentasyon süresinin viskozitede artış sağladığını ve bunun fermentasyon sırasında kuru maddedeki protein, ham lif ve yağ miktarındaki artıştan kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Oloyede vd. (2016) Moringa oleifera tohumu ununun çirışlenme özelliklerini incelemiş ve 72 saatlik fermentasyonu sonucu pik zamanı değeri dışındaki tüm değerlerin arttığını tespit etmiştir.

4.7 Kızılıcık Tarhanalarının Üretiminde Kullanılan Tahıl/Pseudo-Tahıl Unlarının Mineral Madde İçerikleri

Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının sodyum, magnezyum, potasyum, kükürt ve kalsiyum makro mineral içerikleri (mg/g) **Çizelge 4.7**'de gösterilmiştir. Buna göre, ırmık altı ununun magnezyum (0,85 mg/g), potasyum (3,18 mg/g), kükürt (1,52 mg/g) ve kalsiyum (0,14 mg/g) makro mineralleri bakımından en zengin, tam kavuzsuz arpa ununun ise sodyum (0,35 mg/g) minerali bakımından en zengin içeriğe sahip olduğu gözlenmiştir. Buğday ununun magnezyum (0,16 mg/g), potasyum (0,80 mg/g) ve kalsiyum (0,06 mg/g) makro minerallerini en düşük seviyede içerdiği görülmüştür. Karabuğday ununa bakıldığında sodyum (0,27 mg/g) ve kükürt (0,80 mg/g) makro minerallerini diğer tahıl/pseudo-tahıl unlarına kıyasla en düşük miktarda içerdiği görülmüştür.

Çizelge 4.7. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının bazı makro mineral madde miktarları (mg/g).

MAKRO MİNERALLER (mg/g)	Tahıl/Pseudo-tahıl Unları			
	Buğday Unu	Tam Kavuzsuz Arpa Unu	İrmik Altı Unu	Karabuğday Unu
Na	0,30±0,012 ^c	0,35±0,014 ^a	0,33±0,009 ^b	0,27±0,013 ^d
Mg	0,16±0,002 ^d	0,69±0,012 ^b	0,85±0,012 ^a	0,45±0,017 ^c
K	0,80±0,004 ^d	2,62±0,098 ^b	3,18±0,057 ^a	1,03±0,060 ^c
S	1,15±0,059 ^c	1,35±0,018 ^b	1,52±0,023 ^a	0,80±0,008 ^d
Ca	0,06±0,002 ^c	0,11±0,005 ^b	0,14±0,003 ^a	0,11±0,002 ^b

Ortalama±Standart sapma (n=4); Aynı satır içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05).

Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının mikro/iz mineral miktarları (µg/g) **Çizelge 4.8**'de gösterilmiştir. Karabuğday unu Li (0,29 µg/g), B (1,44 µg/g), Al (23,09 µg/g) ve Sm (Samarium, 5,4 µg/g) mikro/iz minerallerini, ırmık altı unu Mn (23,23 µg/g) ve Rb (2,23 µg/g) mikro/iz minerallerini, tam kavuzsuz arpa unu Sr (Stronsiyum, 2,41 µg/g) ve Mo (0,54 µg/g) mikro/iz minerallerini, buğday unu ise İn (İndiyum, 32,36 µg/g) mikro/iz mineralini en yüksek miktarda içermektedir (**Çizelge 4.8**).

Çizelge 4.8. Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının bazı mikro/iz mineral madde miktarları (µg/g)

MİKRO MİNERALLER (µg/g)	Tahıl/Pseudo-tahıl Unları			
	Buğday Unu	Tam Kavuzsuz Arpa Unu	İrmik Altı Unu	Karabuğday Unu
Li	0,02±0,01 ^c	0,16±0,01 ^b	0,02±0,01 ^c	0,29±0,02 ^a
B	0,28±0,04 ^d	0,81±0,03 ^c	0,92±0,05 ^b	1,44±0,13 ^a
Al	1,96±0,43 ^d	12,18±0,72 ^c	16,27±0,78 ^b	23,09±1,52 ^a
Mn	3,13±0,09 ^c	10,35±0,40 ^b	23,23±1,11 ^a	2,19±0,02 ^d
Rb	0,44±0,01 ^d	0,85±0,01 ^c	2,23±0,10 ^a	1,09±0,03 ^b
Sr	0,86±0,02 ^d	2,41±0,03 ^a	1,73±0,02 ^b	1,06±0,04 ^c
Mo	0,20±0,01 ^d	0,54±0,02 ^a	0,39±0,01 ^b	0,24±0,02 ^c
In	32,36±0,88 ^a	30,47±1,45 ^b	13,31±0,77 ^d	28,28±1,08 ^c
Sm	Belirlenemedi	3,56±0,11 ^b	Belirlenemedi	5,45±0,19 ^a

Ortalama±Standart sapma, (n=5); Aynı satır içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05).

Kızılıcık tarhanalarının üretiminde kullanılan hammadde unlarının ağır metal miktarları (µg/g) **Çizelge 4.9**'da gösterilmiştir. Buna göre, tahıl/pseudo-tahıl unları arasında irmik altı unun Cr (0,38 µg/g), Fe (36,0 µg/g), Ni (0,88 µg/g), Cu (2,0 µg/g), Zn (32,0 µg/g) ve Ti (Titanyum, 1,56 µg/g) ağır metallerini en yüksek miktarda içerdiği görülmüştür. Tüm örnekler içinde en yüksek Pb (0,094 µg/g) ve Sn (Kalay, 34,4 µg/g) ağır metalleri buğday ununda belirlenmiştir. Bununla birlikte en düşük miktarda bulunan ağır metaller olan Cr (0,33 µg/g), Fe (7,5 µg/g), Cu (0,5 µg/g), Zn (3,0 µg/g) ve Ti (0,11 µg/g) yine buğday ununda tespit edilmiştir.

İslam vd. (2015) Bangladeş'de yaygın olarak tüketilen gıdalardaki ağır metal miktarlarını incelemiş ve buğday ununun krom, nikel, bakır ve kurşun gibi ağır metal içeriklerini sırasıyla 3,5, 3,7, 10 ve 4,8 µg/g olarak bildirmiştir. İslam vd. (2015)'nin çalışmalarında bulunan değerler bu araştırmada çalışılan buğday unundaki değerlerden yüksektir. Ikeda vd. (2006) karabuğday ve buğday unlarının Fe içeriğini sırasıyla 28,6 ve 7,9 µg/g, Zn içeriğini sırasıyla 25,1 ve 8,0 µg/g ve Cu içeriğini sırasıyla 5,2 ve 1,6 µg/g olarak tespit etmiştir. Ikeda vd. (2006)'nin çalışmalarında bulunan değerler bu tez çalışmasında tespit edilen değerlerden yüksektir. Bilgiçli

(2009), buğday ve karabuğday unlarının Fe ağır metal içeriklerini sırasıyla 15,3 ve 27,2 µg/g ve Zn ağır metal içeriklerini sırasıyla 8,4 ve 20,9 µg/g olarak bulmuştur. Bilgiçli (2009)'un çalışmasında bulunan değerler bu araştırmada belirlenen değerlerden yüksektir. Ekholm vd. (2007), buğday, arpa ve karabuğday unlarının Fe içeriğini sırasıyla 13, 19 ve 19 µg/g; Cu içeriğini sırasıyla 2, 4 ve 4 µg/g; Zn içeriğini sırasıyla 11, 18 ve 17 µg/g; Ni içeriğini sırasıyla 0,06, 0,06 ve 1,56 µg/g; Pb içeriğini ise sırasıyla 0,09, 0,07 ve 0,10 µg/g olarak bulmuşlardır.

Çizelge 4.9. Kızılılık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının ağır metal miktarları (µg/g)

AĞIR METALLER (µg/g)	Tahıl/Pseudo-tahıl Unları			
	Buğday Unu	Tam Kavuzsuz Arpa Unu	İrmik Altı Unu	Karabuğday Unu
Cr	0,33±0,006 ^d	0,34±0,004 ^c	0,38±0,009 ^a	0,36±0,006 ^b
Fe	7,5±0,58 ^c	26,6±0,75 ^b	36,0±1,74 ^a	26,7±0,84 ^b
Ni	0,81±0,019 ^c	0,53±0,027 ^d	0,88±0,017 ^a	0,84±0,012 ^b
Cu	0,5±0,02 ^d	1,4±0,15 ^b	2,0±0,07 ^a	0,9±0,03 ^c
Zn	3,0±0,08 ^d	10,6±0,80 ^b	32,0±1,27 ^a	4,6±0,15 ^c
Sn	34,4±0,80 ^a	34,1±0,68 ^a	15,8±1,10 ^c	32,6±1,10 ^b
Pb	0,094±0,002 ^a	0,077±0,003 ^c	0,085±0,001 ^b	0,083±0,002 ^b
Ti	0,11±0,010 ^d	1,23±0,065 ^b	1,56±0,046 ^a	0,39±0,013 ^c

Ortalama±Standart sapma, (n=5); Aynı satır içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05).

Tahıl ve tahıl ürünleri, insanlar için elzem elementlerin temel diyet kaynakları arasındadır. Tahıl ürünlerinin çeşitli minerallerin ve besinsel olarak faydalı eser elementlerin tahmini olarak diyet alımına katkısı, Batı ülkelerindeki toplam alımın yaklaşık %20-30'u kadar olduğu bildirilmiştir, özellikle demir ve manganezin %40-50'sinin tahıl ürünlerinden sağlandığı belirtilmiştir (Cubadda vd., 2009). Süt ürünleri tahıl ürünlerinden daha yüksek miktarda kalsiyum içermesine rağmen, tahıl ürünlerinin süt ürünlerine göre çok daha fazla tüketilmesinden dolayı, Ca eksikliklerinin yüksek besinsel içerikli tahıllar ile giderilmesinin daha kolay ve önemli olduğu bildirilmiştir (Rybicka ve Gliszczynska-Świgło, 2017). **Çizelge 4.7'**de de görüldüğü gibi tahıl ve tahıl ürünlerinde buğday unu yerine özellikle tam kavuzsuz

arpa unu ve irmik altı unu kullanılması günlük makro mineral ihtiyacını yüksek oranda karşılayabilecektir.

İrmik altı unun yüksek mineral miktarının, kepek veya ruşeym içeriğinin yüksek miktarda olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Karademir, 2018). Fustier vd. (2007), irmik altı unun, durum buğdayının una öğütülmesi sırasında elde edilen fraksiyonlar arasında, yüksek kül içeriğine sahip bir fraksiyon olduğunu tespit etmişlerdir. Kemahlıoğlu ve Ünal (2001) irmik altı unların kül miktarının buğday ununa kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Jood ve Kalra (2001) Ca, Fe ve Zn minerallerinin kavuzsuz arpa çeşitlerinde kavuzlulara göre daha yüksek *in vitro* kullanılabilirliğini (availability) rapor etmiştir. Baidoo ve Liu (1998)'nin yaptığı çalışmada da 3 çeşit kavuzsuz arpa unu kullanılmış ve kalsiyum mineral içerikleri 0,4-1,1 mg/g arasında tespit edilmiştir. Buğday unu örneğinin kalsiyum minerali miktarı ise (0,1 mg/g) kavuzsuz arpa unlarından düşük bulunmuştur. Yaver ve Bilgiçli (2019) de kalsiyum, potasyum, magnezyum, manganez, demir ve çinko minerali içerikleri bakımından arpa ununun buğday ununa göre daha zengin olduğunu bildirmiştir.

Ekholm vd. (2007) potasyum, kalsiyum ve magnezyum makro mineral miktarlarını buğday unu için sırasıyla 2,0, 0,2 ve 0,4 mg/g, arpa unu için sırasıyla 3,4, 0,2 ve 0,8 mg/g ve karabuğday unu için sırasıyla 3,6, 0,1 ve 1,6 mg/g olarak bulmuşlardır. Ayrıca buğday, karabuğday ve arpa unları arasında en yüksek ve en düşük manganez mikro/iz mineral içerikleri sırasıyla karabuğday ve buğday unlarında tespit etmişlerdir. Bilgiçli (2009) buğday unu ve karabuğday ununun kalsiyum miktarlarını sırasıyla 0,28 ve 0,19 mg/g, magnezyum miktarını sırasıyla 0,46 ve 2,35 mg/g ve potasyum içeriğini sırasıyla 1,32 ve 3,99 mg/g olarak bildirmiştir. Ayrıca, karabuğday unu ilavesi arttıkça, tarhananın potasyum ve magnezyum içerikleri önemli düzeyde artmıştır ($P<0.05$). Bir tahılın mineral içeriğinin genotiplere göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Genotipler arasında mineral içeriğindeki değişiklik, genetik ve çevresel faktörlerden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Sokrab vd., 2014).

Yapılan birçok çalışmaya göre, mısır veya pirinç unu gibi glutensiz hammaddeler ile üretilen glutensiz ürünler besinsel özellikler açısından yetersiz kalmaktadır. Amarant, kinoa, karabuğday ve teff gibi daha az popüler glutensiz ürünler (pseudo-tahıllar) bu besin eksikliklerini tamamlamada aktif rol alabilirler. Glutensiz beslenmede en sık görülen mineral madde eksiklikleri kalsiyum, bakır,

demir, magnezyum ve çinkodur (Rybicka ve Gliszczynska-Świgło, 2017). Rybicka ve Gliszczynska-Świgło (2017) yaptıkları bir çalışmada, karabuğday ununun kalsiyum (0,11 mg/g) ve potasyum (1,56 mg/g) miktarları bu tez çalışmasında bulunan sonuçlar ile benzerlik göstermiştir. Ikeda vd. (2006) karabuğday ununun, buğday, pirinç ve mısır unlarına kıyasla yüksek düzeyde bakır, manganez, magnezyum, potasyum ve fosfor seviyelerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Steadman vd. (2001) karabuğday ununda Mn, B, Al ve Mo minerallerini sırasıyla; 11,2, 5,7, 7,8 ve 0,6 µg/g olarak bildirmiştir.

4.8 Kızılçık Tarhanalarının Mineral Madde İçerikleri

Fermantasyonsuz ve fermantasyonlu üretilen kızılçık tarhanalarının ve ticari tarhanaların makro mineral madde miktarları (mg/g) **Çizelge 4.10**'da gösterilmiştir. Buna göre, FİAT örneğinin en yüksek magnezyum, potasyum, kükürt ve kalsiyum minerallerini ve NAT örneğinin ise en yüksek sodyum içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Tüm tarhanalar arasında ise ticari geleneksel tarhanada (TGT) en yüksek kükürt ve kalsiyum içeriği saptanmıştır. TGT örneğinde yüksek kalsiyum içeriği yoğurt içermesine ile ilgili olduğu ifade edilmiştir (Bilgiçli vd., 2006). Bu araştırmada fermantasyonsuz üretilen kontrol kızılçık tarhanası (NKT) ile ticari kızılçık tarhanası (TKT) karşılaştırıldığında, makro mineral madde miktarları arasında önemli farklar tespit edilmiştir. Buna göre, sodyum, potasyum ve kalsiyum makro minerallerini NKT örneği daha yüksek miktarda içerirken; magnezyum ve kükürt minerallerini ticari kızılçık tarhanası daha yüksek miktarda içermektedir ($P<0,05$).

Buğday unu ile üretilen kontrol kızılçık tarhanasının sodyum (17,3'den 18,3 mg/g'a) ve potasyum (2,60'dan 2,87 mg/g'a) makro mineral madde miktarları kuru madde üzerinden artarken; kükürt (1,30'dan 1,26 mg/g'a) makro minerali ise azalmıştır ($P<0,05$). Kontrol kızılçık tarhanasının magnezyum ve kalsiyum içeriklerinde ise fermantasyondan sonra önemli bir değişim gözlenmemiştir ($P>0,05$). Karabuğday unu ile fermantasyonlu üretilen kızılçık tarhanasının tüm makro mineral içeriklerinin kuru madde üzerinden arttığı gözlenmiştir ($P<0,05$). İrmik altı unu kullanılarak üretilen kızılçık tarhanasının da fermantasyon işleminden sonra tüm makro mineral içeriklerinde kuru madde üzerinden artış gözlenmiş, ancak sodyum ve magnezyum makro minerallerindeki artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Tam kavuzsuz arpa unu ile üretilen kızılıcık tarhanasının sodyum (21,4'den 19,0 mg/g'a), magnezyum (0,55'den 0,48 mg/g'a) ve kükürt (1,33'den 1,26 mg/g'a) makro minerallerinin fermantasyon işleminden sonra kuru madde üzerinden azaldığı, kalsiyum (0,27'den 0,28 mg/g'a) makro minerallinin ise arttığı gözlenmiştir ($P<0,05$). Tam kavuzsuz arpa unu ile fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanasında potasyum miktarı kuru madde üzerinden artmasına rağmen artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; **Çizelge 4.10**).

