

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
GIDA BİLİMLERİ BİLİM DALI**

**GELENEKSEL UŞAK TARHANASININ MİNERAL  
BİYOYARARLILIĞININ *in vitro* SİNDİRİM ORTAMINDA  
ARAŞTIRILMASI**

**Burcu ÇİMER**

**Danışman  
Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU**



**MANİSA-2018**

Burcu  
ÇİMER

GELENEKSEL UŞAK TARHANASININ MINERAL BİYOYARARLILIĞININ  
*in vitro* SİNDİRİM ORTAMINDA ARAŞTIRILMASI

2018

Tez Sırtı Örneği

## TEZ ONAYI

**Burcu ÇİMER** tarafından hazırlanan "**Geleneksel Uşak Tarhanasının Mineral Biyoyararlılığının *in vitro* Sindirim Ortamında Araştırılması**" adlı tez çalışması xx/xx/2018 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak savunulmuş ve **oyçokluğu / oybirliği** ile başarılı olarak kabul edilmiştir.

<b>Danışman</b>	<b>Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU</b> Manisa Celal Bayar Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Prof. Dr. Adı SOYADI</b> xxxxxxx Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Prof. Dr. Adı SOYADI</b> xxxxxxx Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Prof. Dr. Adı SOYADI</b> xxxxxxx Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Prof. Dr. Adı SOYADI</b> xxxxxxx Üniversitesi	.....

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Burcu ÇİMER**





## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER .....	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
TABLO DİZİNİ .....	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	X
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Beslenmede Fermente Tahıl Ürünlerinin Yeri .....	3
2.1.1. Tarhananın Tanımı.....	4
2.1.2. Tarhananın Tarihçesi .....	5
2.1.3. Tarhananın Besin Değeri .....	6
2.1.4. Tarhananın Üretimi .....	8
2.1.5. Tarhana ile İlgili Araştırmalar .....	9
2.2. Biyoyararlılık ve Biyoerişebilirlik.....	12
2.2.1. Biyoyararlılık.....	12
2.2.2. Biyoerişebilirlik .....	13
2.2.3. Biyoyararlılık ve Biyoerişebilirliği Etkileyen Faktörler.....	13
2.2.4. Sindirim Modelleri.....	15
2.2.4.1. <i>in vitro</i> Sindirim Modelleri .....	15
2.2.4.2. <i>in vivo</i> Sindirim Modelleri .....	17
2.2.5. Mineral Biyoyararlılığı ile İlgili Çalışmalar .....	18
2.2.5.1. Tahıl Ürünleri ile İlgili Mineral Biyoyararlılığı Çalışmaları ....	19
2.2.5.2. Süt Ürünleri ile İlgili Biyoyararlılık Çalışmaları .....	21
2.2.5.3. Meyve Sebzeler ile İlgili Biyoyararlılık Çalışmaları .....	23
2.3. Fitik Asit.....	26
2.3.1. Fitik Asitin Yapısı ve Özellikleri.....	26
2.3.2. Fitik Asitin Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi .....	28
2.3.3. Fitik Asit ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER .....	32
3.1. Materyal .....	32
3.1.1. Tarhana Üretiminde Kullanılan Malzemeler .....	32
3.1.2. Analiz Sırasında Kullanılan Kimyasal Malzemeler .....	32
3.1.3. Alet ve Cihazlar .....	33
3.1.4. Kullanılan Çözeltiler.....	34
3.2. Yöntem .....	34
3.2.1. Tarhana Üretimi ve Deneme Planı .....	35
3.2.2. <i>in vitro</i> Sindirim Uygulaması .....	37
3.2.3. Nem Analizi.....	40
3.2.4. Toplam Azotlu Madde Analizi .....	40
3.2.5. Çözünür Protein Analizi .....	40
3.2.6. Fitik Asit Analizi .....	41
3.2.7. Mineral Madde Analizi.....	42
3.2.8. Biyoerişebilirlik ve Biyoyararlılık Hesaplanması .....	43
3.2.9. İstatistiksel Analizler .....	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	44
4.1. Nem Analizi Sonuçları .....	44

4.2. Çorba Örneklerinin Kuru Madde Analizi Sonuçları .....	46
4.3. Tarhananın Toplam Azotlu Madde Analizi Sonuçları .....	47
4.4. Tarhananın Çözünür Protein Analizi Sonuçları .....	48
4.5. Tarhananın Fitik Asit Analizi Sonuçları .....	50
4.6. Tarhananın Mineral Madde Analizi Sonuçları .....	53
4.6.1. Bakır .....	53
4.6.1.1. Bakır Minerali Miktarı .....	53
4.6.1.2. Bakır Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı .....	54
4.6.2. Çinko .....	56
4.6.2.1. Çinko Minerali Miktarı .....	56
4.6.2.2. Çinko Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı .....	58
4.6.3. Mangan .....	60
4.6.3.1. Mangan Minerali Miktarı .....	60
4.6.3.2. Mangan Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı .....	61
4.6.4. Demir .....	63
4.6.4.1. Demir Minerali Miktarı .....	63
4.6.4.2. Demir Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı .....	64
4.6.5. Magnezyum .....	67
4.6.5.1. Magnezyum Minerali Miktarı .....	67
4.6.5.2. Magnezyum Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı .....	68
4.6.6. Kalsiyum .....	70
4.6.6.1. Kalsiyum Minerali Miktarı .....	70
4.6.6.2. Kalsiyum Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı .....	71
4.6.7. Sodyum .....	74
4.6.7.1. Sodyum Minerali Miktarı .....	74
4.6.8. Potasyum .....	75
4.6.8.1. Potasyum Minerali Miktarı .....	75
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	77
KAYNAKLAR .....	79
ÖZGEÇMİŞ .....	87

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>LAB</b>	Laktik asit bakterileri
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>Fe</b>	Demir
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>Mn</b>	Mangan
<b>Ca</b>	Kalsiyum
<b>Na</b>	Sodyum
<b>K</b>	Potasyum
<b>Zn</b>	Çinko
<b>Cu</b>	Bakır
<b>P</b>	Fosfor
<b>NaHCO<sub>3</sub></b>	Sodyum bikarbonat
<b>NaOH</b>	Sodyum hidroksit
<b>NaCl</b>	Sodyum klorür
<b>NH<sub>4</sub>SCN</b>	Amonyum tiyosiyanat
<b>FeCl<sub>3</sub></b>	Demir(III)klorür
<b>NaFeEDTA</b>	Ferric sodyum etilen diamin tetra asetik asit
<b>FFm</b>	Mikrokapsül ferrous fumarat
<b>FSm</b>	Mikrokapsül ferrous sülfat
<b>HCl</b>	Hidroklorik asit
<b>HNO<sub>3</sub></b>	Nitrik asit
<b>BİYO-Y</b>	Biyoyararlılık
<b>BİYO-E</b>	Biyoerişebilirlik
<b>dk.</b>	Dakika
<b>rpm</b>	revolutions per minute (1 dk. içerisindeki devir sayısı)
<b>°C</b>	Celcius
<b>g</b>	Gram
<b>mL</b>	Mililitre
<b>µL</b>	Mikro litre
<b>ICP</b>	Inductively coupled plasma
<b>TSE</b>	Türk Standartları Enstitüsü



## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ DEVAMI**

<b>FDA</b>	Gıda ve İlaç Dairesi
<b>SHMP</b>	Sodyum hekzametafosfat



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Biyoyararlılığı etkileyen faktörler.....	15
Şekil 2.2. Fitik asitin kimyasal yapısı .....	26
Şekil 3.1. Tez deneme planı .....	34
Şekil 3.2. Ev yapımı tarhana üretim aşamaları .....	36
Şekil 3.3. Tarhananın farklı aşamalardaki halleri .....	37
Şekil 3.4. <i>in vitro</i> sindirim aşamaları .....	39
Şekil 3.5. Çalkalamalı inkübatörde <i>in vitro</i> sindirim .....	40
Şekil 3.6. Protein ve fitik asit analizinde kullanılan UV-Vis spektrofotometre..	42
Şekil 3.7. Mineral madde analizi için yaş yakma düzeneği .....	43
Şekil 4.1. Tarhana örneklerinin % nem miktarı grafiği .....	45
Şekil 4.2. Çorba örneklerinin % kuru madde içerikleri grafiği.....	47
Şekil 4.3. Çözünür protein miktarı grafiği .....	49
Şekil 4.4. Tarhana örneklerinin fitik asit miktarı grafiği .....	51
Şekil 4.5. Tarhana örneklerinin % fitik asit kaybı grafiği.....	51
Şekil 4.6. Bakır % biyoerişebilirlik grafiği .....	55
Şekil 4.7. Bakır % biyoyararlılık grafiği.....	55
Şekil 4.8. Çinko % biyoerişebilirlik grafiği .....	59
Şekil 4.9. Çinko % biyoyararlılık grafiği .....	59
Şekil 4.10. Mangan % biyoerişebilirlik grafiği.....	62
Şekil 4.11. Mangan % biyoyararlılık grafiği.....	63
Şekil 4.12. Demir % biyoerişebilirlik grafiği.....	65
Şekil 4.13. Demir % biyoyararlılık grafiği.....	66
Şekil 4.14. Magnezyum % biyoerişebilirlik grafiği.....	69
Şekil 4.15. Magnezyum % biyoyararlılık grafiği.....	69
Şekil 4.16. Kalsiyum % biyoerişebilirlik grafiği .....	72
Şekil 4.17. Kalsiyum % biyoyararlılık grafiği .....	73

## TABLO DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1. Tarhananın kimyasal bileşimi .....	7
Tablo 2.2. Tarhananın vitamin ve mineral içeriği .....	7
Tablo 2.3. Ticari metotta tarhana üretim formülasyonu .....	9
Tablo 2.4. Mineral biyoyararlılığı incelenmiş çalışmalar .....	18
Tablo 3.1. Tarhana üretiminde kullanılan formülasyon .....	32
Tablo 4.1. Tarhana örneklerinin % nem içeriği .....	44
Tablo 4.2. Çorba örneklerinin % kuru madde içeriği .....	46
Tablo 4.3. Tarhana örneklerinin çözünür protein miktarı .....	49
Tablo 4.4. Tarhana örneklerinin fitik asit miktarı ve % fitik asit kaybı.....	51
Tablo 4.5. Tarhana çorbası örneklerinin bakır minerali miktarı .....	53
Tablo 4.6. Bakır için % biyoerişebilirlik ve % biyoyararlılık değerleri.....	55
Tablo 4.7. Tarhana çorbası örneklerinin çinko minerali miktarı .....	57
Tablo 4.8. Çinko için % biyoerişebilirlik ve % biyoyararlılık değerleri.....	58
Tablo 4.9. Tarhana çorbası örneklerinin mangan minerali miktarı.....	61
Tablo 4.10. Mangan için % biyoerişebilirlik ve % biyoyararlılık değerleri .....	62
Tablo 4.11. Tarhana çorbası örneklerinin demir minerali miktarı .....	64
Tablo 4.12. Demir için % biyoerişebilirlik ve % biyoyararlılık değerleri .....	65
Tablo 4.13. Tarhana çorbası örneklerinin magnezyum minerali miktarı.....	67
Tablo 4.14. Magnezyum için % biyoerişebilirlik ve % biyoyararlılık değerleri.	69
Tablo 4.15. Tarhana çorbası örneklerinin kalsiyum minerali miktarı.....	71
Tablo 4.16. Kalsiyum için % biyoerişebilirlik ve % biyoyararlılık değerleri.....	72
Tablo 4.17. Tarhana çorbası örneklerinin sodyum minerali miktarı.....	74
Tablo 4.18. Tarhana çorbası örneklerinin potasyum minerali miktarı.....	75

## TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU'na, yüksek lisans çalıőmam boyunca her an yanımda olup bana destek olan değerli eőim Hüseyin ÇİMER'e, çalıőmam boyunca ilgimden mahrum kalan çocuklarım Elif Sena ve Egehan'a, analizlerimi yapabilmem için bana laboratuvarlarının kapısını açan Global Test Hizmetleri ailesine, sabır ve fedakârlıklarından dolayı canım annem Fatma YILDIRIM'a yürekten teşekkür ederim.