Çizelge 4.10. Fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların makro mineral madde miktarları

Tarhana Örnekleri	Na (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)	S (mg/g)	Ca (mg/g)
NKT	17,3±0,41 ^e	0,17±0,002 ^f	2,60±0,180 ^e	1,30±0,028 ^c	0,21±0,004 ^e
NAT	21,4±0,64 ^a	0,55±0,022 ^a	4,18±0,111 ^b	1,33±0,036 ^c	0,27±0,003 ^c
NİAT	19,5±0,82 ^{bc}	0,56±0,021 ^a	4,17±0,121 ^b	1,26±0,036 ^d	0,26±0,010 ^c
NKBT	15,4±0,63 ^f	0,36±0,019 ^d	2,46±0,106 ^f	0,89±0,012 ^g	0,23±0,005 ^d
FKT	18,3±0,34 ^d	0,18±0,008 ^f	2,87±0,081 ^d	1,21±0,028 ^e	0,22±0,005 ^e
FAT	19,0±0,74 ^{cd}	0,48±0,019 ^b	4,21±0,036 ^b	1,26±0,055 ^d	0,28±0,006 ^b
FİAT	20,2±0,86 ^b	0,57±0,024 ^a	4,79±0,146 ^a	1,45±0,052 ^b	0,31±0,012 ^a
FKBT	18,3±0,62 ^d	0,43±0,027 ^c	3,21±0,103 ^c	0,95±0,024 ^f	0,26±0,013 ^c
TKT*	8,3±0,59 ^h	0,25±0,016 ^e	2,07±0,074 ^g	1,43±0,047 ^b	0,18±0,005 ^f
TGT**	11,4±0,66 ^g	0,26±0,011 ^e	1,68±0,096 ^h	1,79±0,032 ^a	0,32±0,005 ^a

*Ortalama±Standart sapma, (n=5); Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$). *Ticari Kızılıcık Tarhanası, (n=5), **Ticari Geleneksel Tarhana, (n=5).*

Potasyum, magnezyum, kalsiyum ve çinko maya hücrelerinde temel yapısal ve fonksiyonel rol oynayan ve özellikle fermantasyon işlemlerinde önemli olan katyonik mineral maddelerdir. Magnezyum, tüm canlı hücrelerde en bol, hücre içi, iki değerlikli katyondur ve maya gelişmesi için gerekli bir mineraldir. Kalsiyum, maya hücresi duvarlarına bağlanır ve fermentasyonda meydana gelen flokülasyonda önemli bir rol oynar. Kalsiyum ayrıca, magnezyum alımını olumsuz etkiler ve magnezyum ihtiyacı olan metabolik süreçleri bloke edebilir. Maya hücreleri ve fermantasyon ortamı genelde oldukça yüksek seviyelerde sodyum içermesi sebebiyle bu mineralin maya için gerekli olmadığı bildirilmiştir (Walker, 2004).

Fermantasyonsuz ve fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların mikro/iz mineral madde miktarları ($\mu\text{g/g}$) **Çizelge 4.11**'de gösterilmiştir. Buna göre, fermantasyon işleminin mikro/iz mineral madde miktarlarındaki etkileri farklı olmuştur. Suliburska vd. (2009) fermantasyonun mineral salınımı üzerindeki etkilerinin, kullanılan tahılın türüne, genotipine ve gövde oranına göre değiştiğini bildirmiştir. Buğday unu ile üretilen kontrol kızılıcık tarhanasının (NKT) fermantasyonlu üretimi sonucu bor (0,67'den 0,77 $\mu\text{g/g'a}$) ve rubidyum (0,73'den 0,83 $\mu\text{g/g'a}$) mineral içeriklerinin kuru madde üzerinden arttığı, samaryum minerali içeriğinin (1,48'den 0,68 $\mu\text{g/g'a}$) ise azaldığı görülmektedir ($P<0,05$). Diğer mikro/iz mineral miktarlarında ise istatistiksel olarak fermantasyon işlemi sonucu önemli bir fark meydana gelmemiştir ($P>0,05$). Ayrıca, buğday unuyla üretilen kontrol kızılıcık tarhanalarında (NKT ve FKT) lityum minerali tespit edilememiştir. Tam kavuzsuz arpa unu ile üretilen kızılıcık tarhanasının (NAT) samaryum dışındaki diğer mikro/iz minerali miktarları fermantasyon işlemi ile (FAT) azalmış; ancak lityum ve rubidyum mineral miktarlarındaki azalmanın istatistiksel olarak önemsiz düzeyde olduğu görülmüştür ($P>0,05$).

İrmik altı unu kullanılarak üretilen kızılıcık tarhanasının fermantasyonlu üretimi ile (FİAT) lityum (0,15'den 0,11 $\mu\text{g/g'a}$) ve bor (0,57'den 0,50 $\mu\text{g/g'a}$) mikro/iz mineral madde miktarları azalırken; alüminyum (12,0'dan 12,8 $\mu\text{g/g'a}$), manganez (14,2'den 14,8 $\mu\text{g/g'a}$), rubidyum (1,64'den 2,19 $\mu\text{g/g'a}$), stronsiyum (3,9'dan 4,0 $\mu\text{g/g'a}$) ve samaryum (0,69'dan 2,13 $\mu\text{g/g'a}$) mineral madde miktarları önemli düzeyde artmıştır ($P<0,05$). İrmik altı unu kullanarak fermantasyonsuz ve fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanalarının molibden ve indiyum mikro/iz mineral madde miktarlarının önemli düzeyde değişmediği görülmüştür ($P>0,05$; **Çizelge 4.11**).

Bir pseudo-tahıl olan karabuğday unu kullanılarak üretilen kızılıcık tarhanasının mikro/iz mineral maddelerinden lityum (0,21'den 0,23 $\mu\text{g/g'a}$), bor (0,71'den 0,77 $\mu\text{g/g'a}$), manganez (1,9'dan 2,0 $\mu\text{g/g'a}$), rubidyum (1,22'den 1,30 $\mu\text{g/g'a}$), stronsiyum (3,1'den 3,3 $\mu\text{g/g'a}$) ve molibden (0,18'den 0,21 $\mu\text{g/g'a}$) miktarlarında fermantasyon işlemi ile artış meydana gelmiştir. Ancak Li, Al, Mn, Rb ve In içeriklerinde fermantasyon ile görülen değişimler istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0,05$).

Çizelge 4.11. Fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların mikro/iz mineral madde miktarları

Tarhana Örnekleri	Li (µg/g)	B (µg/g)	Al (µg/g)	Mn (µg/g)	Rb (µg/g)	Sr (µg/g)	Mo (µg/g)	In (µg/g)	Sm (µg/g)
NKT	Belirlenemedi	0,67±0,032 ^e	4,1±0,33 ^g	2,6±0,02 ^f	0,73±0,014 ^f	3,3±0,11 ^{ef}	0,18±0,007 ^f	52,5±2,42 ^{ab}	1,48±0,134 ^d
NAT	0,24±0,027 ^b	0,87±0,037 ^b	11,5±0,62 ^c	7,5±0,07 ^c	1,06±0,044 ^d	4,5±0,23 ^a	0,37±0,018 ^a	41,2±1,71 ^d	0,66±0,091 ^e
NİAT	0,15±0,025 ^d	0,57±0,030 ^f	12,0±1,07 ^c	14,2±0,38 ^b	1,64±0,138 ^b	3,9±0,21 ^d	0,23±0,007 ^c	51,4±5,21 ^{ab}	0,69±0,081 ^e
NKBT	0,21±0,026 ^c	0,71±0,034 ^d	21,0±1,21 ^a	1,9±0,09 ^g	1,22±0,079 ^c	3,1±0,08 ^g	0,18±0,012 ^f	52,7±2,24 ^{ab}	4,15±0,257 ^a
FKT	Belirlenemedi	0,77±0,027 ^c	4,1±0,10 ^g	2,5±0,01 ^f	0,83±0,019 ^e	3,2±0,07 ^{fg}	0,17±0,010 ^f	53,7±3,03 ^a	0,68±0,083 ^e
FAT	0,22±0,028 ^{bc}	0,71±0,053 ^d	8,5±0,58 ^d	6,6±0,06 ^d	1,05±0,038 ^d	4,4±0,10 ^b	0,34±0,013 ^b	36,3±2,25 ^e	2,12±0,073 ^c
FİAT	0,11±0,015 ^e	0,50±0,029 ^g	12,8±0,81 ^b	14,8±0,52 ^a	2,19±0,146 ^a	4,0±0,11 ^c	0,22±0,006 ^{cd}	52,3±2,67 ^{ab}	2,13±0,120 ^c
FKBT	0,23±0,018 ^{bc}	0,77±0,045 ^c	20,5±0,88 ^a	2,0±0,10 ^g	1,30±0,134 ^c	3,3±0,14 ^{ef}	0,21±0,009 ^d	50,1 ±3,02 ^b	Belirlenemedi
TKT*	0,59±0,038 ^a	1,13±0,069 ^a	5,1±0,40 ^f	4,3±0,08 ^e	1,07±0,042 ^d	3,4±0,06 ^e	0,21±0,008 ^d	43,2±2,04 ^{cd}	2,60±0,176 ^b
TGT**	0,14±0,013 ^d	0,84±0,053 ^b	6,2±0,23 ^e	4,4±0,04 ^e	1,05±0,045 ^d	3,1±0,03 ^g	0,19±0,008 ^e	45,4±1,05 ^c	0,62±0,013 ^e

Ortalama±Standart sapma, (n=10); Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05).

*Ticari Kızılıcık Tarhanası, (n=5), **Ticari Geleneksel Tarhana, (n=5).

Ayrıca, fermantasyonsuz üretilen karabuğday unlu tarhananın (NKBT) samaryum (Sm) minerali içeriği 4,15 µg/g iken, fermantasyonlu üretim ile tarhanada samaryum mikro/iz minerali tespit edilememiştir. Ticari kızılcık (TKT) ve ticari geleneksel tarhananın (TGT) manganez (sırasıyla 4,3 ve 4,4 µg/g), rubidyum (sırasıyla 1,07 ve 1,05 µg/g) ve indiyum (sırasıyla 43,2 ve 45,4 µg/g) mikro/iz mineral madde içerikleri benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Ticari kızılcık tarhanası, Li, B, Sr, Mo ve Sm mikro/iz minerallerini (sırasıyla 0,59, 1,13, 3,4, 0,21 ve 2,60 µg/g), ticari geleneksel tarhanadan (sırasıyla 0,14, 0,84, 3,1, 0,19 ve 0,62 µg/g) daha yüksek miktarda içerdiği gözlenmiştir ($P<0,05$; **Çizelge 4.11**). Ticari geleneksel tarhana örneğinin ise alüminyum minerali içeriği (6,2 µg/g), ticari kızılcık tarhanasından (5,1 µg/g) daha yüksektir ($P<0,05$).

Kontrol kızılcık tarhanası (NKT) ve ticari kızılcık tarhanasının (TKT) mikro/iz mineral madde içerikleri incelendiğinde, yalnızca stronsiyum minerali miktarlarının benzer (sırasıyla 3,3 ve 3,4 µg/g) olduğu görülmüştür ($P>0,05$). B, Al, Mn, Rb, Mo ve Sm mikro/iz minerallerini ticari kızılcık tarhanası daha yüksek miktarda içerirken; In mineralini kontrol kızılcık tarhanasının daha fazla içerdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, kontrol kızılcık tarhanası lityum mikro/iz mineralini içermezken; ticari kızılcık tarhanasının lityum mineral içeriği 0,59 µg/g olarak tespit edilmiştir (**Çizelge 4.11**).

Fermantasyonsuz ve fermantasyonlu üretilen kızılcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların ağır metal içerikleri (µg/g) **Çizelge 4.12**'de gösterilmiştir. Buna göre, buğday unu kullanılarak üretilen kontrol kızılcık tarhanasında fermantasyon işlemi ile demir (45,5'den 35,1 µg/g'a), çinko (5,8'den 3,1 µg/g'a) ağır metalleri azalırken, nikel (0,41'den 0,62 µg/g'a), bakır (0,44'den 0,50 µg/g'a), kalay (66,6'den 68,1 µg/g'a) ve titanyum (0,18'den 0,46 µg/g'a) ağır metallerinin miktarı artmıştır. Ancak krom, bakır, kalay ve kurşun ağır metallerindeki fermantasyon ile gözlenen değişim önemsiz düzeydedir ($P>0,05$). Alemu (2009) yaptığı tez çalışmasında, bu çalışmaya benzer olarak fermantasyon işlemi ile sorgum tahılının demir ve çinko içeriğinin azaldığını bildirmiştir.

Tam kavuzsuz arpa unu ile üretilen kızılcık tarhanasının krom (0,42'den 0,32 µg/g'a), demir (59,5'den 25,0 µg/g'a), nikel (0,51'den 0,37 µg/g'a) ve kalay (49,4'den 40,4 µg/g'a) ağır metal içerikleri fermantasyon işlemi ile azalmış, kurşun metali ise fermantasyon işlemi sonucu kuru madde üzerinden artmıştır ($P<0,05$). Bakır (1,22'den 1,21 µg/g'a), çinko (8,1'den 7,7 µg/g'a) ve titanyum (1,10'dan 1,14 µg/g'a) ağır metallerindeki değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Çizelge 4.12. Fermantasyonsuz (N-) ve fermantasyonlu (F-) üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların bazı ağır metal içerikleri.

Tarhana Örnekleri	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Sn (µg/g)	Pb (µg/g)	Ti (µg/g)
NKT	0,37±0,008 ^d	45,5±2,28 ^c	0,41±0,014 ^f	0,44±0,020 ^f	5,8±0,23 ^d	66,6±3,16 ^{ab}	0,078±0,014 ^{abc}	0,18±0,012 ^h
NAT	0,42±0,006 ^a	59,5±2,74 ^b	0,51±0,015 ^d	1,22±0,156 ^b	8,1±0,20 ^c	49,4±2,22 ^e	0,068±0,006 ^c	1,10±0,081 ^b
NIAT	0,37±0,009 ^d	105,0±7,85 ^a	0,54±0,016 ^{cd}	1,21±0,059 ^b	16,3±1,29 ^a	54,9±3,11 ^d	0,079±0,008 ^{ab}	0,87±0,032 ^c
NKBT	0,39±0,007 ^c	31,0±2,35 ^e	0,94±0,049 ^a	0,65±0,025 ^c	3,2±0,15 ^f	60,5±2,34 ^c	0,077±0,008 ^{abc}	0,52±0,014 ^e
FKT	0,37±0,008 ^d	35,1±1,90 ^d	0,62±0,025 ^b	0,50±0,019 ^{ef}	3,1±0,16 ^f	68,1±2,33 ^a	0,078±0,005 ^{abc}	0,46±0,017 ^f
FAT	0,32±0,006 ^f	25,0±1,39 ^f	0,37±0,021 ^g	1,21±0,142 ^b	7,7±0,19 ^c	40,4±1,04 ^f	0,085±0,004 ^a	1,14±0,066 ^b
FIAT	0,40±0,009 ^b	43,8±3,30 ^c	0,62±0,024 ^b	1,32±0,037 ^a	14,7±0,49 ^b	65,1±3,26 ^b	0,082±0,014 ^a	1,21±0,077 ^a
FKBT	0,41±0,007 ^a	24,8±1,57 ^f	0,55±0,040 ^c	0,67±0,028 ^c	3,2±0,16 ^f	54,4±2,44 ^d	0,080±0,013 ^{ab}	0,58±0,022 ^d
TKT*	0,36±0,007 ^e	10,6±0,64 ^g	0,44±0,011 ^e	0,61±0,018 ^{cd}	4,2±0,11 ^e	48,5±1,81 ^e	0,070±0,000 ^{bc}	0,29±0,007 ^g
TGT**	0,32±0,005 ^f	11,2±0,30 ^g	0,45±0,036 ^e	0,57±0,011 ^{de}	6,0±0,10 ^d	56,5±1,20 ^d	0,080±0,000 ^{abc}	0,87±0,031 ^c

Ortalama±Standart sapma, (n=10); Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05).

* Ticari Kızılıcık Tarhanası, (n=5), **Ticari Geleneksel Tarhana, (n=5).

İrmik altı unu ile üretilen kızılıcık tarhanalarının fermantasyonu sonucu demir (105,0'dan 43,8 µg/g'a) ve çinko (16,3'dan 14,7 µg/g'a) miktarlarında azalma görülürken, krom (0,37'den 0,40 µg/g'a), nikel (0,54'den 0,62 µg/g'a), bakır (1,21'den 1,32 µg/g'a), kalay (54,9'dan 65,1 µg/g'a) ve titanyum (0,87'den 1,21 µg/g'a) ağır metallerinde artış gözlenmiştir ($P<0,05$). Yine aynı örneklerde (NİAT ve FİAT) kurşun miktarında istatistiksel olarak önemli bir değişim meydana gelmemiştir ($P>0,05$).

Cheli vd. (2010) durum buğdayının farklı endüstriyel öğütme yöntemleri (geleneksel öğütme ve kepeği soyulduktan sonra yapılan öğütme) ile ortaya çıkan öğütme fraksiyonlarında deoksivalenol (DON), kurşun ve kadmiyum ağır metallerini incelemiş ve durum irmiğinde önemli seviyede bir bulaşan tespit etmezlerken, kepeğin soyulduktan sonra yapılan öğütme ile açığa çıkan fraksiyonlarda (ince kepek ve irmik altı un gibi) bu ağır metallerin artış gösterdiğini belirtmişler, geleneksel öğütmeye dikkat çekmişlerdir. Bu ağır metallerin daha çok perikarp ve tohum kabuğunda yoğunlaştığını ifade etmişlerdir. Kadmiyum ve kurşun toksik elementler olup, akciğe, karaciğer, kemik ve böbreklerde birikerek organ hasarlarına sebep olmaktadır (Cheli vd., 2010).

Son olarak karabuğday unu kullanılarak fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanasının demir (31,0'dan 24,8 µg/g'a), nikel (0,94'den 0,55 µg/g'a) ve kalay (60,5'den 54,4 µg/g'a) ağır metal miktarları azalırken, krom (0,39'dan 0,41 µg/g'a) ve titanyum (0,52'den 0,58 µg/g'a) ağır metallerinin miktarı önemli düzeyde artış göstermiştir ($P<0,05$). Çinko, kurşun ve bakır ağır metallerinin karabuğday unu ile üretilen kızılıcık tarhanalarındaki miktarları benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Bilgiçli (2009) karabuğday unlu tarhananın potasyum, magnezyum, demir ve çinko minerallerini buğday unu ile üretilen tarhanadan daha yüksek bulmuştur.

Bu araştırmada üretilen buğday unlu kontrol kızılıcık tarhanası (NKT) ve ticari kızılıcık tarhanası (TKT) karşılaştırıldığında yalnızca kurşun ağır metal içerikleri (sırasıyla 0,078 ve 0,070 µg/g) benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Kontrol kızılıcık tarhanası Cr, Fe, Zn ve Sn metallerini daha yüksek miktarda içerirken; ticari kızılıcık tarhanası de Ni, Cu ve Ti metallerini daha yüksek miktarda içermiştir ($P<0,05$). Bu farklılığın sebebi kullanılan buğday ununun elde edildiği buğdayların yetiştirme yerlerindeki çevresel faktörlerin önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Ayrıca, TGT tarhanasının çinko, kalay ve titanyum içeriği TKT tarhanasından daha yüksek iken, krom miktarı daha düşük bulunmuştur ($P<0,05$).

Ertay (2018) fırıncılık endüstrisinde kullanılan mayanın farklı tahıl ve baklagil unları ile üretilen geleneksel tarhanaların kalitesine etkilerini incelediğı çalışmasında, kalsiyum, demir, potasyum, magnezyum, fosfor ve çinko minerali içeriklerini arpa unu ile üretilen tarhanada buğday unu ile üretilen kontrol tarhanasına göre daha yüksek bulmuştur. Mineral madde miktarlarının fermentasyon sonucu örnekler arasında farklı değişimler göstermesinin sebebi, içerdikleri mikrobiyel yüklerle ilgili olabileceğı bildirilmiştir. Eğer bir örnek diğer örneğe göre daha yüksek mikrobiyal yüke sahipse, bu mikroorganizmaların fermentasyon sırasında daha fazla mineral madde kullandığı ifade edilmiştir (Onwurafor vd., 2014). Laktik asit bakterileri ve mayalar, fermentasyon sırasında fitatı miyo-inositol ve fosfata hidrolize eden fitaz enzimini salgılayabilirler. Laktik asit fermentasyonunun bitki temelli gıdalardaki fitat içeriğini azalttığı bildirilmiş ve en yoğun olarak tam buğday ekmeğinde daha detaylı incelenmiştir (Rekha ve Vijayalakshmi, 2010).

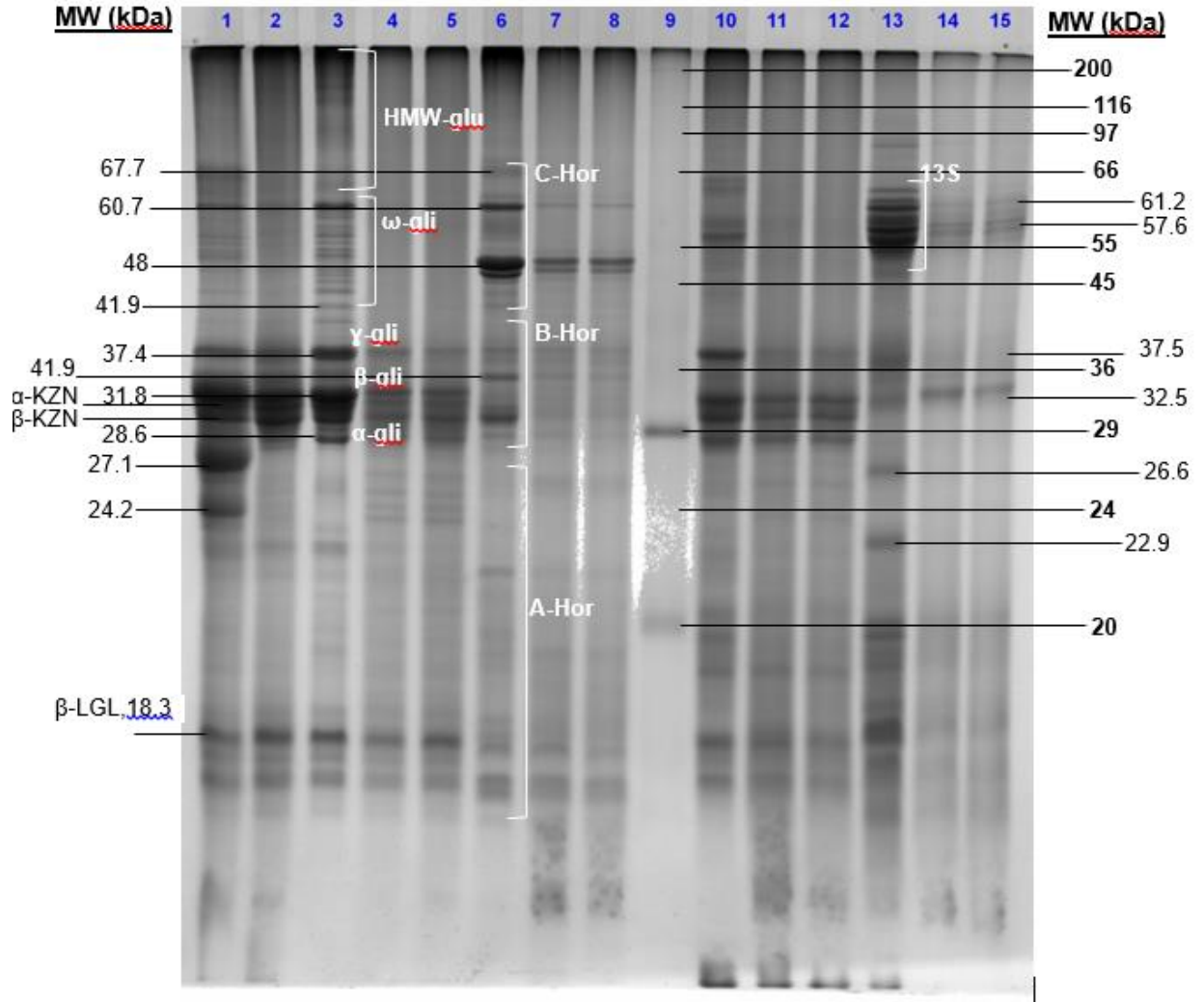
Mohite vd. (2013) fermentasyonla fitik asit gibi antinutrisyonel faktörlerin uzaklaştırılması sonucu ürünlerin mineral biyoyararlanımının ve böylece besin değerinin artırılabilceğini ifade etmişlerdir. Bilgiçli vd. (2006) tarhana örneklerinde fermentasyon uygulanması sonucu kalsiyum içeriğinin 1,46'den 1,55 mg/g'a, magnezyum içeriğinin 1,56'dan 1,64 mg/g'a ve potasyum içeriğinin 0,65'den 0,73 mg/g'a arttığını bildirmiştir. Fermentasyon sırasında bazı minerallerdeki artışın, ortam asitliğinin artması sonucu sırasıyla fitat ve polifenollerin hidrolize eden fitaz ve tanaz enzimlerinin, besinsel özellikleri azaltan bu bileşiklerin parçalanması ile açığa çıkması şeklinde ifade edilmiştir. Minerallerin serbest kalma mekanizması, fosfat gruplarının inositol halkasından çıkarılması ile fitatın mineral bağlama gücünün azalması ve böylece beslenme için gerekli minerallerin biyoyararlanımının artması şeklinde açıklanmıştır (Sokrab vd., 2014). Ayrıca, bazı probiyotiklerin vücutta, çözünemeyen iyonik bileşiklerden minerallerin salınmasını destekleyebilen ve böylece mineral emilimini artırabilen biyoaktif peptitler üretebildiğı bir çalışmada gösterilmiştir (Parvaneh vd., 2014).

Çimer (2018) geleneksel Uşak tarhanasına 72 saat fermentasyon uygulanması sonucunda, magnezyum (1,1'den 1,3 mg/g'a), sodyum (1,8'den 4,0 mg/g'a), potasyum (0,9'dan 1,0 mg/g'a) ve mangan (24,4'den 28,5 µg/g'a) mineral içeriklerinin arttığını ve kalsiyum (1,8'den 1,6 mg/g'a) makro mineralinin azaldığını tespit etmiştir. AbdelRahaman vd. (2005) inci darısı (pearl millet) ununun 14 saatlik fermentasyonu sonucunda sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum makro minerallerinin arttığını rapor etmişlerdir.

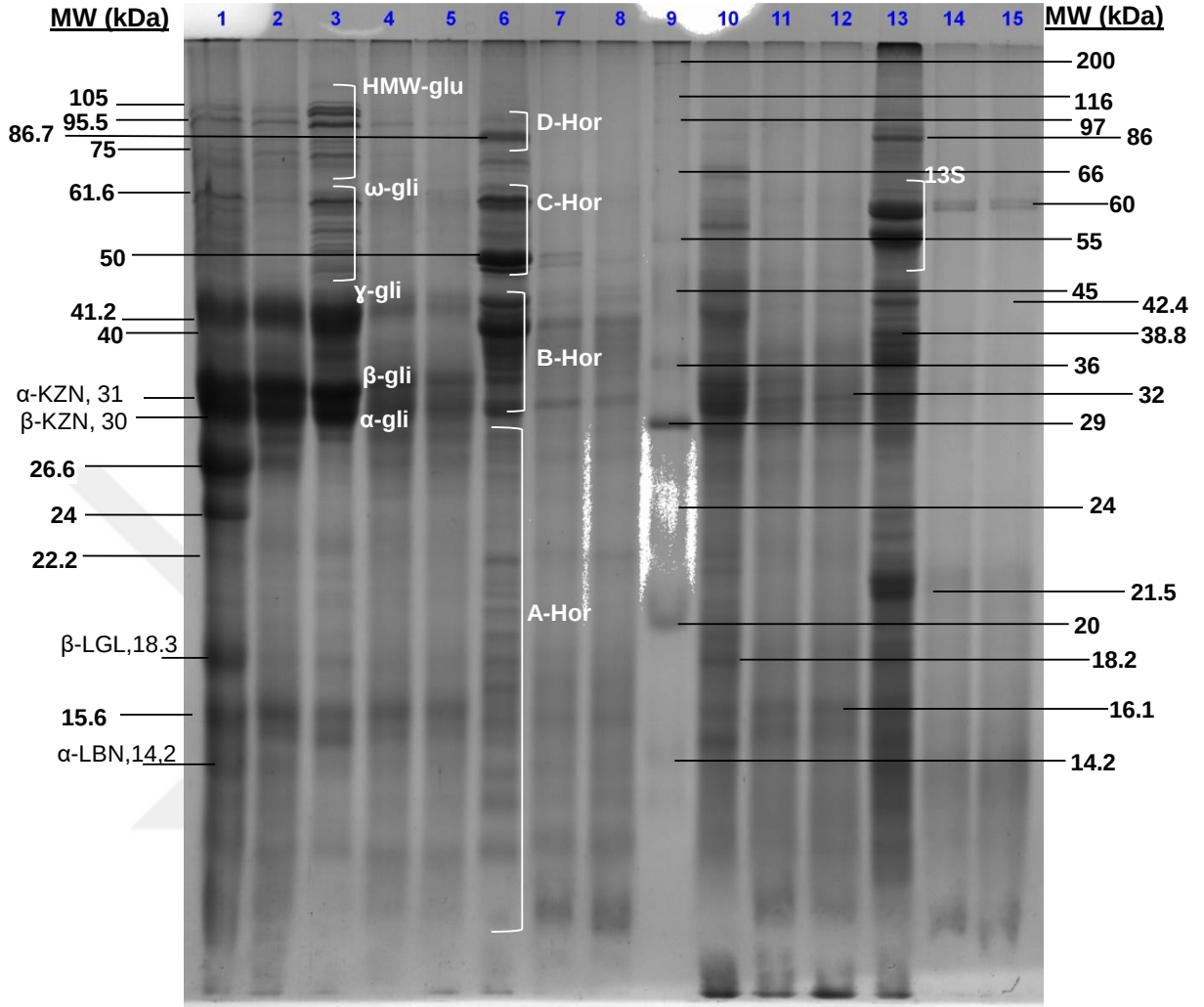
4.9 Kızılıcık Tarhanası Proteinlerinin Jel Elektroforezde Görüntülenmesi

Araştırmada, hammadde unları, kızılıcık tarhanaları ve ticari tarhana örneklerinin SDS-PAGE’te incelenmesi, örneklerin, β -merkaptotanol indirgeyici ajanı ile muamele edilmeden (**Şekil 4.1**) veya indirgeyici ajan kullanılarak (**Şekil 4.2**) yapılmıştır. β -merkaptotanol protein molekülündeki disülfid bağlarını kırarak molekülün alt-ünitelere ayrılmasını ve SDS-PAGE’te bant ayrımlarının daha net gözlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada, ilk kez kızılıcık tarhanaları ve ticari tarhanaların protein profilleri SDS-PAGE’te incelendiği için araştırma β -merkaptotanol kullanılmadan ve kullanılarak yapılmış, kızılıcık tarhanası proteinleri üzerine fermentasyonun etkisi daha net incelenmiştir. Bu şekilde protein bantlarının net ayrımının yapılması ile fermentasyon etkisinin daha iyi gözleneceği düşünülmüştür. Araştırmada kullanılan hammadde unları ve kızılıcık tarhanalarının jel profillerinin teyit edilmesi ve karşılaştırılması için ayrıca geleneksel yoğurt katılarak yapılan tarhana örneği de SDS-PAGE’te incelenmiştir (Kulvar 1, **Şekil 4.1 ve Şekil 4.2**). Buna göre, geleneksel tarhana örneğinde sütün başlıca proteinleri olan α -kazein (α -KZN) ve β -kazein (β -KZN) ile sütün whey proteinleri olan α -laktalbumin (α -LBN) ve β -laktoglobulin (β -LGL) proteinleri ile buğday unundan gelen 62-105 kDa arasındaki yüksek molekül ağırlıklı gluteninler (HMW-Glu) ve α -, β -, γ - ve ω -gliadinler (28-62 kDa) her iki jelde de gösterilmiştir (MacRitchie vd., 1991; Wieser, 2007).

Ayrıca, ticari olarak satın alınan ve yine buğday unu kullanılarak fermentasyonsuz üretilen ticari kızılıcık tarhanasının ve araştırmada kullanılan buğday ununun SDS-PAGE profilleri her iki jelde sırasıyla Kulvar 2 ve Kulvar 3’de gösterilmiştir (**Şekil 4.1 ve Şekil 4.2**). Buna göre, buğday unundan gelen α -, β -, γ -gliadinler açık bir şekilde her iki jelde de görüntülenirken ω -gliadinler ve HMW-Glu proteinleri β -merkaptotanolün etkisi ile alt-ünitelere daha net olarak ayrılmıştır (**Şekil 4.2**, Kulvar 3). Buğday unundan fermentasyon ve fermentasyonsuz üretilen kızılıcık tarhanalarının SDS-PAGE profilleri benzer bulunmuştur (Kulvar 4 ve 5, **Şekil 4.1 ve Şekil 4.2**). Her iki kızılıcık tarhanasının α -, β - ve γ -gliadin proteinlerinin bant yoğunlukları buğday ununa (Kulvar 3) göre daha az gözlenmiş ve buğday unundan gelen HMW-Glu protein bantları kaybolmuştur. Bunun muhtemelen ürünün asitliği ve fermentasyon sırasındaki maya proteazlarının hidrolizi ile daha küçük peptitlere parçalandığı düşünülmektedir (Horszwald vd., 2009).