Burcu ÇİMER  
Manisa, 2018



*Çocuklarım Elif Sena ve Egehan'a ithafen...*

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

### Geleneksel Uşak Tarhanasının Mineral Biyoyararlılığının *in vitro* Sindirim Ortamında Araştırılması

Burcu ÇİMER

Manisa Celal Bayar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU

Tarhana, un, yoğurt, maya, çeşitli sebze ve baharatların karıştırılıp fermentasyona bırakılması, kurutulması ve öğütülerek toz haline getirilmesi sonucunda elde edilen geleneksel fermente bir tahıl ürünüdür. Sıklıkla kaynamış suda kıvamlı çorba şeklinde tüketilir. Tarhananın yapımında temel olan hammaddeleri tahıl ve yoğurt oluşturur. Bunun dışında katılan maddeler bölgelere göre değişiklik gösterir.

Tarhana iyi bir vitamin ve mineral kaynağıdır. Özellikle B grubu vitaminlerden tiamin ve pridoksin yönünden önemlidir. Ayrıca kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, bakır, mangan, sodyum ve potasyum yönünden önemli bir besindir.

Besin öğelerinin biyoyararlılığını ve biyoerişebilirliğini incelemek üzere *in vitro* gastrointestinal yöntemler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu amaçla model bağırsak ve mide sistemi oluşturularak (vücut sıcaklığı, mide ve bağırsak pH'sı, enzimler) insan vücudunda bir kimyasal ya da bir maddenin absorbe edilebilme derecesi hakkında bilgi edinilebilmektedir.

Bu çalışmada tarhana fermentasyonunun farklı aşamalarında yani fermentasyon işleminin başlangıcında ve 3 gün aralıklarla alınan örnekler çorba formunda *in vitro* sindirime tabi tutulmuş ve Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn mineralleri ve fitik asit içerikleri tespit edilerek mineral madde biyoerişebilirlik ve

biyoyararlılıkları hesaplanmıştır. Tarhana hamurunun 21 günlük fermentasyon sonunda % biyoerişebilirlik değerleri bakır için %25'den %55'e; çinko için %23,27'den %51,38'e; mangan için %19,76'dan %39,51'e; demir için %19,40'den %46,88'e; magnezyum için %33,90'den %83,23'e; kalsiyum için %13,13'den %51,65'e yükseldiği görülmüştür.

Biyoyararlılık değerleri ise çinko için %1,76 dan %2,52'e; mangan için %1,47'den %2,64'e; demir için %1,03'den %2,58'e; magnezyum için %2,92'den %5,86'a; kalsiyum için %1,84'den %6,80'e yükseldiği belirlenmiştir.

Ayrıca tarhananın hamur halinin ve toz halinin protein içerikleri kuru madde bazında sırasıyla %17,39 ve %15,7 olarak tespit edilmiştir. Protein içeriği ise 12,25-14,34 g/100 g değerleri arasında değişmektedir.

Fermentasyon süreci boyunca fitik asit miktarı 524,93 mg/100 g'dan 50,38 mg/100 g'a düşerek %90,40 oranında kayıp gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler: biyoyararlılık, fitik asit, in vitro sindirim, mineral madde, tarhana**

**2018, 87 sayfa**

## **ABSTRACT**

### **M.ScThesis**

#### **Determination of Mineral Bioavailability of Traditional Uşak Tarhana Using *in vitro* Digestion Methods**

**Burcu ÇİMER**

**Manisa Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Food Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU**

Tarhana is a traditional fermented grain product, obtained from flour, yoghurt, yeast, vegetables and spices mixture, leaving fermentation, drying and grinding. Generally tarhana is consumed as a thick soup form. The main ingredients of tarhana are wheat flour and yoghurt. The composition of tarhana varies according to the different areas.

Tarhana is a good source of vitamins and minerals. Thiamin and pyridoxine are important terms of the B group vitamins. Also calcium, magnesium, iron, zinc, copper, manganese, sodium and potassium are important nutrients.

Gastrointestinal *in vitro* methods are used widely to examine the bioavailability and bioaccessibility of nutrients. For this reason simulating intestinal and stomach model systems (body temperature, stomach and intestinal pH, enzymes) informs about degree of absorption chemicals and substance in the human body.

In this study, the samples taken in different stages of tarhana fermentation (at the beginning of the fermentation process and at 3 day intervals) were subjected to *in vitro* digestion and determined the content of Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn minerals and phytic acid and calculated mineral bioaccessibility and bioavailability. At the end of the 21 day fermentation of the tarhana pulp, the bioaccessibility values have increased; for copper from 25% to 55% ; for zinc from 23,27% to 51,38% ; for manganese from 19.76% to 39.51% ; for iron from 19.40% to 46.88%; for magnesium from 33,90% to 83,23%; for calcium from 13.13% to 51.65%.

The bioavailability values have increased; for zinc from 1,76 to 2,52% ; for manganese from 1,47% to 2,64%; for iron from 1,03% to 2,58%; for magnesium from 2,92% to 5,86% ; for calcium from 1,84% to 6,80%.

In addition, the protein content of the tarhana dough and tarhana powdered was determined 17,39% and 15,7% on dry matter basis respectively. Protein contents ranged from 12,25 to 14,34 g/100 g.

During the fermentation period, the amount of phytic acid decreased from 524,93 mg/100 g to 50,38 mg/100 g, with a loss of 90,40%

**Keywords: bioavailability, *in vitro* digestion, minerals, phytic acid, tarhana**

**2018, 87 pages**



## 1.GİRİŞ

Tarhana bölgeden bölgeye değişiklik göstermekle beraber, un, yoğurt, maya, sebze ve baharatların karıştırılması, fermantasyona bırakılması, kurutulması ve öğütülmesi sonucunda elde edilen geleneksel bir fermente tahıl ürünüdür. Genel olarak kaynamış suda kıvamlı çorba şeklinde tüketilir. Tarhananın yapımında temel olan hammaddeleri tahıl ve fermente süt olan yoğurt oluşturmaktadır [1, 2]. Türk Standartlar Enstitüsü Türkiye için 4 çeşit tarhana belirlemiştir. Bunlar; un tarhanası, göce tarhanası, ırmık tarhanası ve karışık tarhanadır [3].

Tarhana iyi bir vitamin ve mineral kaynağı olarak bilinmektedir ki özellikle B grubu vitaminlerden tiamin ve pridoksin yönünden önemlidir. Ayrıca kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, bakır, manganez, sodyum ve potasyum mineralleri yönünden de önemli bir besindir [4, 5]. Ancak tahıl ve tahıl ürünlerinde bulunan fitik asitin antinütrisyonel bir etkiye sahip olduğu ve minerallerin biyoyararlılığını azalttığı bilinmekte olup fermantasyon işlemleri sırasında fitik asitin parçalandığı çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir [6, 7].

Fermantasyon süresince ürünün tat, aroma, tekstür, yapı ve renk özellikleri istenilen forma dönüşebilmekte, besin kalitesi ve sindirilebilirliği ise artmaktadır. Bunun yanı sıra bazı mikroorganizmaların çeşitli vitamin ve büyüme faktörlerini sentezleyerek tarhananın beslenme değerine olumlu katkıda buldukları bildirilmektedir [8]. Tarhanada fermantasyon sonucu oluşan organik asitler pH'ı düşürürler, bu durum da üründe istenmeyen bakteriler üzerinde bakteristatik etki yapmaktadır [9].

Fermente tahıl ürünlerinin besleyici kalitesi, protein sindirilebilirliği ve aminoasitlerin biyoyararlılığının yüksek olduğu bildirilmektedir Tarhananın en önemli besleyici özelliği, tahıl proteinlerinin, tarhana yapımında kullanılan süt veya süt ürünlerinin proteinleriyle zenginleştirilmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Buğday ununda lizin ve treoninin miktarı düşüktür ve yoğurt eklenmesi ile protein kalitesi yükseltilir [4].

Besin öğelerinin biyoyararlılığını ve biyoerişebilirliğini araştırmak için *in vitro* gastro intestinal yöntemler son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu

amaçla simüle mide ve bağırsak sistemi oluşturularak (vücut sıcaklığı, mide ve bağırsak pH'sı, enzimler) insan vücudunda bir kimyasal ya da bir maddenin emilebilme derecesi hakkında bilgi edinilebilmektedir [10].

Biyoyararlılık terimi insan ya da hayvan vücudunda bir kimyasal ya da bir besin maddesinin emilebilme derecesini belirtmektedir [11]. Biyoerişebilirlik terimi ise sindirilmiş olan maddenin çözünebilen element fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır [12]. Simüle mide-bağırsak sindirim yöntemleri, günlük diyet içinde bilinçli ya da bilinçsiz olarak tüketilen sebze, meyve, et, kuru baklagil gibi örnek matrikslerinden gelen besin öğelerinin ne kadarının vücuda alındığını belirlemeyi hedefler. Bu çalışmaların hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılmasının maliyetli olması, öncesinde önemli hazırlık çalışmaları gerektirmesi ve etik konuların gündeme gelmesi nedeniyle tercih edilmemekte ve araştırmalar çoğunlukla model sistemler kullanılarak yapılmaktadır. Bunun için de *in vitro* olarak gastrointestinal metotlarla model mide ve bağırsak sistemi oluşturularak belirlenmektedir [12, 13].

Bu çalışmada geleneksel Uşak tarhana hamurunun fermantasyon aşamalarında ve son ürün olan toz formda ve depolama aşamasında alınan örneklerden hazırlanan çorbalarda; kuru madde, toplam azotlu madde, protein, fitik asit ve mineral madde içerikleri belirlenmiştir. İki tekerrürlü olarak gerçekleştirilen çalışmada fermantasyonun farklı aşamalarından ve kurutulmuş tarhana örneklerinden hazırlanan çorbalarda *in vitro* sindirim gerçekleştirilen örneklerde mineral madde (Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn ve Cu) miktarları belirlenmiş ve biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri hesaplanmıştır. Tarhana çorbasında mineral madde biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerlerinin araştırıldığı ilk çalışma olmasından dolayı özgün bir çalışmadır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Beslenmede Fermente Tahıl Ürünlerinin Yeri

Beslenme, insan gereksinmelerinin başında gelen ve büyüme, yaşamın sürdürülmesi, sağlığın korunması için besinlerin kullanılmasıdır. Beslenme bilimi, beslenmeye esas olan besin kaynaklarının (karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve mineral) türleri, miktarları, özellikleri ve vücut çalışmasındaki fonksiyonları, besinlerin bileşimi, kimyasal ve fiziksel özellikleri, üretimden tüketime kadar uygulanan proseslerin besin kalitesine etkisini, farklı yaş, cinsiyet ve özel durumlarda olan kişi ya da toplulukların beslenme plan ve programlarının düzenlenmesini inceler. Besin öğelerinin birbirinden farklı özellikleri ve vücutta fonksiyonları mevcuttur. Karbonhidratlar birincil enerji kaynağı olarak kullanılırken, proteinler, büyüme, gelişme ve hücre yenilenmesinde kullanılırlar. Mineraller ise vücudun yapı taşı olup, vitaminler ile besinlerin yapım ve yıkımında kimyasal değişimlerde düzenleyici rol alırlar [14].

İnsan beslenmesinde önemli yer tutan tahılların önem derecesi toplumdan topluma farklılık gösterebilir. Ülkemizde halkın çoğunun diyetindeki enerji ve proteinin %70-80'i tahıl ve tahıl ürünlerinden karşılanmaktadır [14].

Artan dünya nüfusunun beslenmesinde, besin gruplarından tahıllar ve tahıl ürünleri ekonomik açıdan önemli bir besin kaynağıdır. Tüketimi kolaylaştırması ve besin öğelerinin zenginleştirilerek sindirilebilirliğini ve biyoyararlılığının artırılması için tahıllara bazı ön prosesler uygulanması gerekmektedir. Geleneksel olarak ya da teknolojinin gelişmesiyle modern olarak yapılan, tahıl tanesinin kırılması, kavrulması, pişirilmesi, öğütülmesi veya öğütülmüş kısmın diğer besinlerle karıştırılması, fermantasyona bırakılması gibi pek çok işlem bulunmaktadır [4].

Fermente gıdalar dünyanın büyük bir kesiminde beslenmede önemli bir yer tutar. Öncelikle Orta Asya'da Türkler tarafından üretildiği bilinen tarhana, Türklerin taşınmasıyla Anadolu, Balkanlar ve bazı Avrupa ülkelerine taşınmıştır [5]. Bütün toplumların beslenmesinde geleneksel hale gelmiş bazı gıdalar bulunduğu gibi Türkiye'de de geleneksel olarak tanımlanan bazı besinler bulunmakta olup, bunlardan biri de Tarhana'dır [15]. Tarhana bebek, çocuk ve yaşlı beslenmesinde önemli bir yer tutar [16].

Son zamanlarda kentsel nüfusun hızla artmasıyla ve özellikle bayanların çalışma hayatına katılması ile hazır gıdalara duyulan ihtiyaç artırmıştır ki bu hazır gıdalar arasına sanayi ölçekli üretimi başlatılan tarhana da dahil olmuştur [17].

### 2.1.1. Tarhananın Tanımı

Türkiye’de tarhana, yoğurt, buğday unu, maya ve çeşitli sebze ve baharatların (domates, soğan, tuz, nane, kırmızıbiber) karışımıyla hazırlanan ve 1-7 gün arası fermantasyona bırakılan geleneksel fermente bir gıda ürünüdür [1].

Fermantasyon sürecinde laktik asit bakterileri ve maya asidik ortam oluşumunda etkindir. Fermantasyondan sonra hamur karışımı güneşte kurutulup, öğütülür. Tarhana mayalı aromasıyla asidik ve ekşi bir tada sahiptir ve çorba yapımında kullanılır. Tarhananın düşük pH (3,8-4,2) ve düşük nem içeriğinden dolayı (yaklaşık %6-9) 1-2 yıl süre ile saklanabilir [1].

Türkiye’de tüketilen tarhanaların çoğu ev yapımıdır. Ancak endüstriyel seviyede de üretimi yapılmaktadır. Endüstriyel ölçekte özellikle kullanıma hazır formda üretmek için artmakta olan bir ilgi vardır [6]. Tarhana iyi bir protein ve vitamin kaynağıdır, bu yüzden büyük ölçüde kıvamlı bir çorba olarak çocuk ve yaşlı beslenmesinde kullanılır [2].

Tarhana karışımı hazırlama yöntemleri bölgeden bölgeye değişse de tahıl ürünleri ve yoğurt iki önemli bileşendir [2]. Türkiye sınırları içerisinde farklı tipte tarhanaların üretimi bulunmasına rağmen temel üretim süreçleri birbirine benzemektedir. Bu farklılığın nedeni, tarhana üretimindeki yöresel alışkanlıklar olup, örneğin Güneydoğu Anadolu bölgesindeki illerde (Kahramanmaraş, Gaziantep) tarhana üretimlerinde buğday kırmısı, İç Anadolu bölgesindeki illerde (Ankara, Konya, Karaman) ise un kullanımı yaygındır [16]. Ege bölgesindeki illerde üretilen (Uşak, Denizli, Kütahya) tarhana formülasyonunda daha fazla çeşit sebze kullanımı ve uzun fermantasyon süresi uygulanmaktadır. Bu durum fermantasyon sürecinde bulunan maya ve laktik asit bakteri çeşitliliğini etkilemektedir [17].

Uşak tarhanası, Türk Standartları Enstitüsü TS 2282 Tarhana Standardına göre "un tarhanası" sınıfında yer alır ve kendine özgü içeriğe ve üretim şekline sahiptir. Uşak tarhanasının üretim aşamaları diğerlerine benzese de formülasyonunda

daha fazla sebze kullanılması ve uzun süre fermantasyon gerçekleştirilmesinden dolayı diğer tarhanalardan ayrılmaktadır. Fermantasyon mevsim şartlarına bağlı olarak 21 gün sürmekte olup halk arasında bu süreç hamurun kabarması, inmesi ve tatlanması şeklinde ifade edilir [17].

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) TS 2282'ye göre tarhana; “Buğday unu veya kırması veya ırmik veya bunların karışımı ile yoğurt, biber, tuz, kuru soğan, domates, tat ve koku verici sağlığa zararsız bitkisel besinlerin (dereotu, nane, tarhana otu, vb.) birlikte karıştırılıp yoğrulduktan ve fermente edildikten sonra kurutulmaya bırakılması, öğütülmesi ve eleklerden elenmesiyle elde edilen besinsel değeri yüksek bir gıda maddesidir.” şeklinde tanımlanmaktadır [3].

TS 2282 Tarhana Standardında, tarhana; “Un Tarhanası”, “Göce Tarhanası”, “İrmik Tarhanası” ve “Karışık Tarhana” olmak üzere dört sınıfa ayrılmış olup, tahıl olarak buğday unu kullanılan tarhana un tarhanası, buğday irmiği kullanılan tarhana ırmik tarhanası, buğday kırması kullanılan tarhana göce tarhanası ve un, ırmik ve kırmanın her üçünün beraber kullanıldığı tarhana ise karışık tarhana olarak adlandırılmaktadır [3].

Tarhana Türkiye’de tüketilen, fermente tahıl ürünleri esaslı geleneksel bir yiyecektir. Özellikle soğuk günlerde Türkiye’de çorba olarak yaygın olarak hazırlanmaktadır [9].

### **2.1.2. Tarhananın Tarihçesi**

Türklerin uzun yıllardır tükettiği besinlerden biri olan tarhananın tarihi ile ilgili incelenen belgelerde resmi bir kayda rastlanmamış olmasına rağmen, Türklerin Orta Asya’dan göç etmesiyle Anadolu’ya geldiği ve yakın doğu ülkelerine yayıldığı tahmin edilmektedir [16]. Tarhananın kökeni hakkında iki önemli teori olduğunu ileri sürülmekte olup, birincisi tarhananın Çinlilerin buharda pişirip hamur işlerine benzer şekilde tüketmesinden yola çıkmaktadır. Bu kültürle yakın ilişkisi bulunan Türklerin, tarhanayı da buna benzer şekilde hazırladığı ve tarhananın Türkler ile birlikte Orta Asya’dan İstanbul’a kadar geldiği, oradan da Osmanlı İmparatorluğu yolu ile Balkanlar’a, Orta Doğu’ya ve diğer Doğu Avrupa ülkelerine yayıldığı yönündedir [15]. İkinci bir teori de bazı göçebe Türk boylarının 600-700’lü yıllarda yerleşik düzene geçince tahıl ürünleri ve buğday yetiştirmeye başlayıp tarhanayı keşfettikleri

ve tarihi göçler sonucu dünyanın diğer bölgelerine yayıldığı tahmin edilmektedir [4]. Osmanlı İmparatorluğu'nun ayak bastığı her yere tarhanayı da götürmeleri sonucu, onun çeşitli ülkelerde de bilinmesi sağlanmıştır. Tarhananın farklı isimleri olup Arnavutluk'ta "Trahana" ve "Trahan", Bosna'da "Tarhana", Bulgaristan'da "Trahana" ve "Tarhana", Yunanistan'da "Trahanas", Makedonya'da "Tarana" ve Macaristan'da "Tarhonya" adları ile günümüzde de tüketilmektedir [15]. Bu ülkeler dışında Tarhana, Irak'ta "Kışk", Finlandiya'da "Talkuna", Türkistan'da "Göce", Suriye, Mısır ve Lübnan'da "Kishk" isimleri ile bilinmektedir [15, 16, 18].

Fermente ürünler beslenmemizde binlerce yıldır yer almaktadır ancak üretim ve tüketimleri ile ilgili yazılı kaynaklar daha yakın tarihlidir. Et, süt ve sebzelerin fermantasyon yöntemleri ile ilgili bilgiler M.Ö. 6000 yılına kadar dayanan kaynaklarda yer almaktadır. Başlangıçta tesadüfi olaylarla ortaya çıkan fermente gıdalar, günümüzde ise bütün dünyada tüketilen tüm gıdaların yaklaşık 1/3' ünü oluşturmaktadır. Toplam üretim ve tüketim miktarları açısından fermente gıdaları değerlendirecek olursak ilk üç sırayı; süt ürünleri, içecekler ve tahıl ürünleri oluşturmaktadır [15].

### **2.1.3. Tarhananın Besin Değeri**

Tarhana iyi bir protein, vitamin ve mineral kaynağı olmasından dolayı yüksek besleyici bir değere sahiptir [5].

Fermantasyon işlemi; gıdaların tadını, aromasını, raf ömrünü, besinsel değerini ve diğer olumlu özelliklerini arttırmaktadır [8]. Ayrıca fermente tahılların besleyici kalitesinin, protein sindirilebilirliğinin ve biyoyararlılığının yüksek olduğu bilinmektedir. Tarhananın en belirgin besleyici özelliği, tahıl proteinlerinin tarhana üretiminde kullanılan süt veya süt ürünlerinin proteinleriyle zenginleştirilmiş olmasından kaynaklandığı bilinmektedir. Buğday unundaki lizin ve treonin miktarı düşüktür ancak yoğurt eklenmesiyle protein kalitesi yükseltilebilmektedir [4].

Fermantasyon sonunda tarhananın riboflavin, niasin, pantotenik asit, askorbik asit ve folik asit içerikleri önemli düzeyde artış gösterir. Uzun fermantasyon süresi boyunca fitik asitin %95'e yakını kaybolur. Fitik asitin mineral ve proteinleri direkt ya da dolaylı olarak bağlayabilme özelliği bulunduğundan dolayı, bunların

çözünürlüğünü, fonksiyonelliğini, sindirilebilirliğini ve emilebilirliğini etkileyip antinütrisyonel bir etki yaratır [6].

Patojenlerin oluşumu ve mikroorganizmaların bozulması tarhananın düşük pH ve düşük nem içeriği ile engellenir. Bu durum tarhananın 1 yıl ve üzeri sürede saklanabilmesini sağlar [7].

Tarhananın besin değeri, formülasyonda kullanılan besinlerin özelliğine ve miktarına bağlı olarak değişse de ortalama olarak Tablo 2.1.' de belirtildiği üzere nem %10,2; protein %16; karbonhidrat %60,9; yağ %5,4; lif %1; tuz %3,8 ve kül %6,2 olarak ölçülmüştür [5, 16]

**Tablo 2.1.** Tarhananın kimyasal bileşimi [5, 16]

<b>Bileşen</b>	<b>En az</b>	<b>En çok</b>	<b>Ortalama</b>
Nem (%)	6,4	13,9	10,2
Protein(Nx6,26) (g/100 g)	12,0	29,9	16
Karbonhidrat (g/100 g)	41,8	77,5	60
Yağ (g/100 g)	1,6	18,2	5,4
Selüloz (g/100 g)	0,01	3,1	1
Tuz (g/100 g)	0,56	10,4	3,8
Kül (g/100 g)	1,4	14,2	6,2

Tarhananın temel bileşenini oluşturan un, özellikle elzem amino asitlerden olan lizin ve treonin yönünden fakirdir. Tarhananın bileşiminde yer alan yoğurtta ise bu amino asitler bol miktarda bulunmakta olup, tarhana elzem amino asitler yönünden zengin ve yüksek kaliteli bir protein kaynağı olarak kabul edilmektedir [19]. Tarhananın vitamin ve mineral içerikleri Tablo 2.2.' de yer almaktadır.