Şekil 4.1. Ticari geleneksel tarhana, ticari kızılıcık tarhanası, hammadde unları ve farklı unlar ile üretilen kızılıcık tarhanalarının protein profillerinin β -merkaptioetanol indirgeyici ajan kullanmadan sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezde (SDS-PAGE) incelenmesi. 1: Ticari geleneksel tarhana, 2: Ticari kızılıcık tarhanası, 3: Buğday unu, 4: NKT, 5: FKT, 6: Kavuzsuz arpa unu, 7: NAT, 8: FAT, 9: Wide-range protein markörleri, 10: İrmik altı un, 11: NİAT, 12: FİAT, 13: Karabuğday unu, 14: NKBT, 15: FKBT.



Şekil 4.2. Ticari geleneksel tarhana, ticari kızılıklık tarhanası, hammadde unları ve farklı unlar ile üretilen kızılıklık tarhanalarının protein profillerinin β-merkaptoetanol (%5) indirgeyici ajan kullanılarak sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezde (SDS-PAGE) incelenmesi. 1: Ticari geleneksel tarhana, 2: Ticari kızılıklık tarhanası, 3: Buğday unu, 4: NKT, 5: FKT, 6: Kavuzsuz arpa unu, 7: NAT, 8: FAT, 9: Wide-range protein markörleri, 10: İrmik altı un, 11: NİAT, 12: FİAT, 13: Karabuğday unu, 14: NKBT, 15: FKBT.

Tam kavuzsuz arpa ununun proteinlerinin alt-ünitelerine ayrımı β -merkaptoetanol kullanımı ile daha çok belirginleşmiştir (Kulvar 6, **Şekil 4.1 ve Şekil 4.2**). Özellikle, 30-42 kDa (B-hordeinler), 66 kDa ve 86,7 kDa (D-hordeinler) molekül ağırlığına sahip proteinler **Şekil 4.2**'de daha net olarak görülmektedir (Shewry vd., 1994; Yalçın, 2010). Fermantasyonsuz üretilen tarhana örneğinde (Kulvar 7) D-hordeinler ürünün asit hidrolizi sonucu kaybolurken, C-hordeinlerin bir kısmının ve B-hordeinlerin bant yoğunluklarının önemli derecede azaldığı söylenebilir. Tam kavuzsuz arpa unu ile fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanasında (Kulvar 8) ise fermantasyon sırasındaki proteolitik aktivite sonucunda D-hordeinler ve C-hordeinlerin (42-60 kDa) tamamen hidroliz olduğu ve B-hordeinlerin ise bant yoğunluğunun önemli düzeyde azaldığı görülmüştür. Her iki örneğin **Şekil 4.1**'deki profili incelendiğinde, 48 kDa molekül ağırlığında proteinin dimer yapısına sahip olduğu daha net gösterilmiştir.

İrmik altı un, durum buğdayından irmik üretimi sırasında açığa çıkan bir yan üründür. **Şekil 4.1 ve Şekil 4.2** incelendiğinde, irmik altı unda (Kulvar 10) buğdayın α -, β -, γ - ve ω -gliadinleri çok net olarak gözlenmiştir. İrmik altı un kullanılarak her iki yöntem ile üretilen kızılıcık tarhanalarında (Kulvar 11 ve 12), iki ürünün de protein bant desenleri her iki **Şekil**'de de benzerdir. Bununla birlikte, γ - ve ω -gliadinler ile HMW-Glu proteinlerinin asidik ortamın da etkisiyle ve fermente üründe maya proteazlarının enzimatik hidrolizi sonucu kaybolduğu, α - ve β -gliadinlerin (sırasıyla 29 kDa ve 32.5 kDa) bant yoğunluklarının azaldığı fakat üründe hala mevcut olduğu görülmüştür.

Karabuğday proteinlerinin büyük bir kısmını albümin ve globülinler oluşturur. Globülinler, 12-13 alt-üniteden meydana gelir ve 16-66 kDa arasında bir molekül ağırlığına sahiptirler (Radovic vd., 1996; Tang ve Wang, 2010). **Şekil 4.1**'deki karabuğday ununun protein bant desenleri incelendiğinde (Kulvar 13) 55-62 kDa arasında oldukça büyük ve hegzamerik yapıdaki globülin proteini (13S proteini) görülmekte ve **Şekil 4.2**'de ise indirgeyici ajanın etkisiyle bu hegzamerik yapı parçalanarak farklı alt-ünitelere ayrılmıştır (Kulvar 13). Karabuğday unu kullanılarak üretilen kızılıcık tarhanalarının protein bant desenlerine fermantasyonun etkisi incelendiğinde, her iki üründe de protein bant desenlerinin benzer olduğu görülmektedir (**Şekil 4.1 ve Şekil 4.2**'de Kulvar 14 ve Kulvar 15). Her iki yöntemle ile üretilen ürünlerin indirgeyici ajan kullanılmadan incelenen SDS-PAGE profillerinde (**Şekil 4.1**, Kulvar 14 ve Kulvar 15) 57-61 kDa ve 32 kDa molekül ağırlığına sahip proteinlerin üründe mevcut olduğu fakat yoğunluklarının karabuğday ununa göre

azaldığı görülmüştür. İndirgeyici ajan kullanıldığında (**Şekil 4.2**), 32 kDa molekül ağırlığına sahip protein bandının tekrar daha düşük molekül ağırlığına sahip alt-ünitelere ayrıldığı görülmüştür. Her iki ürün de, 20 kDa'nun altında molekül ağırlığına sahip albümin proteinlerine (2S proteinleri) az da olsa sahiptir (**Şekil 4.1 ve 4.2**). Karabuğday unlarında 42,4 kDa molekül ağırlığına sahip tiamin-bağlı protein (Kulvar 13, **Şekil 4.2**), karabuğday unundan üretilen kızılıçık tarhanası ürünlerinde hidrolize uğrayarak daha küçük peptitlere parçalanmıştır, bu durum besinsel özellikler bakımından bir dezavantaj olarak görülebilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı tahıl/pseudo-tahıl unları kullanılarak üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari tarhanaların bazı biyoaktif bileşik (çözünür ve çözünemeyen besinsel lif, fruktan, fitik asit), mineral madde kompozisyonu, çirilenme-viskozite özellikleri ve protein profillerinin incelendiği bu araştırmada bulunan önemli bazı sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- i. Tahıl/pseudo-tahıl unları arasında en yüksek çözünür ve çözünmeyen besinsel lif içeriği tam kavuzsuz arpa ununda sırasıyla %9,1 ve %12,2 olarak belirlenmiştir. Buğday ununda bulunan çözünür ve çözünmeyen besinsel lif içeriği en düşük olup sırasıyla %2,9 ve %2,0 olarak tespit edilmiştir ($P<0,05$; Çizelge 4.1).
- ii. Araştırmada üretilen kızılıcık tarhanalarına bakıldığında en yüksek çözünür (%8,9) ve çözünmeyen (%12,6) besinsel lif içeriği FAT örneğinde, en düşük çözünür (%4,3) ve çözünmeyen (%4,6) besinsel lif içeriği NKBT örneğinde tespit edilmiştir. Araştırmada üretilen kontrol kızılıcık tarhanalarının (NKT ve FKT) çözünür ve çözünmeyen besinsel lif içeriği ticari kızılıcık tarhanasından ve ticari geleneksek tarhanadan yüksek bulunmuştur ($P<0,05$; Çizelge 4.2).
- iii. Fermantasyon işlemi ile araştırmada üretilen kızılıcık tarhanalarının kuru madde bazında çözünmeyen besinsel lif içeriği (%), FAT örneği hariç, bir miktar artmıştır ($P>0,05$; Çizelge 4.2).
- iv. Araştırmada üretilen kızılıcık tarhanalarının ve ticari kızılıcık tarhanasının çözünmeyen ve çözünür besinsel lif miktarları, ticari geleneksel tarhanaya göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$; Çizelge 4.2).
- v. Araştırmada kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unları içinde en yüksek fruktan miktarı tam kavuzsuz arpa ununda (%3,55), en düşük ise karabuğday ununda (%0,13) belirlenmiştir.
- vi. Araştırmada fermantasyonlu üretilen kontrol ve diğer kızılıcık tarhanalarının fruktan içerikleri artmış olup fruktan miktarları %1,10-1,81 arasında değişmiştir. NKT ve NİAT örneklerinin fruktan içerikleri fermantasyonlu üretim sonucu önemli bir derecede artarken ($P<0,05$); NAT ve NKBT

- örneklerinin fermantasyonlu üretim sonucu fruktan içeriklerindeki artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 4.4).
- vii. Ticari kızcılık tarhanasının fruktan içeriğı (%0,67), geleneksel tarhananın fruktan içeriğı (%0,62) ile benzer ($P>0,05$), araştırmada üretilen kontrol tarhanalarından (NKT ve FKT, sırasıyla %0,99 ve %1,78) ise düşük bulunmuştur ($P<0,05$; Çizelge 4.4).
- viii. Araştırmada kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unları içinde en yüksek fitik asit miktarı irmik altı ununda (11,8 mg/g), en düşük ise karabuğday ununda (5,1 mg/g) belirlenmiştir.
- ix. Araştırmada fermantasyonlu üretilen kontrol ve diğer kızcılık tarhanalarının fitik asit içerikleri azalmış olup fitik asit miktarı 0,58-5,68 mg/g arasında değişmiştir. Fermantasyonlu üretim ile irmik altı unu ve karabuğday unu ile üretilen örneklerde fitik asit içeriğı önemli derecede azalmıştır ($P<0,05$; Çizelge 4.4).
- x. Ticari kızcılık tarhanasının fitik asit miktarı (0,46 mg/g), araştırmada üretilen kontrol kızcılık tarhanasının fitik asit değerinden (0,64 mg/g) düşük bulunmuştur ($P<0,05$; Çizelge 4.4). Ticari geleneksel tarhanada fitik asit tespit edilmemiştir.
- xi. Araştırmada kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarına bakıldığında en yüksek pik viskozite tam kavuzsuz arpa ununda (4087 cP) belirlenirken karabuğday unu (4042 cP) ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0,05$). En yüksek sıcak kırılma viskozitesi yine tam kavuzsuz arpa ununda (1477 cP) saptanırken, en düşük irmik altı ununda (392) belirlenmiştir. (Çizelge 4.5). En yüksek ve en düşük son viskozite değerleri sırasıyla karabuğday ununda (7752 cP) ve buğday ununda (2655 cP) saptanmıştır. Benzer bir sonuç soğuk çiriş viskozitesinde de gözlenmiş olup, karabuğday ununun retrogradasyona daha eğilimli olduğu görülmüştür. En düşük ve en yüksek çirişlenme sıcaklığı sırasıyla buğday unu (68 °C) ve karabuğday ununda (73 °C) gözlenmiştir.
- xii. NKT, NİAT ve NKBT örneklerinin pik viskozite, sıcak çiriş viskozitesi ve son viskozite değerleri fermantasyonlu üretimlerde önemli derecede artmıştır ($P<0,05$; Çizelge 4.6). Buna göre, fermantasyon bu örneklerin su absorpsiyonunu artırırken, çorba kıvamlarında en fazla düşüş kontrol kızcılık tarhanasında, en az düşüş karabuğdaylı kızcılık tarhanasında meydana gelmiştir.
- xiii. NAT örneğinin pik viskozite, sıcak çiriş viskozitesi ve sıcak kırılma viskozitesi değerlerinde fermantasyon sonucu önemli bir değişim gözlenmemiştir

($P>0,05$). Fakat NAT örneğinin son viskozite değeri fermantasyon ile azalmıştır, bunun anlamı çorba olarak pişirildiğinde ve daha sonra soğutulduğunda daha yumuşak bir kıvam verecektir ve retrogradasyon eğilimi daha az olacaktır.

- xiv. Araştırmada fermantasyonsuz üretilen kızılık tarhanalarının pik zamanı değerleri (319-381 sn), fermantasyon uygulanması sonucu artmıştır (335-383 sn). NKBT örneğinin pik zamanındaki artış (FKBT) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 4.6).
- xv. NKT ve NKBT örneklerinin çirilenme sıcaklıklarında fermantasyonlu üretimden sonra (FKT ve FKBT) önemli bir değişim gözlenmemiştir ($P>0,05$). NAT ve NİAT örneklerinin çirilenme sıcaklıkları ise fermantasyonlu üretimden sonra (FAT ve FİAT) önemli seviyede artmıştır ($P<0,05$; Çizelge 4.6). Diğer bir deyişle tam kavuzsuz arpa ve irmik altı unlarından üretilen fermente kızılık tarhanalarının pişme süresi sıcaklık artışıyla yükselecektir.
- xvi. Ticari kızılık tarhanası (TKT) ve ticari geleneksel tarhananın (TGT) pik viskozite, sıcak kırılma viskozitesi ve soğuk çiriliş viskozitesi değerleri araştırmada üretilen kızılık tarhanalarından daha yüksektir. Bunun anlamı, ticari tarhanalar yüksek miktarda suyu absorplayabiliyorlar fakat sıcak çiriliş viskoziteleri çok düşük ve soğuduğunda katı kıvamda bir çorba vermektedirler. Fakat her ikisi de diğer tarhanalara göre daha düşük sıcaklıkta pişebilmektedir. Bununla birlikte TGT daha yüksek son viskozite ve soğuk çiriliş viskozitesi değerlerine sahip olmuştur ($P<0,05$; Çizelge 4.6).
- xvii. NKT ve TKT örneklerinin çirilenme özellikleri karşılaştırıldığında, TKT örneğinin tüm viskozite değerleri önemli seviyede daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca, TKT örneğinin çirilenme sıcaklığı daha düşüktür (Çizelge 4.6).
- xviii. Araştırmada kullanılan unlar arasında en yüksek Mg, K, S ve Ca makro mineralleri irmik altı unda (sırasıyla 0,85, 3,18, 1,52 ve 0,14 mg/g), en yüksek Na makro minerali tam kavuzsuz arpa ununda (0,35 mg/g) saptanmıştır ($P<0,05$; Çizelge 4.7).
- xix. Buğday unu Mg (0,16 mg/g), K (0,80 mg/g) ve Ca (0,06 mg/g) makro minerallerini en düşük miktarda içerirken; karabuğday unu Na (0,27 mg/g) ve S (0,80 mg/g) makro minerallerini en düşük miktarda içermiştir ($P<0,05$; Çizelge 4.7).
- xx. Buğday ununun, kullanılan diğer unlara göre, genel olarak mikro/iz mineralleri de daha düşük miktarlarda içerdiği gözlenmiştir (Çizelge 4.8).

- xxi. Araştırmada kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarından karabuğday unu en yüksek Li (0,29 µg/g), B (1,44 µg/g), Al (23,09 µg/g) ve Sm (5,45 µg/g) mikro/iz minerallerini; ırmık altı un en yüksek Mn (23,23 µg/g) ve Rb (2,23 µg/g) mikro/iz minerallerini; tam kavuzsuz arpa unu en yüksek Sr (2,41 µg/g) ve Mo (0,54 µg/g) mikro/iz minerallerini; buğday unu ise en yüksek In (32,36 µg/g) mikro/iz mineralini içermiştir.
- xxii. Diğeri tahıl/pseudo-tahıl unlarına göre ırmık altı unu Cr (0,38 µg/g), Fe (36,0 µg/g), Ni (0,88 µg/g), Cu (2,0 µg/g), Zn (32,0 µg/g) ve Ti (1,56 µg/g) ağır metallerini daha yüksek miktarda içermiştir ($P<0,05$). Buğday unu, Sn ve Pb ağır metallerini diğeri tahıllara göre en yüksek miktarda (sırasıyla 34,4 ve 0,094 µg/g) içeren tahıl unu olmuştur (Çizelge 4.9).
- xxiii. Buğday unu Cr (0,33 µg/g), Fe (7,5 µg/g), Cu (0,5 µg/g), Zn (3,0 µg/g) ve Ti (0,11 µg/g) ağır metallerini diğeri tahıl/pseudo-tahıl unlarına göre en düşük miktarda içermiştir ($P<0,05$). Ni ve Pb ağır metallerinin en düşük içeriğı tam kavuzsuz arpa ununda (sırasıyla 0,53 ve 0,077 µg/g) belirlenirken; Sn ağır metalinin en düşük miktarı ırmık altı ununda (15,8 µg/g) saptanmıştır ($P<0,05$; Çizelge 4.9).
- xxiv. Araştırmada üretilen tüm kızılçık tarhanalarının K ve Ca makro mineral madde içerikleri fermantasyonlu üretim ile artmıştır (Çizelge 4.10).
- xxv. ırmık altı unu ve karabuğday unu kullanılarak üretilen kızılçık tarhanalarına fermantasyonlu üretimden sonra makro mineral madde içeriklerinde artış sağlamıştır. Kontrol kızılçık tarhanasının (NKT) kükürt makro mineral madde içeriğı fermantasyonlu üretim ile azalırken, diğeri makro mineral madde (Na, Mg, K ve Ca) miktarları bir miktar artmıştır (Çizelge 4.10).
- xxvi. Kontrol kızılçık tarhanasının (NKT) fermantasyonlu üretim ile B (0,67'den 0,77 µg/g'a) ve Rb (0,73'den 0,83 µg/g'a) mikro/iz mineral madde içeriklerinin arttığı, Sm mineral içeriğinin (1,48'den 0,68 µg/g'a) ise azaldığı görölmüştür ($P<0,05$). Diğeri mikro/iz mineral madde miktarlarında ise istatistiksel olarak fermantasyonlu üretim ile önemli bir fark meydana gelmemiştir ($P>0,05$). Ayrıca, her iki üretim ile kontrol kızılçık tarhanalarında (NKT ve FKT) Li minerali tespit edilememiştir (Çizelge 4.11).
- xxvii. Tam kavuzsuz arpa unu ile üretilen kızılçık tarhanasının (NAT) Sm mikro/iz mineral madde hariç diğeri tüm mikro/iz mineral madde miktarları fermantasyonlu üretim (FAT) ile genellikle azalmıştır (Çizelge 4.11).
- xxviii. ırmık altı un ile üretilen kızılçık tarhanasının (NİAT) fermantasyonlu üretim ile Li (0,15'den 0,11 µg/g'a) ve B (0,57'den 0,50 µg/g'a) mikro/iz mineral içerikleri azalırken; Al (12,0'dan 12,8 µg/g'a), Mn (14,2'den 14,8 µg/g'a), Rb

(1,64'den 2,19 µg/g'a), St (3,9'dan 4,0 µg/g'a) ve Sm (0,69'dan 2,13 µg/g'a) mikro/iz mineral madde içerikleri artmıştır ($P<0,05$). Araştırmada, irmik altı un ile üretilen örneğin Mo ve In mikro/iz mineral madde içerikleri üzerine fermantasyonun etkisi önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 4.11).

- xxix. Karabuğday ile üretilen kızılıcık tarhanasının (NKBT) fermantasyonlu üretimden sonra (FKBT) B, Sr ve Mo mikro/iz mineral maddelerindeki artış istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0,05$), Li, Mn, Rb miktarlarındaki artış önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Aynı örneğin fermantasyonlu üretimden sonra Al ve In içeriği önemsiz düzeyde azalmıştır ($P>0,05$). Ayrıca, fermantasyonsuz üretilen örneğin (NKBT) Sm mineral madde içeriği 4,15 µg/g iken, fermantasyonlu üretilen örnekte (FKBT) Sm mikro/iz minerali bulunamamıştır (Çizelge 4.11).
- xxx. Araştırmada fermantasyonsuz üretilen kontrol kızılıcık tarhanasının (NKT) In mikro/iz mineral madde hariç diğer tüm mikro/iz minerallerinin miktarı ticari kızılıcık tarhanasından düşük bulunmuştur ve aralarındaki fark genellikle önemlidir ($P<0,05$).
- xxxi. Araştırmada üretilen kontrol kızılıcık tarhanasının (NKT), fermantasyonlu üretimden sonra Cr (0,37 µg/g) ve Pb (0,078 µg/g) ağır metal içerikleri değişmemiştir. Bununla birlikte Fe (45,5'den 35,1 µg/g'a) ve Zn (5,8'den 3,1 µg/g'a) ağır metal içerikleri azalırken; Ni (0,41'den 0,62 µg/g'a), Cu (0,44'den 0,50 µg/g'a), Sn (66,3'den 68,1 µg/g'a) ve Ti (0,18'den 0,46 µg/g'a) içerikleri ise artmıştır. Aynı örneğin fermantasyonlu üretimden sonra Cu ve Sn miktarlarındaki artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 4.12).
- xxxii. Araştırmada tam kavuzsuz arpa unundan üretilen kızılıcık tarhanasının (NAT) fermantasyonlu üretimden sonra (FAT) Cr, Fe, Ni ve Sn ağır metal içerikleri azalmış, Pb (0,068'den 0,085 µg/g'a) ağır metali ise fermantasyonlu üretimden sonra artmıştır ($P<0,05$). Cu, Zn ve Ti ağır metallerinin fermantasyonlu üretimden sonraki değişimleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 4.12).
- xxxiii. Araştırmada irmik altı unundan üretilen kızılıcık tarhanasının (NİAT) fermantasyonlu üretimden sonra (FİAT) Fe (105,0'dan 43,8 µg/g'a) ve Zn (16,3'dan 14,7 µg/g'a) miktarlarında azalma, Cr (0,37'den 0,40 µg/g'a), Ni (0,54'den 0,62 µg/g'a), Cu (1,21'den 1,32 µg/g'a), Sn (54,9'dan 65,1 µg/g'a) ve Ti (0,87'den 1,21 µg/g'a) miktarlarında artış gözlenmiş olup ($P<0,05$); Pb (0,068'den 0,085 µg/g'a) miktarındaki artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 4.12).

- xxxiv. Araştırmada karabuğday unundan üretilen kızılıcık tarhanasının (NKBT) fermantasyonlu üretiminden sonra (FKBT) Fe (31,0'dan 24,8 µg/g'a), Ni (0,94'den 0,55 µg/g'a) ve Sn (60,5'den 54,4 µg/g'a) ağır metal miktarları azalmış, Cr (0,39'dan 0,41 µg/g'a) ve Ti (0,52'den 0,58 µg/g'a) ağır metal miktarları önemli düzeyde artmıştır ($P<0,05$). Zn, Pb ve Cu ağır metal miktarları her iki işlemle üretilen kızılıcık tarhanalarında benzer bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 4.12).
- xxxv. Tam kavuzsuz arpa unu ile fermantasyonlu üretilen kızılıcık tarhanasında fermantasyon sırasındaki proteolitik aktivite sonucunda D-hordeinler ve C-hordeinlerin (42-60 kDa) tamamen hidroliz olarak küçük peptitlere parçalandığı ve B-hordeinlerin bant yoğunluğunun önemli düzeyde azaldığı görülmüştür.
- xxxvi. Karabuğday unlarında 42,4 kDa molekül ağırlığı sahip bulunan tiamin-bağlı protein bandı, karabuğday unundan üretilen kızılıcık tarhanası ürünlerinde bulunmamaktadır, bu durum besinsel özellikler bakımından bir dezavantaj olarak görülebilir.

Bu araştırmada, 01.12.2017 tarihinde ulusal coğrafi işaretli ürünler listesine kabul edilen Bolu kızılıcık tarhanası, ekmeklik buğday ununun yanı sıra, irmik altı unu, tam kavuzsuz arpa unu ve karabuğday unu gibi farklı tahıl/pseudo-tahıl unları kullanılarak, fermantasyonsuz ve fermantasyonlu olarak üretilmiş ve bunların bazı biyoaktif bileşik, çirilenme-viskozite, mineral madde kompozisyonu ve protein profillerindeki değişim incelenmiştir. Geleneksel olarak fermantasyon uygulanmadan üretilen Bolu kızılıcık tarhanasının bazı özelliklerine fermantasyonun etkisi ilk kez bu araştırmada çalışılmıştır. Bu çalışma Bolu kızılıcık tarhanasının biyoaktif bileşikleri, çirilenme-viskozite özellikleri, mineral madde kompozisyonları ve SDS-PAGE'te protein profillerinin incelenmesi üzerine yapılan ilk çalışmadır. Araştırmada, kızılıcık tarhanası üretiminde ürün çeşitliliği sağlanarak; özellikle karabuğday unu ile üretilen glutensiz Bolu kızılıcık tarhanası, çölyak hastaları ve gluten intoleransı gösteren bireyler için alternatif bir ürün olacağı düşünülmüştür. Bolu kızılıcık tarhanası ile ilgili bir sonraki araştırmamızda, farklı glutensiz unlar kullanılarak, fermantasyonun protein ve nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisi detaylı olarak incelenecektir.

6. KAYNAKLAR

AACCI (American Association of Cereal Chemists International) (2010) Approved Methods of Analysis, Metots No: 08-01.01, 30-25.01, 32-05.01, 32-21.01, 32-40.01, 44-15.02, 46-12.01, 76-13.01, 76-21.01, 11th edition, The Association: St. Paul, MN, USA.

Abd El-Razik MM, Gadallah MGE ve Hassan MFY (2018) "Application of Hazard Analysis Critical Control Points System (HACCP) during Production of Tarhana", Current Journal of Applied Science and Technology, 29(4): 1-13.

AbdelRahaman SM, Babiker EE ve El Tinay AH (2005) "Effect of Fermentation on Antinutritional Factors and HCl Extractability of Minerals of Pearl Millet Cultivars", Journal of Food Technology, 3(4): 516-522.

Abu Bakar H, Rauf A, Sarwar MH ve Sarvar M (2017) "Essential Vitamin and Mineral Nutrients Body Needs and Their Best Food Sources", American Journal of Economics, Finance and Management, 3(4): 36-41.

Acar O, Izydorczyk MS, Kletke J, Yazici MA, Ozdemir B, Cakmak I ve Koksel H (2020) "Effects of roller and hammer milling on the yield and physicochemical properties of fibre-rich fractions from biofortified and non-biofortified hull-less barley", Journal of Cereal Science, 92: 102907.

Adebowale YA, Adeyemi IA ve. Oshodi AA (2005) "Functional and physiochemical properties of flours of six Mucuna species", African Journal of Biotechnology, 4(12): 1461–1468.

Adegunwa MO, Sanni LO, Maziya-Dixon B (2011) "Effects of fermentation length and varieties on the pasting properties of sour cassava starch", African Journal of Biotechnology, 10(42): 8428–8433.

Adimula VO, Onianwa PC, Ilupeju O, Ayom E ve Baba AA (2019) "Assessment of heavy metals in foods and adult dietary intake estimates", African Journal of Science, Technology, Innovation and Development, 1–8.

Akan S ve Özdeştan Ocak Ö (2019) "Evaluation of Storage Time and Grape Seed Extract Addition on Biogenic Amines Content of Tarhana: A Cereal-Based Fermented Food", LWT-Food Science and Technology, 111: 861-868.

Alemu MK (2009), "The Effect of Natural Fermentation on Some Antinutritional Factors, Minerals, Proximate Composition and Sensory Characteristics in Sorghum Based Weaning Food", M.Sc. Thesis, Addis Ababa, University, Ethiopia, 83 p.

Alvarez-Jubete L, Auty M, Arendt EK ve Gallagher E (2010) "Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations", *European Food Research and Technology*, 230: 437-445.

Amankwah EA, Barimah J, Acheampong R, Addai LO ve Nnaji CO (2009) "Effect of Fermentation and Malting on the Viscosity of Maize-Soyabean Weaning Blends", *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(10): 1671-1675.

Anastasio M, Pepe O, Cirillo T, Palomba S, Blaiotta G ve Villani F (2010) "Selection and Use of Phytate-Degrading LAB to Improve Cereal-Based Products by Mineral Solubilization During Dough Fermentation", *Journal of Food Science*, 75(1), 28-35.

Anderson J, Hanna T, Peng X ve Kryscio J (2000) "Whole grain foods and heart disease risk", *Journal of the American College of Nutrition* 19(3): 291–299.

Anderson JW, Baird P, Davis Jr RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V ve Williams CL (2009) "Health benefits of dietary fiber", *Nutrition Reviews*, 67(4), 188–205.

Andersson AAM, Andersson R, Piironen V, Lampi A-M, Nyström L, Boros D, Fraš A, Gebruers K, Courtin CM, Delcour JA, Rakszegi M, Bedo Z, Ward JL, Shewry PR ve Åman P (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(3-4): 1243–1248.

Andersson AAM, Armö E, Grangeon E, Fredriksson H, Andersson R, ve Åman P (2004) "Molecular weight and structure units of (1→3, 1→4)-β-glucans in dough and bread made from hull-less barley milling fractions", *Journal of Cereal Science*, 40(3): 195–204.

Aslam MF, Ellis PR, Latunde-Dada GO ve Sharp PA (2018) "Enhancing mineral bioavailability from cereals: Current strategies and future perspectives", *Nutrition Bulletin*, 43(2): 184-188.

Bahnassey YA ve Breene WM (1994) "Rapid Visco-Analyzer (RVA) Pasting Profiles of Wheat, Corn, Waxy Corn, Tapioca and Amaranth Starches (A. hypochondriacus and A. cruentus) in the Presence of Konjac Flour, Gellan, Guar, Xanthan and Locust Bean Gums", *Starch - Stärke*, 46(4): 134–141.

Baidoo SK ve Liu Y-G (1998) "Hull-less barley for swine: ileal and faecal digestibility of proximate nutrients, amino acids and non-starch polysaccharides", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(3): 397–403

Becker A, Hill SE ve Mitchell JR (2001) "Milling—A Further Parameter Affecting the Rapid Visco Analyser (RVA) Profile", *Cereal Chemistry*, 78(2): 166–172.

Bellici AE (2018) Fermantasyon işlemi ve farklı tahıl unları kullanımının kızılçık tarhanası üzerine etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.

Bellici AE, Karasu-Yalcin S, Eryasar-Orer K ve Yalcin E (2019) "MALDI-TOF/TOF Mass Spectrometry for Determination of Yeast Diversity in Traditional

Cornelian Cherry Tarhana Produced with Different Cereal/Pseudocereal Flours”, *Annals of Microbiology*, 69: 613-625.

Bilgiçli N (2009) Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT-Food Science and Technology* 42: 514-518.

Bilgiçli N (2004) Tarhananın Fitik Asit İçeriği ve Bazı Besin Öğeleri Üzerine Maya, Malt ve Fitaz Katkılarının Etkileri, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Bilgiçli N ve İbanoğlu Ş (2007) “Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, a wheat flour–yoghurt mixture”, *Journal of Food Engineering*, 78(2): 681–686.

Bilgiçli N, Elgün A ve Türker S (2006) “Effects of Various Phytase Sources on Phytic Acid Content, Mineral Extractability and Protein Digestibility of Tarhana”, *Food Chemistry*, 98: 329-337.

Bilgili SD (2016) Ekstrüzyon Prosesinin Bakla Ekstrüde Ürünlerinin Besinsel Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Çagindi O, Aksoylu Z, Savlak NY ve Köse E (2016) “Comparison of Physicochemical and Functional Properties of Domestic and Commercial Tarhana in Turkey”, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(2): 324-330.

Čajzek F, Bertoncelj J, Kreft I, Poklar Ulrih N, Polak T, Požrl T, Pravst I, Poljšenská I, Vaculová K ve Cigić B (2019) “Preparation of β -glucan and antioxidant-rich fractions by stone-milling of hull-less barley”, *International Journal of Food Science and Technology*.

Cao H, Chen J, Zhang J, Zhang H, Qiao L ve Men Y (2010) “Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China”, *Journal of Environmental Sciences*, 22(11): 1792–1799.

Cheli F, Campagnoli A, Ventura V, Brera C, Berdini C, Palmaccio E ve Dell’Orto V (2010) “Effects of industrial processing on the distributions of deoxynivalenol, cadmium and lead in durum wheat milling fractions”, *LWT – Food Science and Technology*, 43: 1050-1057.

Chilton S, Burton J ve Reid G (2015) “Inclusion of Fermented Foods in Food Guides around the World”, *Nutrients*, 7(1): 390–404.

Codex Alimentarius Commission. 1995. “Codex General Standards for Contaminants and Toxins in Foods.” CX/ FAC 96/17. Joint FAO/WHO Food Standards Programme.

Cortese M, Chitnis T, Ascherio A ve Munger KL (2019) “Total intake of different minerals and the risk of multiple sclerosis”, *Neurology*, 92(18).

Coşkun F (2014) “Tarhananın Tarihi ve Türkiye’de Tarhana Çeşitleri”, *Teknolojik Araştırmalar*, 9: 69-79.

Cubadda F, Aureli F, Raggi A ve Carcea M (2009) "Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat", Journal of Cereal Science, 49: 92-97.

Cummings J, Mann J, Nishida C ve Vorster H (2009) "Dietary Fibre: an agreed definition", The Lancet, 373(9661): 365–366.

Çimer B (2018) Geleneksel Uşak Tarhanasının Mineral Biyoyararlılığının in vitro Sindirim Ortamında Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Dai F, Qiu L, Xu Y, Cai S, Qui B ve Zhang G (2010) "Differences in Phytase Activity and Phytic Acid Content between Cultivated and Tibetan Annual Wild Barleys", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(22): 11821-11824.

Dai F, Wang J, Zhang S, Xu Z ve Zhang G (2007) "Genotypic and Environmental Variation in Phytic Acid Content and Its Relation to Protein Content and Malt Quality in Barley", Food Chemistry, 105: 606-611.