**Tablo 2.2.** Tarhananın vitamin ve mineral içeriği mg/100g [5, 16]

<b>Mineral ve Vitaminler</b>	<b>En az (mg/100 g)</b>	<b>En çok (mg/100 g)</b>	<b>Ortalama (mg/100 g)</b>
Kalsiyum	59	191	109
Demir	2,1	5,9	3,6
Sodyum	296	1130	634
Potasyum	60	182	114
Magnezyum	30	134	78
Çinko	0,8	3,2	1,8
Bakır	147	807	450
Manganez	211	1182	612
Vitamin B <sub>1</sub>	-	-	0,01
Vitamin B <sub>2</sub>	-	-	0,08

Tarhana B vitaminleri yönünden zengin olmasına rağmen, bazı B vitaminlerindeki kayıp açıkta kuruturken güneşle temas derecesine bağlıdır. Tarhananın kurutma işlemi, hava akımı olan ve direkt güneşi görmeyen bir yerde, üstü ince bir bezle kapalı olarak yapılmalıdır. Fermantasyon sürecinde ortamda bulunan protein, yağ ve kül gibi besin öğelerinin bakteri kültürü ile ön sindirime tabi tutulması tarhananın daha kolay sindirilebilmesini sağlar ve besleyici değerini artırır [15].

#### 2.1.4. Tarhana Üretimi

Tarhana hamuru buğday unu, yoğurt, tuz, ekme mayası, çeşitli sebze ve baharatların karıştırılıp yoğrulmasıyla hazırlanıp, 1-7 gün süre ile laktik asit ve alkol fermantasyonuna bırakılır [16]. Bu süre Ege Bölgesinde tarhana üretimi yapan illerde (Uşak, Denizli, Kütahya) daha uzun sürebilmektedir [17]. Bu fermente hamur yaş tarhana olarak adlandırılır. Sonrasında hamur güneşte ya da kurutucuda, topaklar ya da ince tabaka halinde kuru tarhana elde etmek için kurutulur. Son olarak 1 mm'den daha ince kalınlıkta toz elde edilir. Tarhana çorbası toz ya da yaş tarhanadan yapılabilir [20].

Tarhananın fermantasyon sürecinde maya ve laktik asit bakterileri (LAB), asit, etanol, CO<sub>2</sub> ve bir takım aroma bileşenleri gibi metabolitlerin üretimi yönünden önemlidir. Mikrobiyolojik yönden yapılan çalışmalarda tarhana mikro florasında çoğunlukla laktobasillerin (*Lactobacillus bulgaricus*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. casei*, *L. fermentum*) bunun yanı sıra pediokok (*Pediococcus pentosaceus*, *P.acidilactici*) ve streptokok (*Streptococcus thermophilus*) gibi türlerin bulunduğu belirlenmiştir. Tarhana fermantasyonundaki maya çeşitliliğine ilişkin bilgiler sınırlı olup, *Saccharomyces cerevisiae*'nin florada hakim olduğu bildirilmektedir [17].

Fermantasyon işlemi, kurutma ve öğütme işlemi takip eder. Kurutma sonunda %3-9 gibi düşük nem içeriği ve pH 4-5 gibi düşük pH değeri son ürünü patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaların bakteriyostatik etkilerine karşı korur ve ürünün raf ömrünü uzatır. Tarhana tozu kuru ve soğuk şartlarda 1-2 yıl arası depolanabilir ve çorba yapımında kaynayan suyun içine eklenerek kullanılır [9].



### Tarhananın üretim aşamaları:

Tarhananın ticari olarak üretim formülasyonu Tablo 2.3.'de verilmiş olup, üretim aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

- Hammaddelerin karıştırılması
- Hamurun yoğrulması
- Fermantasyona bırakma
- Kurutulmak üzere serilmesi
- Öğütülüp, toz haline getirilmesi

**Tablo 2.3.** Ticari Metotta Tarhana Üretim Formülasyonu [5]

Bileşenler	Miktar (birim)	Miktar (%)
Buğday unu	100	35,40
İrmik	37,5	13,27
Yoğurt	60	21,24
Soğan	37,5	13,27
Domates Püresi	7,5	2,65
Kırmızıbiber püresi	7,5	2,65
Mercimek unu	5	1,77
Ayçiçeği yağı	1,5	0,53
Tuz	5	1,77
Maya	20	7,08
Sitrik asit	1	0,35

#### 2.1.5. Tarhana ile İlgili Araştırmalar

Bilgiçli (2009)'nin yaptığı çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda karabuğday unu kullanıp, kimyasal ve duyuşal olarak incelemiştir. Çalışma sonunda tarhana örneklerinin fermantasyon kaybı; %9,06-23,27 değerleri arasında, kül %1,68-3,04 değerleri arasında, protein %16,4-18,2 değerleri arasında, fitik asit ise 20,13-165,34 mg/100 g değerleri arasında tespit edilmiştir. Mineral madde analizi sonucunda ise, kuru madde bazında potasyum mineralini; 384,6-600,1 mg/100 g, kalsiyum mineralini; 99,5-100,4 mg/100 g, magnezyum mineralini; 61,05-271,3 mg/100 g, demir mineralini; 2,52-4,02 mg/100 g, çinko mineralini; 1,56-2,70 mg/100 g değerleri arasında tespit etmiştir [6].

Bilgiçli ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada farklı fitaz kaynakları (fırın mayası, arpa malt unu ve mikrobiyal fitaz) eklenerek hazırlanan tarhananın üretimi sırasında bazı minerallerin fitik asit, HCl ekstrakte edilebilirliği ve *in vitro*

protein sindirilebilirliği incelenmiştir. Tarhananın fitik asit içeriği, maya, malt ve fitaz eklenmesinden sonra ( $p<0,01$ )'e göre önemli ölçüde azalmıştır. Hammadde olarak kullanılan buğday unu ile ilgili olarak, tarhanadaki fitik asit içeriği % 95,3 oranında azalmıştır. Tarhananın üretilmesinden sonra, Ca, Mg, Zn ve K' nin HCl ekstrakte edilebilirliği ve tarhananın *in vitro* protein sindirilebilirliği sırasıyla % 80,2, % 86,4, % 73,9 ve % 92,6 ve %91,9'a yükselmiştir. Minerallerin fitik asit, HCl ekstrakte edilebilirliği ve *in vitro* protein sindirilebilirliği arasında anlamlı negatif korelasyon olduğu bulunmuştur. Fermantasyon, kurutma ve öğütme de dahil olmak üzere tarhana üretim işlemleri, fitik asitin antinütrisyonel etkilerini ortadan kaldırdığı tespit edilmiştir [7].

Bilgiçli ve ark. (2006)'nın yürüttükleri bir çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda buğday rüşeymi ve buğday kepeği kullanıp, bazı kimyasal, besinsel ve duyuşsal analizler yapmışlardır. Çalışma sonucunda tarhananın kontrol örneklerinde nem, ham protein, *in vitro* protein sindirilebilirliği, fitik asit miktarları sırasıyla; %10,56, %14,50, %91,86, 20,2 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Mineral madde değerleri ise, kuru madde bazında kalsiyum için, 460,1-591,5 mg/100 g, bakır için 0-0,20 mg/100g, demir için 1,98-7,86 mg/100 g, potasyum için 652,3-1192,9 mg/100 g, magnezyum için 78,3-222,2 mg/100 g, mangan için 0,59-6,54 mg/100 g, çinko için 0,98-5,10 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [21].

Aktaş ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda farklı oranlarda olgunlaşmamış buğday tohumu unu kullanarak tarhananın renk özellikleri, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda tarhananın kontrol örneklerinin nem, kül, protein değerlerini sırasıyla; %8,48, %2,32, %14,49 tespit etmişlerdir. Mineral madde değerleri ise kuru madde bazında kalsiyum minerali için; 34,69-62,91 mg/100 g, magnezyum minerali için; 61,32-130,06 mg/100 g, potasyum minerali için; 388-572,80 mg/100 g, çinko minerali için; 0,94-1,62 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [22].

Kılıcı ve Göçmen (2014)'in yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30, 40) çelik yulaf kullanmışlar ve tarhana örneklerinde mineral madde, fenolik asit, antioksidan aktivitesi ve duyuşsal analiz yapmışlardır. Çalışma sonunda mineral madde değerlerine baktıklarında, kuru madde bazında demiri 386-624 mg/kg, bakır 4351-5592 mg/kg, çinkoyu 498-768 mg/kg, manganı

1576-2358 mg/kg, potasyumu 9,18-19,09 mg/kg, magnezyumu 1,86-2,85 mg/kg ve kalsiyum mineralini 6,73-12,85 mg/kg değerleri arasında bulmuşlardır [23].

Temiz ve Pirkul (1991) yaptıkları çalışmada tarhana üretiminde kullanılan yoğurt tipi ve miktarını değiştirerek tarhananın kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, nem, protein, kalsiyum, demir ve çinko değerlerini sırasıyla; %5,63-6,29, %12,73-20,04 52,60-104,60 mg/100 g, 3,23-5,50 mg/100 g, 1,29-2,11 mg/100 g değerleri arasında tespit etmişlerdir [24].

Koca ve Tarakçı (1997)'nin yaptıkları çalışmada tarhana üretim formülasyonunda değişen oranlarda mısır unu ve peynir altı suyu kullanmışlardır. Çalışma sonucunda nem, protein, yağ, kül, kalsiyum, fosfor, çinko, magnezyum ve demir değerlerini sırasıyla; %5,74-6,95, %11,77-13,14, %2,91-5,19, %1,97-3,04, 46,69-55 mg/100 g, 296,67-333,17 mg/100 g, 2,32-2,62 mg/100 g, 84,80-93,15 mg/100 g, 1,76-3,13 mg/100 g değerleri arasında tespit edilmiştir [25].

Erbaş ve ark. (2005)'nin yaptıkları çalışmada yaş ve kuru tarhanayı 6 ay boyunca depolayıp, mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Tarhana hamurunun nem, protein miktarlarını sırasıyla %38,95 ve %16,79 olarak tespit etmişlerdir. Tarhananın mineral madde içeriğine baktıklarında, kuru madde bazında kalsiyum mineralini ortalama 2679 mg/kg, mangan mineralini 32,3 mg/kg, çinko mineralini 44,0 mg/kg, demir mineralini 97 mg/kg, sodyum mineralini 21492 mg/kg, potasyum mineralini 5948 mg/kg, magnezyum mineralini 1582 mg/kg, bakır mineralini 10 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [8].

Bilgiçli (2004) tarafından yapılan çalışmada tarhana üretim aşamalarında değişen oranlarda maya (%0, 2,5, 5), malt unu (%0, 2, 4) ve fitaz enzimi (%0, 0,05, 0,5) kullanmış ve bazı kimyasal ve besinsel özelliklerini araştırmıştır. Tarhana hamurunda ortalama olarak %60,45, %76,07, %83,61, %55,60, %25,75 ve %79,47 olarak tespit edilen P, Ca, Mg, Zn, Fe ve K minerallerinin sindirilebilirlikleri fermantasyondan sonra sırasıyla %83,63, %80,15, %86,41, %73,91, %33,89 ve %92,59 olarak tespit edilmiştir. Tarhana hamuru hazırlandıktan hemen sonra fitik asit miktarı %59,44-81,26 arasında düşmüş olup 72 saatlik fermantasyon süreci fitik asit kaybını %95,32 e çıkarmıştır. Tarhanada proteinin sindirilebilirlik oranı ise %95,32' ye kadar çıktığı tespit edilmiştir [26].

Herken ve Aydın (2015)'ın yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda değişen oranlarda keçiyoynuzu unu (% 0, 5, 10, 15, 20) kullanmış olup, bazı kimyasal ve besinsel analizler yapmışlardır. Çalışma sonucunda tarhana örneklerinin kuru madde, kül, protein, yağ ve *in vitro* protein sindirilebilirliğini sırasıyla; %94,1-94,8; %3,41-3,77; %11,90-12,06; %4,08-4,32; %80,1-81,2 değerleri arasında tespit etmişlerdir. Tarhana örneklerinin mineral madde içerikleri ise kuru madde bazında kalsiyum miktarı, 121,8-180,7 mg/100 g, potasyum miktarı 517,8-742,5 mg/100 g, bakır miktarı 0,33-0,42 mg/100 g arasında değişen değerlerde olduğunu tespit etmişlerdir [27].