Dar MZ, Deepika K, Jan K, Swer TL, Kumar P, Verma R, Verma K, Prakash KS, Jan S ve Bashir K (2018) "Modification of structure and physicochemical properties of buckwheat and oat starch by γ -irradiation", International Journal of Biological Macromolecules, 108: 1348–1356.

Demir MK (2018) "Geleneksel Tarhana Üretiminde Tam Buğday Unu Kullanımı", Akademik Gıda, 16(2): 148-155.

Demirci AS, Palabıyık I, Ozalp S ve Tırpancı Sıvrı G (2018) "Effect of using kefir in the formulation of traditional Tarhana", Food Science and Technology.

Dexter JE ve Wood PJ (1996) "Recent applications of debranning of wheat before milling", Trends in Food Science & Technology, 7: 35-41.

Dinda B, Kyriakopoulos AM, Dinda S, Zoumpourlis V, Thomaidis NS, Velegra A, Markopoulos C ve Dinda M (2016) "*Cornus mas* L. (Cornelian Cherry), an Important European and Asian Traditional Food and Medicine: Ethnomedicine, Phytochemistry and Pharmacology for its Commercial Utilization in Drug Industry", Journal of Ethnopharmacology, 193: 670-690.

Đorđević TM, Šiler-Marinković SS ve Dimitrijević-Branković SI (2010) "Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals", Food Chemistry, 119: 957-963.

Ekholm P, Reinivuo H, Mattila P, Pakkala H, Koponen J, Happonen A, Hellström J ve Ovaskainen M-L (2007) "Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland", Journal of Food Composition and Analysis, 20(6): 487–495.

El Hag ME, El Tinay AH ve Yousif NE (2002) "Effect of fermentation and dehulling on starch, total polyphenols, phytic acid content and in vitro protein digestibility of pearl millet", Food Chemistry, 77(2): 193–196.

Erbaş M, Certel M ve Kemal Uslu M (2005) "Microbiological and chemical properties of Tarhana during fermentation and storage as wet—sensorial properties of Tarhana soup", *LWT - Food Science and Technology*, 38(4): 409–416.

Ertaş N (2018) "Effect of Baker's Yeast Addition on Some Properties and Phytic Acid Content of Tarhana Prepared with Different Cereal and Legume Produc", *Food and Health*, 4(1): 9-18.

Ertaş N, Sert D, Demir MK ve Elgün A (2009) "Effect of Whey Concentrate Addition on the Chemical, Nutritional and Sensory Properties of Tarhana (a Turkish Fermented Cereal-based Food)", *Food Science and Technology Research*, 15(1): 51-58.

Esposito F, Arlotti G, Bonifati AM, Napolitano A, Vitale D ve Fogliano V (2005) "Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products", *Food Research International*, 38: 1167-1173.

Fastnaught CE, Berglund PT, Holm ET ve Fox GJ (1996) "Genetic and environmental variation in β -glucan content and quality parameters of barley for food", *Crop Science*, 36(4): 941-946

Ferry A-L, Hort J ve Mitchell JR (2004) "Effect of Amylase Activity on Starch Paste Viscosity and Its Implications for Flavor Perception", *Journal of Texture Studies*, 35: 511-524.

Flood JE ve Rolls BJ (2007) "Soup preloads in a variety of forms reduce meal energy intake", *Appetite*, 49: 626-634.

Franco-Robles E ve López MG (2015) "Implication of Fructans in Health: Immunomodulatory and Antioxidant Mechanisms", *The Scientific World Journal*, 2015: 1-15.

Fu BX ve Sapirstein HD (1996) "Procedure for isolating monomeric proteins and polymeric glutenin of wheat flour", *Cereal Chemistry*, 73: 143-152.

Fustier P, Castaigne F, Turgeon SL ve Biliaderis CG (2007) "Semi-sweet biscuit making potential of soft wheat flour patent, middle-cut and clear mill streams made with native and reconstituted flours", *Journal of Cereal Science*, 46(2): 119-131.

Gani A, Wani SM, Masoodi FA ve Hameed G (2012) "Whole-Grain Cereal Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review", *Journal of Food Processing and Technology*, 3(3): 146-155.

García-Estapa RM, Guerra-Hernández E ve García-Villanova B (1999) "Phytic acid content in milled cereal products and breads", *Food Research International*, 32(3): 217–221.

Gimenez-Bastida JA, Piskula M ve Zieliński H (2015) "Recent advances in development of gluten-free buckwheat products", *Trends in Food Science and Technology*, 44: 58–65.

Gobbetti M, Rizzello CG, Cagno RD ve Angelis MD (2014) "How the Sourdough may Affect the Functional Features of Leavened Baked Goods", *Food Microbiology*, 37: 30-40.

Gotcheva V, Pandiella SS, Angelov A, Roshkova Z ve Webb C (2001) "Monitoring the fermentation of the traditional Bulgarian beverage boza", *International Journal of Food Science and Technology*, 36(2):129-134.

Hager A-S, Wolter A, Jacob F, Zannini E ve Arendt EK (2012) "Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours", *Journal of Cereal Science*, 56(2): 239–247.

Hamner HC, Perrine CG ve Scanlon KS (2016) "Usual Intake of Key Minerals among Children in the Second Year of Life, NHANES 2003-2012", *Nutrients*, 8: 468-476.

Haralampu SG (2000) "Resistant starch-a review of the physical properties and biological impact of RS3", *Carbohydrate Polymers*, 41: 285-292.

Hassan MFY ve Gadallah MGE (2018) "Physico-chemical and Sensory Properties of Tarhana Prepared from Different Cereals and Dairy Ingredients", *Current Journal of Applied Science and Technology*, 29(3): 1-14.

Haug W ve Lantzsch HJ (1983) "Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytate in Cereals and Cereal Products", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34: 1423-1426.

Hayta M, Alpaslan M ve Köse E (2001) "The effect of fermentation on viscosity and protein solubility of Boza, a traditional cereal-based fermented Turkish beverage", *European Food Research and Technology*, 213(4-5): 335–337.

Hendek Ertop M, Gökem Cerit Z ve Atasoy R (2019) "Evaluation of Physicochemical, Nutritional and Sensory Properties of the Wet Tarhana", *Food Science and Quality Management*, 83: 2224-6088.

Holscher HD (2017) "Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota", *Gut Microbes*, 8(2): 172–184.

Horszwald A, Troszynska A, Del Castillo MD ve Zielinski H (2009) "Protein profile and sensorial properties of rye breads", *European Food Research and Technology*, 229: 875–886.

Huang M, Zhou S, Sun B ve Zhao Q (2008) "Heavy metals in wheat grain: Assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China" *Science of The Total Environment*, 405(1-3), 54–61.

Huynh B-L, Palmer L, Mather DE Wallwork H, Graham RD, Welch RM ve Stangoulis JCR (2008) "Genotypic variation in wheat grain fructan content revealed by a simplified HPLC method", *Journal of Cereal Science*, 48(2): 369–378.

IARC Monographs of the evolution of carcinogenic risks to humans (1993) Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and Mycotoxins. Heterocycl Aromat Amines 56: 163-244.

Ikeda S, Yamashita Y, Tomura K ve Kreft I (2006) "Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals", *Fagopyrum*, 23: 61-65.

Inglett GE, Xu J, Stevenson DG ve Chen D (2009) "Rheological and Pasting Properties of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench) Flours With and Without Jet-Cooking", *Cereal Chemistry Journal*, 86(1): 1–6.

Institute of Medicine (2001) "Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc", Washington, DC: The National Academies Press.

Institute of Medicine. (2011). Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington, DC: The National Academies Press.

Işık F (2013) "Salça Üretim Atıklarının Tarhana Üretiminde Kullanımı", Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Işık F ve Yapar A (2017) "Effect of Tomato Seed Supplementation on Chemical and Nutritional Properties of Tarhana", *Food Measure*, 11: 667–674.

Işık F, Çelik İ ve Yılmaz Y (2014) "Effect of Cornelian Cherry Use on Physical and Chemical Properties of Tarhana" *Akademik Gıda*, 12(2): 34-40.

Izydorczyk MS, Chornick TL, Paulley FG, Edwards NM ve Dexter JE (2008) "Physicochemical properties of hull-less barley fibre-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread", *Food Chemistry*, 108(2): 561–570.

İbanoğlu Ş ve İbanoğlu E (1998) "Rheological Characterization of Some Traditional Turkish Soups", *Journal of Food Engineering*, 35: 251-256.

İbanoğlu Ş, Ainsworth P ve Hayes GD. (1996) "Extrusion of tarhana: effect of operating variables on starch gelatinization", *Food Chemistry*, 57(4): 541-544.

İbanoğlu Ş, İbanoğlu E ve Ainsworth P (1998) "Effect of dilute acid hydrolysis on the cooked viscosity of tarhana, a traditional Turkish cereal soup", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 49: 463-466.

İslam MS, Ahmed MK, Habibullah-Al-Mamun M ve Raknuzzaman M (2015) "The concentration, source and potential human health risk of heavy metals in the commonly consumed foods in Bangladesh", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122: 462–469.

Jane J-L (2004) Starch: structure and properties. In P. TOMASIK., *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*, New York: CRC Press, 13: 81-101.

Jood S ve Kalra S (2001) "Chemical composition and nutritional characteristics of some hull less and hulled barley cultivars grown in India", *Nahrung/Food*, 45(1): 35–39.

Karademir E (2018) Tahıl/pseudo-tahıl unları ile üretilen kızılcık (*Cornus mas* L.) tarhanalarının kalite özellikleri üzerine fermentasyonun etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.

Karademir E ve Yalçın E (2019) "Effect of fermentation on some quality properties of cornelian cherry tarhana produced from different cereal/pseudocereal flours", *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11(2): 127-135.

Karademir E, Karasu Yalçın S ve Yalçın E (2018) "Tahıl ve bakliyat esaslı gıdalarda fermentasyon işleminin besinsel özellikler ve biyoaktif bileşenler üzerine etkisi", *GIDA*, 43(1): 163-173.

Karppinen S, Myllymäki O, Forsell P ve Poutanen K (2003) "Fructan Content of Rye and Rye Products", *Cereal Chemistry Journal*, 80(2): 168–171.

Kemahloğlu K ve Ünal S (2001) "İrmik altı unlarının bazı kalite kriterlerinin belirlenmesi", *Gıda*, 26(5): 315-321.

Khetarpaul N ve Chauhan BM (1989) "Effect of Fermentation on Protein, Fat, Mineral and Thiamine Content of Pearl Millet", *Plant Foods for Human Nutrition*, 39: 169-177.

Kıvanç M ve Funda EG (2017) "A Functional Food: a Traditional Tarhana Fermentation", *Food Sci. Technol, Campinas*, 37(2): 269-274.

Kilci A ve Gocmen D (2014) "Phenolic acid composition, antioxidant activity and phenolic content of tarhana supplemented with oat flour", *Food Chemistry*, 151: 547-553.

Koca AF (2008) "Physical, Chemical and Antioxidant Properties of Tarhana with Cornelian Cherry", *Asian Journal of Chemistry*, 20(7): 5667-5672.

Konst MJ, Lesser AD, McMahon M ve Gonzales M (2017) "The Impact of Food Viscosity and Preference on Treating a Feeding Problem", *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 29(4): 547-555.

Köksel H (2005) Karbonhidratlar. Gıda Kimyası. Saldamlı İ (Ed), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Kumral A (2015) "Nutritional, chemical and microbiological changes during fermentation of tarhana formulated with different flours", *Chemistry Central Journal*, 9(16).

Lau T-C, Chan M-W, Tan H-P ve Kwek C-L (2012) "Functional food: a growing trend among the health conscious", *Asian Social Science*, 9: 198–208.

Lee SC, Prosky L ve De Vries JW (1992) "Determination of Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods - Enzymatic-Gravimetric Method, MES-TRIS

Buffer: Collaborative Study", Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 75: 395-416.

Li S ve Zhang QH (2001) "Advances in the Development of Functional Foods from Buckwheat", Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 41(6): 451–464.

Liu R (2004) "Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanisms of action", Nutrition Journal, 134(12): 3479–3485.

MacRitchie F, Kasarda DD ve Kuzmicky DD (1991) "Characterization of wheat protein fractions differing in contributions to breadmaking quality", Cereal Chemistry, 68(2): 122-130.

Magala M, Kohajdová Z ve Karovičová J (2015) "Degradation of phytic acid during fermentation of cereal substrates", Journal of Cereal Science, 61: 94-96.

Makokha AO, Oniang'o RK, Njoroge SM ve Kamar OK (2002) "Effect of Traditional Fermentation and Malting on Phytic Acid and Mineral Availability from Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Finger Millet (*Eleusine coracana*) Grain Varieties Grown in Kenya", Food and Nutrition Bulletin, 23(3): 241-245.

Martín-Cabrejas MA, Sanfiz B, Vidal A, Mollá E, Esteban R ve López-Andréu FJ (2004) "Effect of Fermentation and Autoclaving on Dietary Fiber Fractions and Antinutritional Factors of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(2): 261–266.

Martinez-Flores HE, Chang YK, Martinez-Bustos F ve Sgarbieri V (2004) "Effect of high fiber products on blood lipids and lipoproteins in hamsters", Nutrition Research, 24(1): 85–93.

McCleary BV, Charmier LMJ, McKie VA, McLoughlin ve Rogowski A (2019) "Determination of Fructan (Inulin, FOS, Levan, and Branched Fructan) in Animal Food (Animal Feed, Pet Food, and Ingredients): Single-Laboratory Validation, First Action 2018.07", Journal of AOAC International, 102: 1-10.

Mohite BV, Chaudhari GA, Ingale HS ve Mahajan VN (2013) "Effect of fermentation and processing on in vitro mineral estimation of selected fermented foods", International Food Research Journal, 20(3): 1373-1377.

Mozaffarian D (2016) "Dietary and Policy Priorities for Cardiovascular Disease, Diabetes, and Obesity", Circulation, 133(2): 187–225.

Murali A ve Kapoor R (2003) "Effect of natural and pure culture fermentation of finger millet on zinc availability as predicted from HCl extractability and molar ratios", Journal of Food Science and Technology, 40(1): 112-114.

Ng PKW ve Bushuk W (1987) "Glutenin of marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of glutenin subunits by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis", Cereal Chemistry, 64: 324-327.

Nout MJR (1994) "Fermented foods and food safety", Food Research International, 27: 291-298.

Oloyede OO, James S, Ocheme OB, Chinma CE ve Akpa VE (2016) "Effects of fermentation time on the functional and pasting properties of defatted Moringa oleifera seed flour", Food Science & Nutrition, 4(1): 89–95.

Omohimi CI, Piccirillo C, Roriz M, Ferraro V, Vasconcelos MW, Sanni LO, Tomlins K, Pintado MM ve Abayomi LA (2018) "Study of the proximate and mineral composition of different Nigerian yam chips, flakes and flours", Journal of Food Science and Technology, 55(1): 42-51.

Onwurafor EU, Onweluzo JC ve Ezeoke AM (2014) "Effect of Fermentation Methods on Chemical and Microbial Properties of Mung Bean (*Vigna radiata*) Flour", Nigerian Food Journal, 32(1), 89–96.

Oscarsson M, Parkkonen T, Autio K ve Åman P (1997) "Composition and microstructure of waxy, normal and high amylose barley samples", Journal of Cereal Science, 26(2): 259-264.

Ozdemir S, Gocmen D ve Yıldırım Kumral A (2007) "A Traditional Turkish Fermented Cereal Food: Tarhana", Food Reviews International, 23(2): 107-121.

Pandelova M, Lopez WL, Michalke B ve Schramm K-W (2012) "Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, and Zn contents in baby foods from the EU market: Comparison of assessed infant intakes with the present safety limits for minerals and trace elements", Journal of Food Composition and Analysis, 27(2): 120–127.

Panghal A., Khatkar, B. S., Yadav, D. N. ve Chhikara, N. (2019) "Effect of finger millet on nutritional, rheological, and pasting profile of whole wheat flat bread (chapatti)", Cereal Chemistry, 96: 86–94.

Parvaneh K, Jamaluddin R, Karimi G ve Erfani R (2014) "Effect of Probiotics Supplementation on Bone Mineral Content and Bone Mass Density", The Scientific World Journal, 1-6.

Parveen S ve Hafiz F (2003) "Fermented Cereal from Indigenous Raw Materials", Pakistan Journal of Nutrition, 2(5): 289-291.

Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K, Fraser GE, Goldbourt U, Heitmann BL, Hallmans G, Knekt P, Liu S, Pietinen P, Spiegelman D, Stevens J, Virtamo J, Willett WC ve Ascherio A (2004) "Dietary Fiber and Risk of Coronary Heart Disease", Archives of Internal Medicine, 164(4): 370-376.

Petkova NT ve Ognyanov MH (2018) "Phytochemical characteristics and in vitro antioxidant activity of fresh, dried and processed fruits of Cornelian cherries (*Cornus mas* L.)", Bulgarian Chemical Communications, 50: 302-307.