## **2.2. Biyoyararlılık ve Biyoerişebilirlik**

### **2.2.1. Biyoyararlılık**

FDA (Gıda ve İlaç Dairesi) biyoyararlılığı, bir ilacın içerdiği aktif maddelerin veya tedavi edici kısımların absorbe edileceği oran ve derecesi olarak tanımlamıştır. Bu tanım besin öğeleri için de geçerlidir [28].

Biyoyararlılık, besin maddesinin sindirilmesi ile vücuda alınan bileşiğin, metabolik ve fizyolojik görevler için kullanılan veya depolanan bölümü olarak tanımlanmaktadır. Özetle biyoyararlılık besin ögesinde bulunan bileşiğin sindirim sisteminde emilebilen miktarı olarak tanımlanmaktadır. Emilim ince bağırsaktaki villuslarda gerçekleşir ve villusların üzerinde bulunan epitel hücreler emilim hücreleri olarak görev yapar. Emilim aşaması, besin ögesinin epitel hücreleri tarafından ince bağırsağın lümeninden çekilmesi, besin maddesinin taşınarak diğer doku ve organlara ulaşması aşamalarını içerir [11].

Biyoyararlılık, bir gıda maddesinin gastrointestinal sistemden dolaşım sistemine ulaşabilen kısmıdır. Biyoyararlılık üç aşamadan oluşmaktadır [29].

Bu aşamalar;

1. Bileşiğin matriksten gastrointestinal sistemdeki sindirim suyuna bırakılması (biyoerişebilirlik);
2. Gıda maddelerinin bağırsak epitelinden dolaşım sistemine ulaşması
3. Bileşiğin karaciğerdeki bozunması ve metabolize olmasıdır.

Beslenmemizdeki minerallerin biyoyararlılığı ile ilgili olarak kesin ve evrensel olarak kabul edilmiş bir tanım bulunmamaktadır. Bununla birlikte, biyoyararlılık gıda ve beslenme ile insan vücudunun kullandığı besin oranı ile karakterize edilebilir, tanımı üzerinde genel bir tartışma vardır. Bu bağlamda, biyoyararlılık tanımı: besinlerin emilimi ve vücut dokularına taşınımını içermesinin yanı sıra fizyolojik olarak aktif türlere de dönüştürülmesidir [30].

Bir elementin çözünürlüğü ya da diyaliz edilebilirliği, mineralin biyoyararlılık ya da relatif biyoyararlılık değerlerinin eğilimlerini oluşturmak için kullanılabilir. Bununla birlikte, mineral madde emiliminde *in vivo* prosesin ilk adımı olan bu yöntemler yalnızca elementin emilebilir bölümlerinde değerlendirilebilir [31].

Biyoyararlılığın farklı gıdalarla, gıda bileşimleriyle ve gastrointestinal koşullarla varyasyonundan dolayı beslenme alanında önemli bir faktördür [32,12]. Bu kavram çeşitli işlemlerin entegrasyonunu gösterir böylece tüketilen besinler sindirim, emilim, taşınım, kullanım ve eliminasyon için kullanışlı hale gelir [32].

### **2.2.2. Biyoerişebilirlik**

Biyoerişebilirlik, teorik olarak belirlenmiş gastrointestinal sistemdeki matriksten, gıdalardaki eser elementlerin ya da diğer maddelerin maksimum fraksiyonunu gösterir, böylece bağırsak emilimi için yararlı hale gelir (yani kan akışına girer) [12].

Genel olarak biyoyararlılık/biyoerişebilirlik, gıdaların tipi ve/veya bileşimi, farklı pişirme prosedürleri ve simüle gastrointestinal şartlardan etkilenir [12].

Gıda maddelerindeki eser elementin biyoyararlılık/biyoerişebilirlik tespiti, *in vitro* metotlarla değerlendirilebilir [12].

### **2.2.3. Biyoyararlılığı ve Biyoerişebilirliği Etkileyen Faktörler**

Metal iyonlarının fizikokimyasal şekli onların vücut tarafından emilimlerine etki eden önemli bir etkidir. Gıdalar; metal iyonları için proteinler, peptitler, aminoasitler, karbonhidratlar, lipitler ve inorganik iyonlar gibi pek çok ligant içermekte ve bu ligantlardan bir kısmı metal iyonları ile çözünmez şelatlar meydana getirerek onların biyoyararlılığını azaltabilmektedir. Bunun yanı sıra minerallerin

ligantlarla oluşturduğu bazı kompleksler ise onların emilimlerini ve dolayısıyla biyoyararlılıklarını arttırmaktadır [33].

Bir gıdanın biyoyararlılığının belirlenmesinde yer alan üç faktör şunlardır: [34]

- Emilim için bağırsak lümenine taşınma
- Vücut tarafından emilim ve/veya tutulma
- Vücut tarafından kullanım

Bu faktörlerden besinlerin vücut tarafından kullanılması en önemli özelliktir. Vücuttaki kullanım derecesi fizyolojik faktörlere ve organizmanın beslenme durumuna bağlıdır.

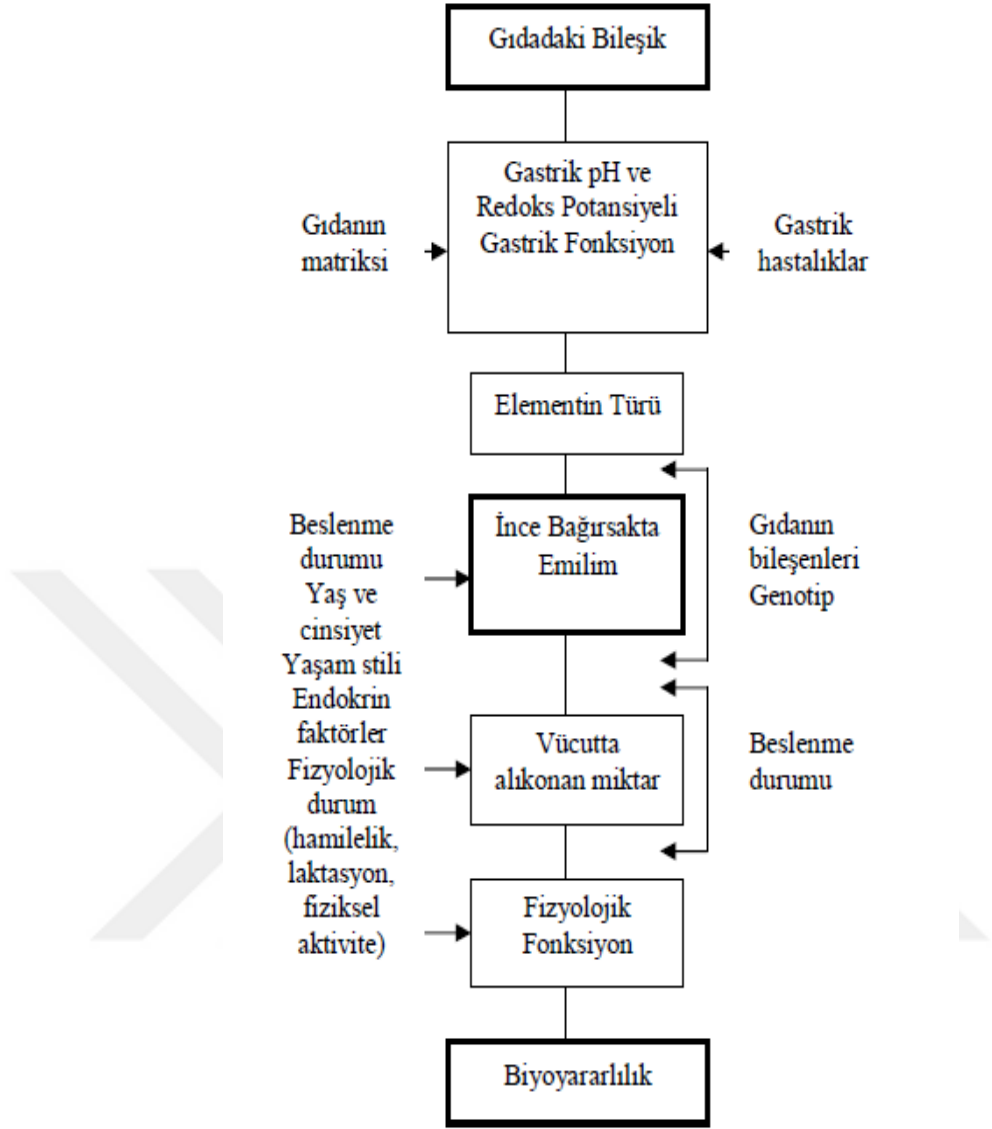
Bir besin ögesinin biyoyararlılık ölçütleri şöyledir; [34]

- Besin doğrudan bağırsak mukozasına taşınabilen bir formda bulunmalıdır veya bağırsak mukozasına taşınabilen bir şekle dönüştürülebilir olmalıdır
- Besin maddesinin emilebilen şekli metabolize etme yeteneğine sahip olmalıdır, aksi halde emilen form metabolizmaya katılabilir olmalıdır.

Bir besin ögesinin diyetteki biyoyararlılığı aşağıdaki fonksiyonlara bağlıdır;

- Besin maddesinin alınış şekli
- Emilebilir forma geçiş derecesi
- Diyetin bileşimi ve bazı ilaçların aynı anda alınması durumu
- Organizmanın fizyolojik durumu ve sindirim sisteminin fonksiyonu

Biyoyararlılığı etkileyen faktörler Şekil 2.1.'de gösterilmiştir [11].



Şekil 2.1. Biyoyararlılığı etkileyen faktörler [11]

## 2.2.4. Sindirim Modelleri

### 2.2.4.1. *in vitro* Sindirim Modeli

Genellikle biyoloji ve tıp alanlarında kullanılan ve Latince “cam içinde, yapay ortamda, laboratuvar ortamında, cam tüpte” anlamına gelen *in vitro* terimi, insan vücudu dışında yapılan deneysel çalışmaları ifade etmektedir [35].

Bazı *in vitro* metotlar öncelikli olarak mineral biyoyararlılığını tespit etmek için kullanılmaktadır. Bunlar simüle mide-bağırsak sindiriminden oluşmakta ve ardından mineral çözünürlüğü ölçülür ya da mineral diyalizatı yarı geçirgen membrandan geçirilir. Bu, emilim için gastrointestinal sistemde mineral yararlılık

miktarını tanımlar. *in vitro* diyalize olabilirlik ile *in vivo* biyoyararlılık arasında korelasyon olduğu bildirilmiştir [10].

Her ne kadar *in vitro* yöntemler *in vivo* çalışmaların yerine geçmese de, *in vitro* yöntemlerden bazıları insanlarla yapılan çalışmalar ile benzer sonuçlar ortaya koymaktadır. Genellikle kullanılan *in vitro* metotlar, mide bölümünde pepsin enzimi ile başlayan, ardından bağırsakta pankreatin enzimi ve safra ile devam eden simüle bir sindirim içerir [10].

Bağırsak sindirimi aşamasında elementin dağılımı yarı geçirgen bir membran ile gerçekleşir. Bu da; dengelenme periyodundan sonra emilim için mevcut olan elementin diyalize olabildiğini gösterir [36].

*in vitro* sindirim doğal sistemin kompleksliğini yansıtamaz ama bu deneylerden elde edilen bilgiler pH ve enzimlerin etkileri ile ilişkilendirilip *in vivo* sindirimlerde uygulanabilir ve eser elementlerin yararlılık tahminlerini gösterirler [32].