Pino F ve Heinrichs AJ (2016) "Effect of trace minerals and starch on digestibility and rumen fermentation in diets for dairy heifers", Journal of Dairy Science, 99(4): 2797-2810.

Pongsawatmanit R, Thanasukarn P ve Ikeda S (2002) "Effect of Sucrose on RVA Viscosity Parameters, Water Activity and Freezable Water Fraction of Cassava Starch Suspensions", ScienceAsia, 28: 129-134.

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

Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, DeVries JW ve Furda I (1988) "Determination of Insoluble, Soluble, and Total Dietary Fiber in Food Products, Interlaboratory Study", *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71: 1017-1023.

Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, DeVries JW, Furda I ve Lee SC (1992) "Determination of Insoluble and Soluble Dietary Fiber in Foods and Food Products: Collaborative Study", *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 75: 360-367.

Radovic SR, Maksimovic VR ve Varkonji-Gasic EI (1996) "Characterization of Buckwheat Seed Storage Proteins", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 972-974.

Reale A, Konietzny U, Coppola R, Sorrentino E ve Greiner R (2007) "The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(8): 2993-2997.

Reddy NR, Sathe SK ve Salunkhe DK (1982) "Phytates in Legumes and Cereals", *Advances in Food Research*, 28: 1-92.

Rekha CR ve Vijayalakshmi G (2010) "Bioconversion of isoflavone glycosides to aglycones, mineral bioavailability and vitamin B complex in fermented soymilk by probiotic bacteria yeast", *Journal of Applied Microbiology*, 109(4): 1198-1208.

Rybicka I ve Gliszczyńska-Świątło A (2017) "Minerals in grain gluten-free products. The content of calcium, potassium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese, and zinc", *Journal of Food Composition and Analysis*, 59: 61-67.

Sahlström S, Bævre AB ve Bråthen E (2003) "Impact of Starch Properties on Hearth Bread Characteristics. I. Starch in Wheat Flour", *Journal of Cereal Science*, 37(3): 275-284.

Sakın-Yılmaz M (2017) "Convective Drying Behavior of Tarhana Dough", *Journal of Food Process Engineering*, 40(1).

Salama AK ve Radwan MA (2005) "Heavy Metals (Cd, Pb) and Trace Elements (Cu, Zn) Content in Some Foodstuffs from the Egyptian Market", *Emirates Journal of Food and Agriculture Science*, 17(1): 34-42.

Sayar S, Koksel H ve Turhan M (2005) "The Effects of Protein-Rich Fraction and Defatting on Pasting Behavior of Chickpea Starch", *Starch/Stärke*, 57: 599-604.

Sayaslan A, Koyuncu M, Türker S, Irlı Y, Serin A ve Orhan FG (2018) "Use of durum wheat clear flour in vital gluten and bioethanol production", *Journal of Cereal Science*, 80: 50-56.

Schneeman BO (1987) "Soluble vs insoluble fiber: different physiological responses", *Food Technology*, 41: 81-82.

Schoenlechner R, Wendner M, Siebenhandl-Ehn S ve Berghofer E (2010) "Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple foods", *Journal of Cereal Science*, 52: 475-479.

Shewry PR, Miles MJ ve Tatham AS (1994) "The prolamin storage proteins of wheat and related cereals", *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 61: 37-59.

Shin D-H (2019) "General concept of dietary fiber and its functionality", *Food Science and Industry*, 52(1): 84-99.

Siwatch M, Yadav RB ve Yadav BS (2017) "Thermal, Pasting, and Rheological Properties of Processed Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Flour", *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(9): 134-137.

Škrbić B, Milovac S, Dodig D ve Filipčev B (2009) "Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties" *Food Chemistry*, 115(3): 982–988.

Sokrab AM, Mohamed Ahmed IA ve Babiker EE (2014) "Effect of fermentation on antinutrients, and total and extractable minerals of high and low phytate corn genotypes", *Journal of Food Science and Technology*, 51(10): 2608–2615.

Sommano S (2014) Effect of food processing on bioactive compounds. In: *Advances in Food Science and Nutrition*. Visakh, P.M., Iturriaga, L.B., Ribotta, P.D. (Eds). Vol 2, Scrivener Publishing, pp. 361-390.

Song Y ve Jane J (2000) "Characterization of barley starches of waxy, normal, and high amylose varieties", *Carbohydrate Polymers*, 41(4): 365-377.

Srichuwong S, Sunarti TC, Mishima T, Isono N ve Hisamatsu M (2005) "Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties", *Carbohydrate Polymers*, 62(1): 25-34.

Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE ve Obendorf RL (2001) "Buckwheat Seed Milling Fractions: Description, Macronutrient Composition and Dietary Fibre", *Journal of Cereal Science*, 33(3): 271–278.

Stevenson L, Phillips F, O'sullivan K ve Walton J (2012) "Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(8): 1001-1013.

Suliburska J, Krejpcio Z, Lambart-Szczapa E ve Wjciak RW (2009) "Effect of fermentation and extrusion on the release of selected minerals from lupine grain preparations", *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 8(3): 87-96.

Szefer JO ve Nriagu P (2007) *Mineral Components in Foods*. New York: CRC Press.

Şimşek Ö, Özel S ve Çon AH (2017) "Comparison of Lactic Acid Bacteria Diversity during the Fermentation of Tarhana Produced at Home and on a Commercial Scale", *Food Science Biotechnology*, 26(1): 181-187.

Tamer EC, Kumral A, Aşan M ve Şahin İ (2007) “Chemical Composition of Traditional Tarhana Having Different Formulations”, Journal of Food Processing and Preservation, 31: 116-126.

Tang C-H ve Wang X-Y (2010) “Physicochemical and structural characterisation of globulin and albumin from common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds”, Food Chemistry, 121: 119–126.

Tang CH, Wang XY, Liu F ve Wang CS (2009) “Physico chemical and conformational properties of buckwheat protein isolates: Influence of polyphenol removal with cold organic solvents from buckwheat seed flours”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 10740–10748.

Temiz H ve Tarakçı Z (2017) “Composition of Volatile Aromatic Compounds and Minerals of Tarhana Enriched with Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis*)”, Journal of Food Science Technology, 54(3): 735-742.

Tezgel N (2018) Fructan and Glucan-Mediated Immunity to Combat Drought Stress in Musa spp., Master Thesis, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, İstanbul.

Tungland BC (2003) “Fructooligosaccharides and Other Fructans: Structures and Occurrence, Production, Regulatory Aspects, Food Applications, and Nutritional Health Significance”, Oligosaccharides in Food and Agriculture, 849: 135–152.

Tural S ve Koca I (2008) “Physico-chemical and antioxidant properties of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.) grown in Turkey”, Scientia Horticulturae, 116(4): 362–366.

Turantaş F ve Kemahlioğlu K (2012) “Fate of some pathogenic bacteria and molds in Turkish Tarhana during fermentation and storage period”, Journal of Food Science and Technology, 49: 601-607.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (2004) Tarhana Standardı, TS 2282, ICS 67.060, Aralık 2004, Ankara.

Türker S (1991) Sağlam, Pişirilmiş ve Çimlendirilmiş Çeşitli Baklagil Katkılarıyla, Mayasız ve Maya İlavesiyle Fermente Edilen Tarhananın Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Besinsel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Udomkun P, Tirawattanawanich C, Ilukor J, Sridonpai P, Njukwe E, Nimbona P ve Vanlauwe B (2019) “Promoting the use of locally produced crops in making cereal-legume-based composite flours: An assessment of nutrient, antinutrient, mineral molar ratios, and aflatoxin content”, Food Chemistry, 286: 651-658.

Van den Ende W, Peshev D ve De Gara L (2011) “Disease prevention by natural antioxidants and prebiotics acting as ROS scavengers in the gastrointestinal tract”, Trends in Food Science and Technology, 22(12): 689–697.

Veenstra LD, Jannink J-L ve Sorrells ME (2017) “Wheat Fructans: A Potential Breeding Target for Nutritionally Improved, Climate-Resilient Varieties”, Crop Science, 57(3): 1624-1640.

Velu G, Ortiz-Monasterio I, Cakmak I, Hao Y ve Singh RP (2014) "Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat", *Journal of Cereal Science*, 59(3): 365–372.

Verspreet J, Dornez E, Van den Ende W, Delcour JA ve Courtin CM (2015) "Cereal Grain Fructans: Structure, Variability and Potential Health Effect", *Trends in Food Science and Technology*, 43(1): 32-42.

Vjin I ve Smeekens S (1999) "Fructan: More Than a Reserve Carbohydrate?", *Plant Physiology*, 120: 351–359.

Walker GM (2014) "Metals in Yeast Fermentation Processes", *Advances in Applied Microbiology*, 54: 197-229.

Wefers D ve Bunzel M (2015) "Characterization of Dietary Fiber Polysaccharides from Dehulled Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Seeds", *Cereal Chemistry Journal*, 92(6): 598–603.

WHO. Lead in drinking water. Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality World Health Organization. Geneva 2003.

Wieser H (2007) "Chemistry of gluten proteins", *Food Microbiology*, 24: 115-119.

Wijngaard HH ve Arendt EK (2006) "Buckwheat", *Cereal Chemistry Journal*, 83(4): 391–401.

Yagcı S ve Gogus F (2009) "Selected Physical Properties of Expanded Extrudates from the Blends of Hazelnut Flour-Durum Clear Flour-Rice", *International Journal of Food Properties*, 12(2): 405–413.

Yağcı S (2008) The Use of Durum Clear Flour in Combination with Hazelnut Cake and Different Pomaces in the Production of Extruded Food, *Doktoro Tezi*, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep.

Yalçın E (2010) "Effect of Partial Removal of Prolamins on Some Chemical and Functional Properties of Barley Flours", *Food Science and Biotechnology*, 19(3): 735-742.

Yalçın E, Çelik S, Akar T, Sayim I ve Köksel H (2007) "Effects of genotype and environment on β -glucan and dietary fiber contents of hull-less barleys grown in Turkey", *Food Chemistry*, 101(1): 171–176.

Yalçın E, Çelik S ve Köksel H (2008) "Chemical and Sensory Properties of New Gluten-free Food Products: Rice and Corn Tarhana", *Food Science Biotechnology*, 17(4): 728-733.

Yaver E ve Bilgiçli N (2019) "Effects of different dephytinisation methods on chemical properties of commercial and traditional breads prepared from composite flour", *Food Chemistry*, 276: 77–83.

Yıldırım Ç ve Güzeler N (2016) "Tarhana Cipsi", *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1-8.

Yoshimoto Y, Egashira T, Hanashiro I, Ohinata H, Takase Y ve Takeda Y (2004) "Molecular Structure and Some Physicochemical Properties of Buckwheat Starches", *Cereal Chemistry*, 81(4), 515–520.

Yukselci Kilci A ve Gocmen D (2012) "Dietary Fiber and beta-glucan Contents of Oat Tarhana: A Turkish Fermented Cereal Food" *Journal of Agricultural Science*, 4(11): 72-77.

Zand N, Christides T ve Loughrill E (2015) "Dietary intake of minerals", *Handbook of Mineral Elements in Food*, pp.23-39.

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

Ziegler JU, Steiner D, Longin CFH, Würschum T, Schweiggert RM ve Carle R (2016) "Wheat and the irritable bowel syndrome – FODMAP levels of modern and ancient species and their retention during bread making", *Journal of Functional Foods*, 25: 257–266.

Zou C, Du Y, Rashid A, Ram H, Savasli E, Pieterse PJ, Ortiz-Monasterio I, Yazici A, Kaur C, Mahmood K, Singh S, Le Roux MR, Kuang W, Onder O, Kalayci M ve Cakmak I (2019) "Simultaneous Biofortification of Wheat with Zinc, Iodine, Selenium and Iron through Foliar Treatment of a Micronutrient Cocktail in Six Countries", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67: 8096-8106.

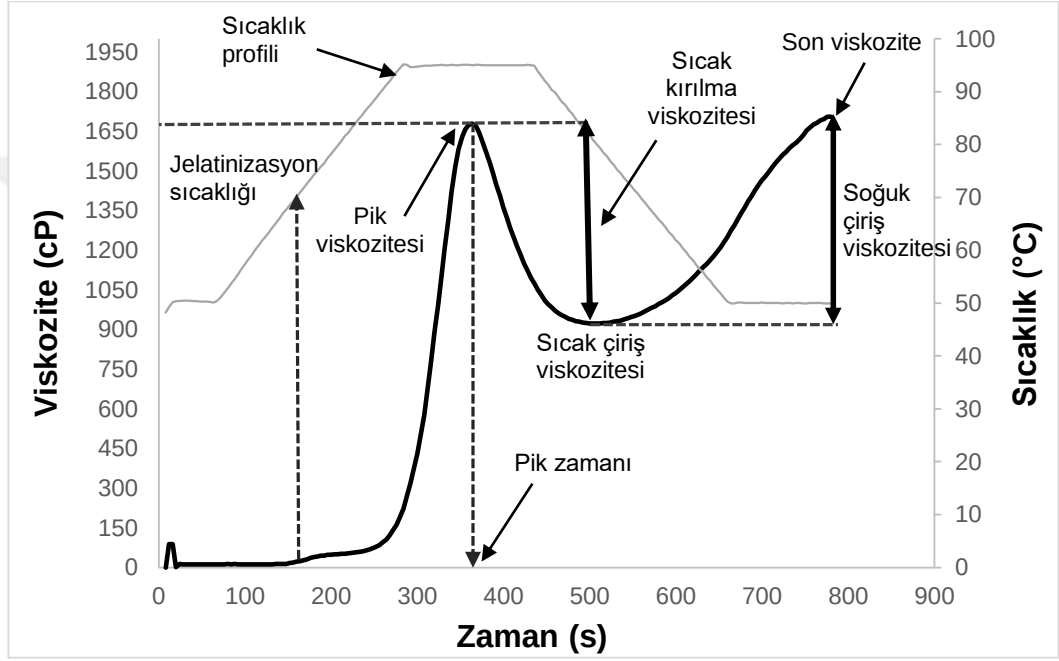


EKLER

7. EKLER

EK A. RVA Grafiği ve Parametreleri

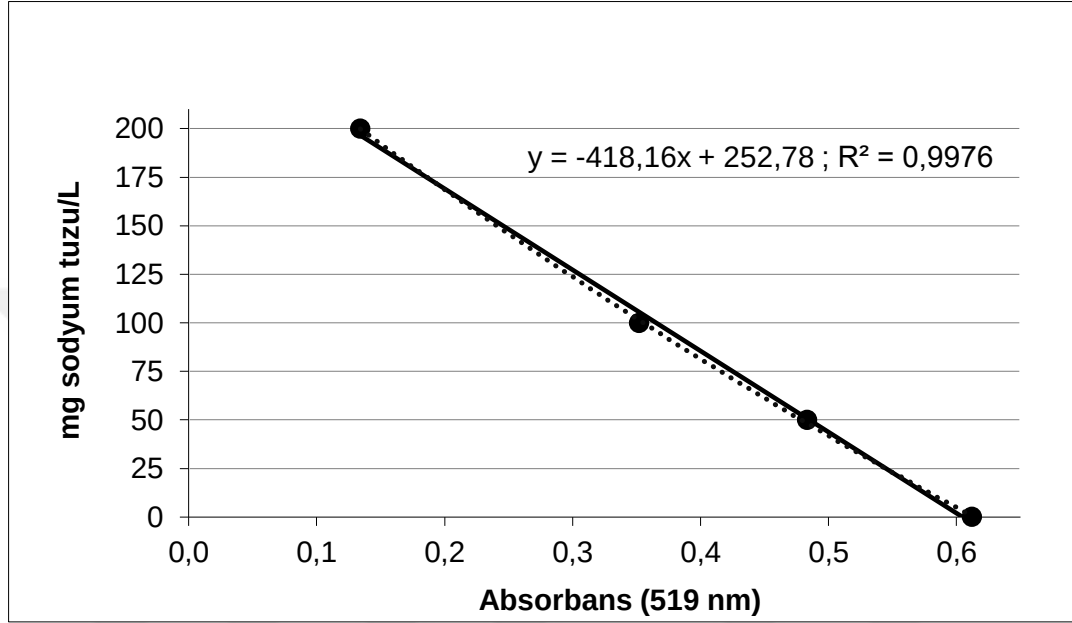
A.1. Hızlı viskozite ölçer (Rapid visco analyzer-RVA) cihazından elde edilen tipik bir RVA grafiği ve parametreleri.



Şekil A.1. Hızlı viskozite ölçer (Rapid visco analyzer-RVA) cihazından elde edilen tipik bir RVA grafiği ve elde edilen parametreler.