*in vitro* yöntemler, mineral madde biyoyararlılığını değerlendirmek için *in vivo* tekniklere karşı iyi bir alternatiftir [12, 31] ve genellikle gastrointestinal sindirimin simülasyonuna ve bunu takiben mineralin ne kadarının çözünebilir veya diyalize edilebilir olduğunun belirli bir gözenek boyutundaki bir zar yoluyla geçirilmesiyle belirlenmesine dayanır [31].

*in vitro* sindirim methodu ilk olarak 1981 yılında Miller ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Bu metotta gerçek ya da eklenmiş demir biyoyararlılığının ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu yöntemlerin çoğunda pankreatik sindirimde pH ayarı yapmak için  $\text{NaHCO}_3$  kullanılmıştır [13].

Çoğu *in vitro* metot iki aşamadan oluşur, simüle midede gerçekleşen gastrik sindirim ve sonraki aşama olan besinlerin emiliminin gerçekleştiği bağırsak sindirimidir [12].

*in vitro* metotlar insan vücudundaki sindirime benzer şartlar oluşturarak sindirimi gerçekleştirir. Fraksiyonların biyoyararlılığını ölçmek için bu prosedür iki farklı aşamadan oluşur. Birincisi, *in vitro* metot, simüle ortamdaki çözünür maddelerin maksimum konsantrasyonuna erişebilir (ekstrakt, gıda maddelerinin



filtrasyon/santrifüj aşamalarından izole edilir). Bu durumda, *in vitro* prosedürler biyoerişebilir fraksiyonu belirler. İkincisi, bazı *in vitro* metotlarda, besinlerin emilim mekanizmasını simüle etmek için bağırsak sindirimi süresince özel gözenek boyutuna sahip yarı geçirgen membran kullanılır. Bu durumda besin membrandan geçerek sıvı ortama giriş yapar (diyalizat fraksiyonu) ve *in vitro* metotlar genel olarak besinlerin diyalize olabilir fraksiyonlarını tespit eder [12].

#### **2.2.4.2. *in vivo* Sindirim Modeli**

*in vivo*; sözlük anlamı olarak (Latince: canlının içinde) ölü bir organizmada veya organizma parçasında veya canlı bir organizma içinde yapılan çalışmaları belirtmek için kullanılan bir tanımdır [35].

*in vivo* yöntemler, izotop denge ile metabolik denge teknikleri ve kemik ağırlığının ölçülmesi prensibine dayanır. Kalsiyumun biyoyararlılığının ölçülmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan *in vivo* yöntemlerde model olarak çoğunlukla fareler kullanılmış olup bunun nedeni olarak farelerin ve insanların kalsiyum emilim mekanizmalarının benzerlik göstermesi olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra kalsiyum emilimini etkileyen diyetetik ve fizyolojik faktörlerin hem insanlarda hem de farelerde hemen hemen aynı olduğu vurgulanmıştır [37].

*in vivo* çalışmaların daha karışık, yüksek maliyetli, ahlaki ve etik sorunları gündeme getirmeleri, insan veya hayvan vücudundaki değişimlerden etkilenmeleri sebebiyle *in vitro* çalışmalar tercih edilmektedir. *in vitro* çalışmalar araştırmacıya basitlik, kolay uygulanabilirlik ve düşük maliyet gibi avantajlar sunmaktadır [12, 13].

## 2.2.5. Mineral Biyoyararlılığı ile İlgili Çalışmalar

Gıdalarda bulunan mineral maddelerin biyoyararlılığı ile ilgili yapılmış olan *in vitro* sindirim çalışmaları Tablo 2.4.'de belirtilmiştir.

**Tablo 2.4.** Mineral Biyoyararlılığı İncelenmiş Çalışmalar

<b>Çalışılan Gıda</b>	<b>Analiz edilen mineraller</b>	<b>Referans</b>
Un, hamur, ekmek	Demir, kalsiyum, çinko	[10]
Bebek maması, meyve suyu	Demir	[12]
Yemek karışımları	Demir	[13]
Tarhana	Fosfor, kalsiyum, magnezyum, çinko, demir, potasyum	[26]
Bebek maması	Çinko	[31]
Sitrik asitli meyve suları	Demir	[32]
Süt ürünleri	Demir	[33]
Süt ürünleri	Kalsiyum	[37]
Tam buğday unu, hamur, ekmek	Demir, çinko, kalsiyum	[38]
Ekmek	Kalsiyum, magnezyum, çinko, demir, bakır	[39]
Simit	Demir, çinko	[40]
Buğday unu, ekmeği	Demir	[41]
Buğday	Kalsiyum, demir, çinko, bakır, fosfor	[42]
Konsantre üzüm, portakal ve kayısı püresi	Demir	[43]
Yeşil yapraklı sebzeler	Kalsiyum	[44]
Peynir altı suyu	Kalsiyum	[45]
Bakliyat, hububat, et ve süt ürünleri	Demir, çinko	[46]
Anne sütü, inek sütü, bebek maması	Kalsiyum	[47]
Fıstık ve tohumlar	Bor, kalsiyum, kobalt, bakır, demir, mangan, magnezyum, nikel, çinko	[48]
Keçi sütü	Kalsiyum, magnezyum, çinko, fosfor	[49]
Bebek maması	Kalsiyum, demir, çinko	[50]
Havuç	Kalsiyum, magnezyum, çinko	[51]
Elma suyu, elma lifi	Bakır, demir, çinko	[52]
Sebze çeşitleri	Kalsiyum	[53]
Yemek karışımı	Kalsiyum	[54]
Anne sütü, bebek maması	Kalsiyum, demir, çinko	[55]

### 2.2.5.1. Tahıl Ürünleri ile Yapılan Mineral Biyoyararlılığı Çalışmaları

Frontela ve ark. (2011)'nin yaptıkları bir çalışmada fırıncılık ürünlerinde (buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, beyaz ekmek, tam buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, tam buğday ekmeği ve muffin) *in vitro* sindirim yapıp, Fe, Ca ve Zn minerallerinin biyoyararlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda ürünler arasında Fe mineralinin çözünürlük ve diyalize olabilirlik değerlerini sırasıyla; %7,97-40,87 ve %0,52-29,97 değerleri arasında, Ca mineralinin çözünürlük ve diyalize olabilirlik değerlerini sırasıyla; %6,1-31,2 ve %1,08-15,3 değerleri arasında, Zn mineralinin çözünürlük ve diyalize olabilirlik değerlerini sırasıyla; %15,73-26,78 ve %0,78-56,80 değerleri arasında tespit etmişlerdir [10].

Bilgiçli (2004) tarafından yapılan çalışmada tarhana üretim aşamalarında değişen oranlarda maya (%0, 2,5, 5), malt unu (%0, 2, 4) ve fitaz enzimi (%0, 0,05, 0,5) kullanmış ve bazı kimyasal ve besinsel özelliklerini araştırmıştır. Tarhana hamurunda ortalama olarak %60,45, % 76,07, %83,61, %55,60, %25,75 ve %79,47 olarak tespit edilen P, Ca, Mg, Zn, Fe ve K minerallerinin sindirilebilirlikleri fermantasyondan sonra sırasıyla %83,63; %80,15; %86,41; %73,91; %33,89 ve %92,59 olarak tespit edilmiştir [26].

Rebellato ve ark. (2017)'nin yaptıkları çalışmada tam buğday ununun demir bileşenlerini incelemiş ardından hamur ve ekmeğin reolojik ve kimyasal analizlerini yapmışlardır. Son ürün olan ekmekte ise Fe, Zn ve Ca minerallerinin biyoyararlılık ve biyoerişebilirliklerini araştırmışlardır. Ekmek üretimi sırasında demir zenginleştirilmesi için NaFeEDTA (ferric sodyum etilen diamin tetra asetik asit), FFm (mikro kapsül ferrous fumarat), FSm (mikro kapsül ferrous sülfat) kullanılmıştır. En yüksek çözünürlük ve diyalize olabilirlik NaFeEDTA zenginleştirilmesinde görülmüş olup, değerler sırasıyla %44,80 ve %46,14'tür. Bunu FFm takip etmiştir. Demir çözünürlük ve diyalize olabilirliğinde en az etkili olan FSm ilavesi olduğu görülmüştür. Fe mineralinin çözünürlük ve diyalize olabilirlik değerleri sırasıyla %5,40-18,30 ve %31,79-33,12 değerleri arasında, Zn mineralinin % çözünürlüğü; %6,75-15,30 değerleri arasında, diyalize olabilirliği ise %18,40-36,42 değerleri arasında, Ca mineralinin ise % çözünürlüğü; %24,07-82,87 değerleri arasında, diyalize olabilirliği ise %38,29-63,77 değerleri arasında bulunmuştur [38].

Lopez ve ark. (2003)'nın yaptıkları çalışmada farklı ekmek türleri fermantasyonunun mineral biyoyararlılığına etkisini araştırmışlardır. Ekmek üretim aşamasından sonra *in vivo* sindirim yapıp, Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu minerallerinin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Örnekler tam buğday unu, mayalı ekmek ve ekşi mayalı ekmektir. Çalışma sonucunda ekmek türleri arasında Ca mineralinin emilimini, %32-38, Mg mineralinin emilimini, %27-45, Fe mineralinin emilimini, %24-56, Zn mineralinin emilimini, %17-48, Cu mineralinin emilimini, %13-28 değerleri arasında tespit etmişlerdir [39].

Güzelcan ve El (2011) tarafından yapılan bir çalışmada simidi demir ve çinko mineralleri ile zenginleştirmişler ve bu minerallerin (demir ve çinko) biyoyararlılığını ve simitle tüketilen çay ve ayran içeceklerinin mineral biyoyararlılığı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla simit, demir ve çinko mineralleri ile zenginleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; simitteki demir ve çinko minerallerinin biyoyararlılıkları sırasıyla %3,14 ve %6,78 olarak bulunmuştur. Zenginleştirilmiş simitte ise bu minerallerin biyoyararlılıkları sırasıyla %1,96 ve %2,84 olarak tespit edilmiştir. Simit, ayran ve çayla tüketildiği zaman demir mineralinin biyoyararlılığı sırasıyla %2,14 ile %2,23; çinko mineralinin biyoyararlılığı sırasıyla %6,38 ve %5,09 olarak saptanmıştır. Çay ve ayran zenginleştirilmiş simit ile birlikte tüketildiği zaman demir mineralinin biyoyararlılığının etkilenmediği; çinko mineralinin ise biyoyararlılığının yükseldiği bildirilmiştir [40].

Nayak ve Nair (2003) tarafından yürütülen bir çalışmada, buğday ununa, demir emilimini destekleyici askorbik asit ile disodyum etilendiamin tetraasetik asit (NaEDTA) ve stabilize edici madde olan sodyum heksametafosfat (SHMP) eklenerek kimyasal ve besinsel analiz yapılmıştır. Hint ekmeği, "chapati"deki demirin *in vitro* biyoyararlılığı; buğday ununa 60 mg demir/kg (1:1 molar oranında) katkısıyla ve bahsi geçen üç kimyasal katkının bulunmadığı haliyle analiz edilmiştir. Sonuç olarak NaEDTA ve askorbik asit, Hint ekmeğindeki doğal demirin *in vitro* biyoyararlılığını arttırırken, SHMP'nin herhangi bir etkisi olmamıştır. Demir ilaveli Hint ekmeğindeki demirin *in vitro* biyoyararlılığında (doğal bulunan ve dışarıdan demir eklenmiş) her üç katkı maddesi de artış eğilimi göstermiştir. Askorbik asit ya da NaEDTA ilaveli Hint ekmeğinin tüketilmesiyle öngörülen demir biyoyararlılığı,

katkı maddesiz buğday unu ve %8 SHMP ilaveli buğday ununun demir biyoyararlılığından 2 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir [41].

Akhter ve ark. (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada, 12 farklı buğday ununda fitik asit, Ca, Fe, Zn, Cu ve P içeriğine bakılmış olup, bu değerler sırasıyla 114-166; 25,1-53,5; 3,41-5,55; 0,71-3,00; 0,65-1,32 ve 298-314 mg/100 g aralığında değişmektedir. Buğday unlarına defitinizasyon işlemi uygulanmıştır. Defitinizasyon uygulanmadan önceki ve sonraki mineral biyoyararlılıkları Ca minerali için sırasıyla; %15-17, %20,4-31,9'dur. Fe minerali için %12-16,2, %14,5-24,6'dır. Zn minerali için %4,62-8,36, %6-12,7' dir. Cu minerali için ise %10,9-16,6, %12,9-25 değerleri arasındadır. Bütün mineraller için defitinizasyon işleminden sonra minerallerin biyoyararlılığında artış tespit edilmiştir [42].

#### **2.2.5.2. Süt Ürünleri ile Yapılan Biyoyararlılık Çalışmaları**

Nebot ve ark. (2010)'nın yaptığı çalışmada kaseinofosfopeptid eklenmiş meyve içeceği ile süt bazlı meyve içeceklerin; demir tutma, taşınım ve alım kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Sindirim sistemi olarak da Caco-2 hücre sistemi kullanılarak kombine bir simüle gastrointestinal sindirim sistemi uygulanmıştır. Örneklem formülasyonu için üzüm konsantresi, portakal konsantresi ve kayısı püresi kullanılmıştır. Fe sülfat (3 mg/100 mL meyve içeceği) eklenmiş/eklenmemiş, Zn sülfat (1,6 mg/100 mL meyve içeceği) eklenmiş/eklenmemiş ve yağsız süt (%11 v/v) eklenmiş/eklenmemiş şeklinde oluşturulan sekiz örnek test edilmiştir. Süt eklenmiş meyve içecekleri, sade meyve içeceklerine kıyasla demir tutma, taşınım ve alımı üzerinde olumlu bir etki yapmıştır. Bu etki kaseinofosfopeptid eklenmiş meyve içeceğinden daha büyüktür. Çözünür katı fraksiyonlara kaseinofosfopeptid eklenmesi, demirin taşınmasını geliştirmiştir. Demir takviyesi ise, demir emilimini, taşınması ve alımını artırmıştır ve sütteki numunelerde etki daha belirgindir. Çinko takviyesi, Fe emilimi, taşınımı veya alımını etkilememiştir [43].

Ranhotra ve ark. (1997) tarafından yapılan bir çalışmada yüksek kalsiyum içeriğine sahip (%4,87) kurutulmuş peynir altı suyunun kalsiyum biyoyararlılığı; kalsiyum karbonat, kalsiyum laktat ve kalsiyum sitrat içeren endüstriyel kalsiyum takviyesi içeriğindeki kalsiyum elementi ile karşılaştırılmıştır. Deney örneği olarak genç sıçanlar kullanılmış ve femurdaki toplam kalsiyum biyoyararlılığına, yüzde

femur kalsiyumuna ve kalsiyum emilimine bakılmıştır. Sonuç olarak, biyoyararlılığı %100 olarak tanımlanan kalsiyum karbonat ile kıyaslandığında, kalsiyum laktattaki kalsiyumun biyoyararlılığı %101, endüstriyel kalsiyum takviyesindeki kalsiyumun biyoyararlılığı %105,2 ve peynir altı suyunun kalsiyum biyoyararlılığı ise %109,5 bulunmuştur [45].

Roig ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada *in vitro* sindirim metodu ile anne sütü, inek sütü ve bebek mamalarında kalsiyum biyoyararlılığına bakmışlardır. Ayrıca bebek maması örneklerinin protein kompozisyonunun kalsiyum biyoyararlılığı üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Çalışmada inek sütü, anne sütü ve 6 farklı tipte (uyarlanmış bebek maması, devam maması, prematüre, hipoalerjenik, soya bazlı) 18 bebek maması analiz edilmiştir. Bebek mamaları içerisinde diyalize kalsiyumun en yüksek değeri (mg kalsiyum/100 mL mama), prematüre mamada (13,6) ve devam mama formüllerinde (11,8) bulunmuştur. En düşük değer ise uyarlanmış bebek mamalarında (3,7); anne sütünün kalsiyum biyoyararlılığı 4,0 bulunmuştur. En yüksek değer inek sütünde, 18,9 bulunmuştur [47].

Meca ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, ultra filtre fermente keçi sütlerinde kalsiyum, magnezyum, çinko ve fosfor biyoyararlılığına bakılmıştır. Fermente keçi sütlerinden bir kısmına *Lactobacillus plantarum* probiyotiği eklenmiş, bir kısmına ise eklenmemiştir. Çalışmada çözünürlük, mineral emilimi, diyalize olabilirlik ve biyoyararlılığı değerlendirmek için simüle mide-bağırsak sindirimi ve CaCo-2 hücrelerinden yararlanılmıştır. En yüksek kalsiyum, magnezyum, çinko ve fosfor biyoyararlılık değerleri, araştırma grubu tarafından geliştirilen fermente süt örneklerinde gözlenmiştir, bu da sütün ultrafiltrasyonunun etkisiyle açıklanabilir. *Lactobacillus plantarum* probiyotiği ilave edilmiş fermente süt, mikroorganizma içermeyenlere göre daha fazla kalsiyumun tutulmasına ve majör kalsiyum alımına sahipti. Bu da probiyotiğin, kalsiyum biyoyararlılığına olan olumlu etkisi ile açıklanabilir [49].

Bermudez ve ark. (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada, bebek mamalarına farklı koyulaştırma maddeleri (keçiboynuzu zıncı, modifiye mısır ve pirinç nişastası) eklenerek, atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ölçüm yapıp; kalsiyum, demir ve çinko minerallerinin biyoyararlılıklarına etkisi araştırılmıştır. Bebek mamasının viskozitesi *in vitro* mide-bağırsak sindiriminden sonra

incelenmiştir. Çalışma sonucunda; keçiyoynuzu zampkının mama kıvamını en fazla arttıran madde olduğu belirtilmiş olmasına rağmen kalsiyum, demir ve çinko minerallerinin *in vitro* çözünürlük ve diyalize olabirlikleri üzerinde negatif etki göstermiştir. Modifiye mısır ve pirinç nişastası maksimum yasal limit olan %50'nin üzerinde kullanıldığında, sadece kalsiyumun çözünürlüğünü ve diyalize olabirliğini etkilemiştir. Farklı konsantrasyonlarda kullanılan modifiye mısır nişastası demir ve çinko minerallerinde her hangi bir negatif etki göstermemiştir. Koyulaştırma maddelerinin fitat içeriği ayrıca analiz edilmiştir. Ham içeriklerinde önemli miktarda fitik asit bulmasına rağmen, bebek mamasındaki son konsantrasyon, *in vitro* mineral yararlılığını azaltmak için yetersizdir [50].

Lorieau ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada günlük beslenmede tüketilen besinlere sıvı ve jel formda krema ve peynir altı suyu proteini eklenerek kalsiyum karbonat, kalsiyum sitrat malat, kalsiyum fosfat ve kalsiyum bisglisinat biyoyararlılık ve biyoerişebilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; kalsiyum sitrat malat, kalsiyum karbonat, kalsiyum bisglisinat ve kalsiyum fosfatın biyoerişebilirlikleri ve biyoyararlılıkları sırasıyla; %27,2 ± 7,5; %36 ± 7; %22,0 ± 6,4; %30 ± 12; %35,6 ± 2,69; % 44 ± 10; %19,55 ± 8,72; %25 ± 13 olarak tespit edilmiştir [54].

Bosscher ve ark. (2001) tarafından yürütülen bir çalışmada anne sütü ve bebek mamasında (peynir altı suyu bazlı, kazein bazlı ve soya bazlı) bulunan kalsiyum, demir ve çinkonun biyoyararlılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, anne sütü, peynir altı suyu bazlı bebek maması, kazein bazlı bebek maması ve soya bazlı bebek mamasının kalsiyum yararlılığı sırasıyla; %13,1; %13,3; %21,2; %13 olarak tespit edilmiştir. Demirin yararlılığı ise %8,12; %1,28; %0,48; %1,48 olarak tespit edilmiştir. Çinkonun yararlılığı ise %13,1; %6,7; %8,5; %2,3 olarak tespit edilmiştir [55].

### **2.2.5.3. Meyve Sebzeler ile Yapılan Biyoyararlılık Çalışmaları**

Amalraj ve Pius (2015) tarafından yapılan bir çalışmada Hintlilerin beslenmesinde genellikle yer alan 20 çeşit yeşil yapraklı sebzede, simüle mide sindirimi yapıldıktan sonra kalsiyum biyoyararlılığı araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, yeşil yapraklı sebzelerin hiç birinde pişirmenin kalsiyum

biyoyararlılığına belirgin bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Sesbanya bitkisinin yüksek oksalat, tanen ve diyet lifi içeriğine sahip olmasından dolayı kalsiyum biyoyararlılığını azalttığı belirlenmiştir. Düşük toplam kalsiyum içeriğine sahip olan kaz ayağı, *Alternanthera philoxeroides* ve gotu kola bitkileri, düşük lif, okzalal, fitat ve tanen içeriğinden dolayı diğer yeşil yapraklı sebzelerden yaklaşık iki kat daha fazla kalsiyum biyoyararlılığına sahip olduğunu belirtmişlerdir [44].

Singh ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada 25 çiğ ve pişirilmiş gıda örneklerinde demir ve çinko biyoyararlılığı araştırılmıştır. Sonuçlara göre, en yüksek demir içeriği  $2,19 \pm 0,04$  ile  $0,93 \pm 0,03$  mg/100 g değerleri arasında değişen çiğ baklagil örneklerinde olduğu belirtilmiş olup, yüksek çinko içeriğinde ise çiğ siyah fasulye, peynir ve balığın, sırasıyla  $8,85 \pm 0,01$ ,  $12,93 \pm 0,26$  ve  $172,03 \pm 5,09$  mg / 100 g' a kadar ulaştığı bildirilmiştir. Bakliyat ve tahıllar yüksek düzeyde iyonize demire sahiptir. Çinko biyoyararlılığının bakliyatlara kıyasla tahıllarda daha düşük olduğu görülmüştür; sarı bölünmüş bezelyede %4,02 iken, nohutta %17,40, peynirde de %17,40 bulunmuştur. Demir biyoyararlılığı pişmiş pirinçte %160,60, beyaz ekmekte %428,30, süt tozunda %241,67 olduğu bildirilmiştir. Demirin biyoyararlılığı pişirme işleminde sonra artarken, bu durum balıklardaki demir biyoyararlılığında %0,84 düşüğe sebep olmaktadır [46].

Kafaoğlu ve ark. (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada bazı fıstık ve tohumlarda element biyoerişebilirliğine bakılmıştır. Fıstık ve tohumlar, mide ve bağırsak sindiriminden geçirildikten sonra bor, kalsiyum, kobalt, bakır, demir, mangan, magnezyum, nikel ve çinko elementleri çift plazmalı atomik emisyon spektrometresinde bakılmıştır. Bu çalışmada, fındık, badem, ayçiçeği çekirdeği, yer fıstığı, kaju fıstığı, Brezilya fıstığı, ceviz, nohut, kabak çekirdeği ve fıstık kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; magnezyum (%2,6-15,7) ve kalsiyumun (%4,6-14,2) biyoerişebilirlikleri diğer elementlerinkinden daha yüksek iken, borun biyoerişebilirliği (%2-11,3) farklı türdeki fıstık ve tohumların her biri için en düşük olmuştur. Günde 10 g fıstık ve tohumlarının tüketimiyle vücuda alınan bor, kalsiyum, kobalt, bakır, demir, mangan, magnezyum, nikel ve çinko elementlerinin biyoerişebilirlikleri, Tolere Edilebilecek Yüksek Alım Düzeylerine (Tolerable Upper Intake Level) göre düşük bulunmuştur [48].