EK B. Kalibrasyon Doğruları

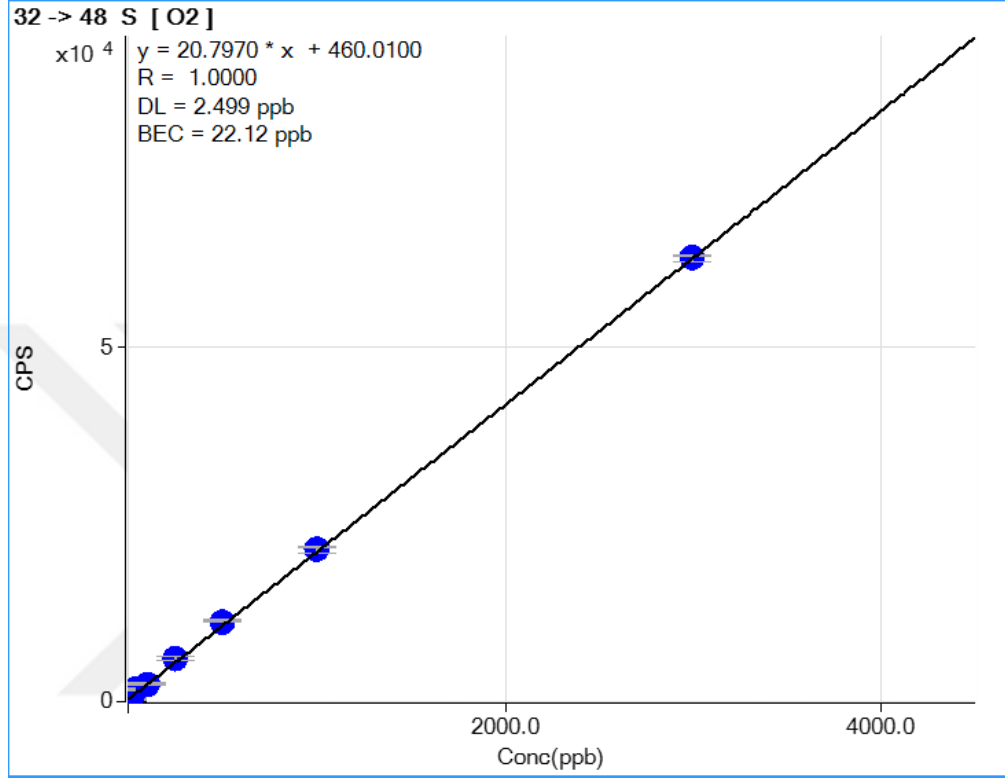
B.1. Fitik asit fosforunun fitik asit sodyum tuzu kullanılarak hazırlanan standart doğrusu.



Şekil B.1. Fitik asit fosforunun fitik asit sodyum tuzu kullanılarak hazırlanan standart doğrusu.

EK C. Mineral Madde Miktarı İçin Hazırlanan Örnek Kalibrasyon Doğrusu, Cihaz Limit değerleri ve Standart Madde Analiz Sonuçları

C.1. Mineral madde miktarı analizinde standart maddeler ile hazırlanan örnek kalibrasyon doğrusu



Şekil C.1. Kükürt (S) elementine ait standart kalibrasyon doğrusu.

C.2. Mineral madde miktarı analizinde cihaz belirleme limiti ve kör sinyal (cihazda dedektöre hiç numune girmediği durumda cihazın o element için kaç ppb (µg/L)'lik bir sinyal ürettiğini gösteren değer) limit değerleri (µg/L)

Mineral	Cihaz belirleme limiti (µg/L)	Kör sinyal limiti (µg/L)
Na	1,35299	10,51753
Mg	0,42887	1,370056
K	2,19390	29,15813
Ca	1,63271	3,495738
S	4,98996	17,67958
Li	0,01932	0,345838
B	0,22698	1,239638
Al	0,35647	1,601959
Mn	0,01530	0,033486
Sr	0,03053	0,040286
Mo	0,02929	0,197233
In	0,01796	0,074935
Sm	0,01405	0,009711
Cr	0,01004	0,18496
Fe	0,33128	1,678151
Ni	0,02788	0,080512
Cu	0,15148	0,539118
Zn	0,93298	4,073986
Sn	0,52462	1,813343
Pb	0,03752	0,180693

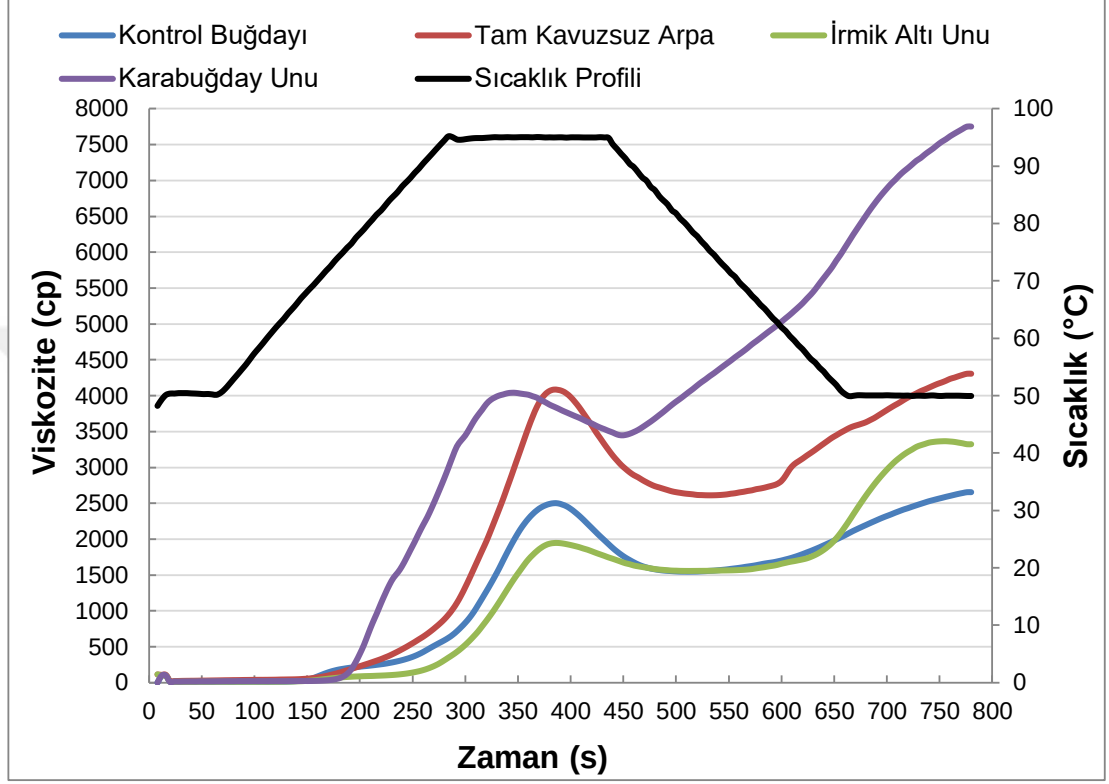
C.3. Analiz kalite güvenilirliği değerlendirmesi için onaylı (sertifikalı) referans madde (CRM) mineral madde miktarı (mg/g), analizde bulunan değerleri ve geri kazanım (doğruluk) oranları (%).

MİNERAL	NIST CRM 1567a (Buğday Unu)			NIST CRM 1573a (Domates Yaprağı)		
	Onaylı değer (mg/g)	Bulunan değer (mg/g)	Geri kazanım (%)	Onaylı değer (mg/g)	Bulunan değer (mg/g)	Geri kazanım (%)
Na	6.1±0.8	5.9±0.09	95.7±1.5	136.1±3.7	131.7±1.5	96.8±1.1
Mg	400±20	406±19	101.5±4.9	TE	TE	TE
K	1330±30	1333±19	100.2±1.45	26760±480	25370.3±481.9	94.6±1.8
S	1650±20	1610±38	97.4±2.3	TE	TE	TE
Ca	191±4	177±9	92.7±0.55	50450±550	46517.2±993	92.3±1.9
B	TE	TE	TE	33.1±0.42	31.6±0.39	95.4±1.1
Al	5.7±1.3	5.5±0.11	96.2±1.9	598.4±7.1	581.1±7.1	97.2±1.2
Mn	9.4±0.9	9.2±0.2	97.9±2.3	246.3±7.1	234.5±4.2	95.3±1.7
Rb	0.68±0.03	0.646±0.02	95±2.7	14.8±0.31	13.72±0.24	92.5±1.6
Mo	0.48±0.03	0.44±0.02	92.1±3.3	TE	TE	TE
Sm	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Cr	TE	TE	TE	1.9±0.034	1.85±0.03	93.2±1.8
Fe	14.1±0.5	14.6±1.07	103.8±7.6	367.5±4.3	352.6±5.1	96.0±1.4
Ni	TE	TE	TE	1.58±0.04	1.49±0.01	94.2±0.7
Cu	2.1±0.2	2.2±0.04	104.8±1.9	4.7±0.14	4.60±0.01	97.9±0.3
Zn	11.6±0.4	11.4±0.5	97.9±3.9	30.9±0.55	28.7±0.24	92.8±0.8
Sn	0.0033	0.0032±0,0001	96.7±2.7	TE	TE	TE
Pb	0.02	0.019±0,001	95±4.2	TE	TE	TE
Ti	TE	TE	TE	TE	TE	TE

Ortalama±Standart sapma, (n=10). TE; Tespit Edilemedi

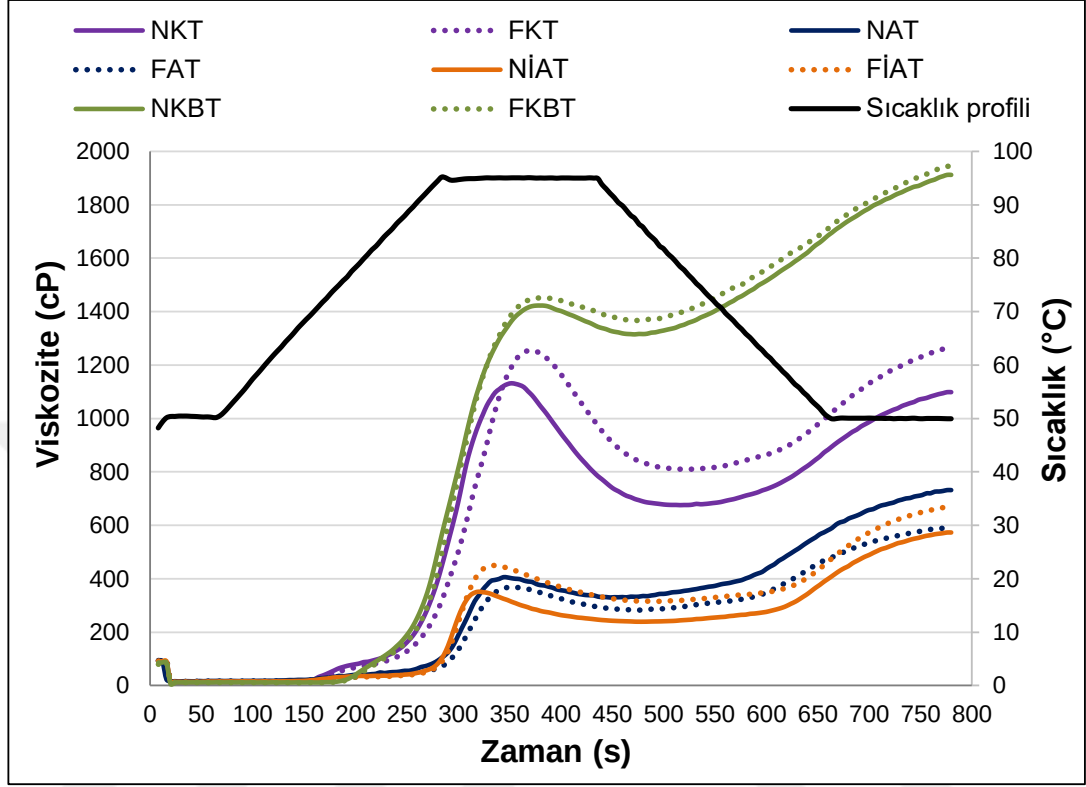
EK D. Çişişlenme Özellikleri Grafikleri

D.1. Kızılıık tarhanalarının üretiminde kullanılan tahıl/pseudo-tahıl unlarının çirişlenme özelliklerinin (cP) hızlı viskozite ölçer (Rapid visco analyzer-RVA) cihazında incelenmesi.



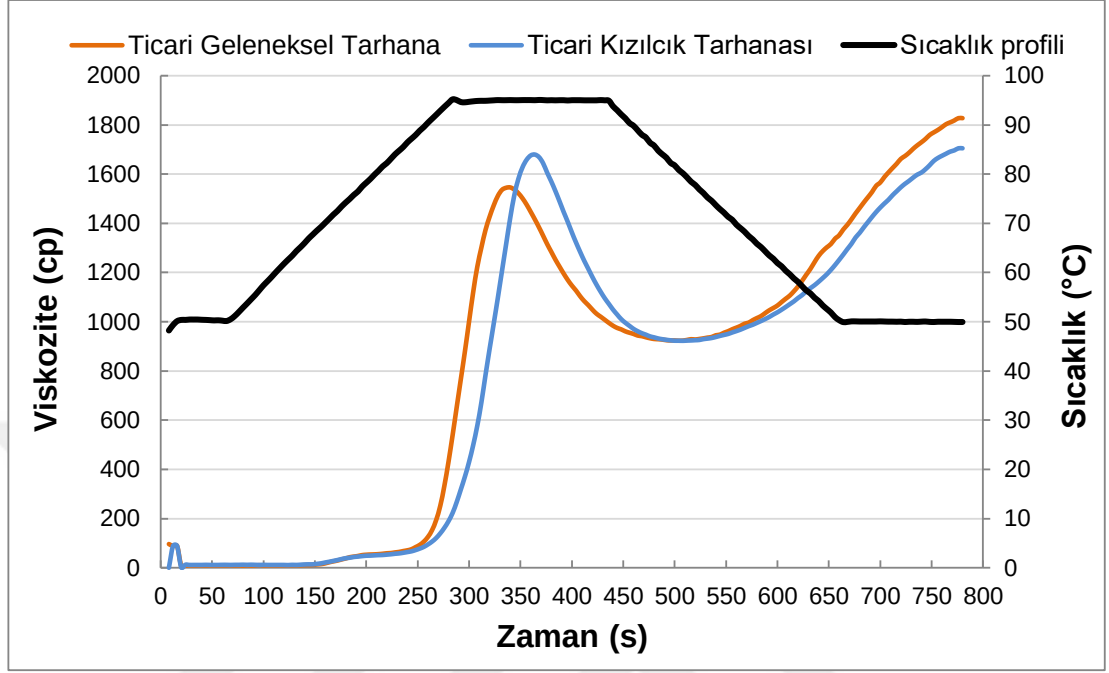
Şekil D.1. Buğday unu, tam kavuzsuz arpa unu, irmik altı unu ve karabuğday unlarının çirişlenme-viskozite (cP) özelliklerinin hızlı viskozite ölçer cihazında incelenmesi.

D.2. Fermantasyonlu ve fermantasyonsuz üretilen kızılcık tarhanalarının çirşlenme özelliklerinin (cP) hızlı viskozite ölçer (Rapid visco analyzer-RVA) cihazında incelenmesi.



Şekil D.2. Farklı tahıl/pseudo-tahıl unları kullanılarak fermantasyonsuz (NKT, NAT, NİAT ve NKBT) ve fermantasyonlu (FKT, FAT, FİAT ve FKBT) üretilen kızılcık tarhanalarının çirşlenme-viskozite (cP) özelliklerinin hızlı viskozite ölçer cihazında incelenmesi.

D.3. Ticari kızılıcık tarhanası ve ticari geleneksel tarhananın çirışlenme özelliklerinin (cP) hızlı viskozite ölçer (Rapid visco analyzer-RVA) cihazında incelenmesi.



Şekil D.3. Ticari kızılıcık tarhanası ve ticari geleneksel tarhananın çirışlenme-viskozite (cP) özelliklerinin hızlı viskozite ölçer cihazında incelenmesi.

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Betül CINDIK

Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul / 14.04.1994

Lisans Eğitimi : Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Gıda Mühendisliği

Elektronik posta : betul1506@hotmail.com

İletişim Adresi : betul1506@hotmail.com

Yayın Listesi :

1. **B. Cındık**, E. Yalçın 2019. Effect of fermentation on phytic acid and fructan contents of cornelian cherry tarhana. 13th Baltic Conference on Food Science and Technology (FOODBALT 2019) "FOOD. NUTRITION. WELL-BEING." and 5th North and East European Congress on Food (NEEFOOD 2019), 02-03 Mayıs, 2019, Jelgava, Letonya. (***E-poster Bildiri***)
2. Šťastná, K., Mrázková, M., Sumczynski, D., **Cındık, B.**, Yalçın, E. (2019). The Nutritional Value of Non-Traditional Gluten-Free Flakes and Their Antioxidant Activity. ***Antioxidants***, 8(11), 565.