Zakkari ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada; çiğ ve buğulanmış olarak 4 çeşit yerli havuç (Becaria, CRS, Gonzales, Rodriguez), 2 çeşit de market havucunda (Kuroda, Brasilia) toplam beta karoten içeriğine, kalsiyum, magnezyum ve çinkonun *in vitro* biyoerişebilirliğine ve parça boyutunun besinsel biyoerişebilirliğe etkisi araştırılmıştır. Ayrıca örnekler renk açısından da incelenmiştir. Buğulama işlemi; CRS ve Brasilia türü havuçlarda toplam beta karoten içeriğini sırasıyla %29 ve %75 oranında arttırırken, Rodriguez türü havuçta %23 oranında azaltmıştır. Ayrıca buğulama işlemi kalsiyum içeriğinde %21 kayba sebep olurken, magnezyum ve çinko miktarını etkilememiştir. Beta karotenin çiğ ve püre halindeki havuçlarda biyoerişebilirliği çok düşük (<%0,5) olmasına rağmen buğulama ve küçük parçalar halinde doğrama işlemi beta-karotenin biyoerişebilirliğini 3-16 kat arası arttırmıştır. Ayrıca pişirme işlemi kalsiyum ve çinkonun *in vitro* biyoerişebilirliğini arttırırken, magnezyum üzerinde her hangi bir etkisi olmamıştır. Homojenizasyon işlemi ise püre haline getirme ile kıyaslandığında kalsiyum biyoyararlılığını %20, magnezyum biyoyararlılığını %17 ve çinko biyoyararlılığını %10 arttırmıştır [51].

Lima ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, kaju elmasının besinsel biyoerişebilirliği hakkındaki eksikliği gidermek üzere, bütün kaju elma suyu ve kaju elma lifi simüle *in vitro* mide-bağırsak sindirimine tabi tutulmuştur. Örnekler sindirimden önce ve sonra analiz edilmiş olup, bakır, demir, çinko, askorbik asit, toplam ekstrakte fenol ve toplam antioksidan aktiviteye bakılmıştır. Sonuç olarak, bütün elma suyunda bakır ve demir minerallerinin biyoerişebilirlikleri sırasıyla %15 ve %11,5 bulunmuş ve bu değer çinko için %3,7'dir. Elma lifine ilişkin değerler ise bakır, demir ve çinko mineralleri için sırasıyla %4,0, %1,2, %2,2'dir [52].

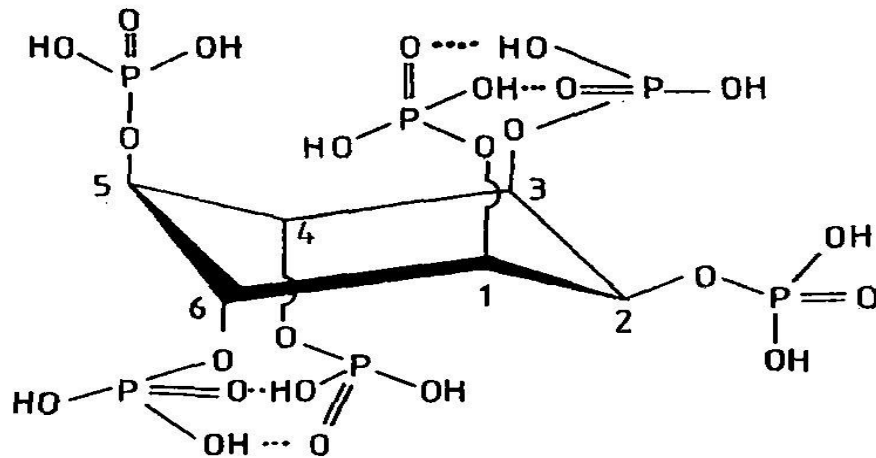
Kamchan ve ark. (2004) tarafından yürütülen bir çalışmada yüksek kalsiyum içeren bitkisel besinler Bangkok'taki marketlerden tedarik edilmiştir. Bu çalışmanın amacı bitkisel kaynaklı kalsiyumun biyoyararlılığını ve kalsiyum inhibitör faktörlerin varlığını değerlendirmektir. Her marketten alınan tek kompozit numuneler yaygın olarak tüketildiği şekilde hazırlandı ve *in vitro* kalsiyum biyoyararlılığı ile diyet lifi, fitat ve oksalat tayini için analiz edildi. 25 mg kalsiyum/100 g içeren süt tozu ile kıyaslanan 11 sebzededen 5'i yüksek kalsiyum (%25) diyalize olabilirliğine sahiptir. Yüksek düzeyde kalsiyum diyalize olabilirlik (%20-39) lahana, kereviz, karalahana,

dereotu, Çin lahanası ve soya filizinde bulunmuştur. Bu sebzeler düşük düzeyde diyet lif, fitat ve oksalat içeriğine sahiptir. Orta düzeyde kalsiyum diyalize olabilirliği (%11-18) Hint dutu ve Sesbanya yapraklarında bulunmuştur. Her ikisi de orta düzeyde oksalat (290-580 mg/100 g) içermektedir. Orta düzeyde kalsiyum diyalize olabilirliği ayrıca genç ve olgunlaşmış pişmiş soya fasulyesi tohumlarında gözlenmiştir. Bunların her ikisi de düşük düzeyde oksalat ve orta düzeyde fitat (290-400 mg/100 g) içeriğine sahiptir. Vietnam nanesi (*Polygonum Odoratum Lour.*), amarant, yabancı betal bitkisi ve beyaz ve siyah susam tohumları da düşük düzeyde kalsiyum diyalize olabilirliğine (%2-7) sahiptir. Bu bitkiler yüksek düzeyde oksalat (680-2620 mg/100 g) içerirler. Ayrıca susam yüksek düzeyde diyet lif ve fitat içermektedir. Bitkisel besinlerde inhibitör faktörlerin varlığı, özellikle oksalat kalsiyumun biyoyararlılığının orta ve yüksek seviyelerde engellemektedir [53].

### 2.3. Fitik Asit

#### 2.3.1. Fitik Asitin Yapısı ve Özellikleri

Fitik asit, sikloheksanın hekzafosforik esteri olup kimyasal açılımı miyo-inositol 1,2,3,4,5,6 heksakis-dihidrojen fosfattır ve InsP6 ya da IP6 şeklinde de gösterilmektedir [56, 57, 58]. Fitik asitin kimyasal yapısı ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve Anderson simetrik hekzaortofosfat yapısı önerilmiştir. Tartışmalarda en fazla bu iki model üzerinde durulmuş olup, fitik asitin miyo-inositol hekzaortofosfat yapısında olduğuna karar verilmiştir. Molekül yapısı da Şekil 2.2.'deki Anderson modeline göre açıklanmıştır [26].



Şekil 2.2. Fitik asitin kimyasal yapısı [26]

Fitik asit tahıl tanelerinin ve tahıl ürünlerinin bir unsurudur. İnsanlarda ve monogastrik hayvanlarda çinko ve diğer eser elementlerin biyoyararlılığını azalttığı bilinmektedir. Bu sebeple, bitkilerdeki fitik asit içeriği ve dağılımı büyük önem taşımaktadır ve aleuron tabakasının analizinde olduğu gibi, küçük numunelerde fitik asit ve tuzlarının tayini için hızlı ve duyarlı bir yöntem gereklidir. Geleneksel yöntemde (McCance'a göre) fitik asit, ferrik fitat olarak çöktürülür. Çökelek ayrılır, yıkanır ve hidrolizden sonra fosfor içeriği saptanır. Fitik asit içeriği fosfor içeriğinden hesaplanır [57].

Bakliyat esaslı diyetlerde, demir, fosfor ve diğer önemli besinsel minerallerin biyoyararlılığı, defitinizasyon veya dışarıdan fitaz enzimi ilavesiyle ya da fitaz bakımından zengin içerikli besinlerin ilavesiyle önemli ölçüde arttırılmaktadır [59].

Fitik asit yaygın olarak tükettiğimiz gıdalarda genellikle bulunur. Tahılların, baklagillerin ve yağlı ürünlerin tohumlarında yüksek konsantrasyonda bulunurken, tarla ve bahçe ürünlerinde daha az miktarda bulunur. Tahıllarda tohum ağırlığının yaklaşık %1-2'si fitik asittir ve hatta %3-6'a ulaşabilir. Genel olarak varlığı, akut toksisite sorunlarının var olduğunu göstermese de bu durum diyetle alınan miktara bağlıdır. Temel besin maddelerinin işlevini bozduğu için, fitik asit doğal antinütrisyonel bir madde olarak düşünülebilir [60].

Fitik asitin, mineralleri ve proteinleri doğrudan veya dolaylı olarak bağlama yeteneğine sahip olduğu için çözünürlük, işlevsellik, sindirilebilirlik ve emilimini değiştirdiğinden dolayı "antinütrisyonel" olarak adlandırılmıştır [14, 60]. Çoğu fitik asit-mineral kompleksi fizyolojik pH'da çözünmez. Bu çözünmezlik, mineral komplekslerinin zayıf biyoyararlılığının başlıca nedeni olarak düşünülmektedir [26].

Fermantasyon, fitik asiti azaltmak için bilinen işlemlerden biridir. Genel olarak, daha düşük pH, daha uzun fermantasyon süresi ve daha fazla maya ilavesi fitik asitin daha yoğun bir şekilde parçalanmasına neden olur. Fitaz etkinliği, malt üretiminde hububat çimlenmesi ile birlikte artar. Malt unu ilavesi fitik asitin bozunması için çok etkili bir yöntemdir [7].

Fermantasyon sırasında fitazın pH aktivitesi için en uygun koşullar sağlanır. Unun, ekme ve unlu mamul ürünlere dönüştürülmesi sırasında, fitat içeriği fermantasyon aşamasında doğal fitaz aktivitesinin bir sonucu olarak azalır, ama bu

durum genellikle tam buğday ürünlerindeki mineral biyoyararlılığını büyük ölçüde artıracak kadar değildir. Ekmek ürününün işlenmesi sırasında fitat içeriğinin azaltılması, fitaz aktivitesi, un ekstraksiyon derecesi, hamur pH'sı ve kalsiyum tuzlarının varlığı gibi farklı faktörlere bağlıdır. Dahası, bir bileşiğin biyoyararlılığını sınırlayan kritik faktör, bileşiğin gıda matriksinden salınması ve çözünürlüğüdür. Bu nedenle, farklı fırın ürünlerinde kullanılan bileşenler, mineral biyoyararlılığı üzerinde farklı etkilere sahip olabilir [10].

Tam taneli fırıncılık ürünleri ve tahıllar diyet lifi, vitaminler ve eser elementlerin değerli kaynaklarıdır. Bununla birlikte, fitat varlığı, şelatlama özelliklerinden dolayı mineral biyoyararlılığını azaltabilir [10].

Hububat tanelerinin yaklaşık %1,5-2,5'ini mineraller oluşturmaktadır ve bu minerallerin miktarı da şu şekildedir; demir 1-5 mg/100 g, kalsiyum 100-200 mg/100 g ve çinko 1-5 mg/100 g. Tahıl unlarıyla yapılan ekmek ve unlu mamuller birçok ülkede temel bir besindir ve bu nedenle uluslararası beslenme alanında küresel önemi vardır. Ancak birçok tahıl tanelerinin içerdikleri yüksek fitik asit konsantrasyonu (%1-4) nedeniyle mineral biyoyararlılığı düşüktür. Bununla birlikte, tahıl tanelerinde ayrıca, inositol halkasından kovalent bağlanmış fosfat gruplarını serbest bırakabilen, fitik asitin anti besleyici etkisini azaltan veya ortadan kaldıran bir enzim olan endojen fitaz (miyo-inositol-hekzakis (dihidrojen fosfat) fosfohidrolaz) de bulunmaktadır. Bu enzimler fitik asitin mineralleri bağlama kapasitesi düşük olan, düşük miyo-inositol fosfat esterlerine hidrolize ederek etkimektedir [10].

### **2.3.2. Fitik Asitin Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi**

Fitik asit, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır ve çinko gibi mineralleri ve proteinleri doğrudan ya da dolaylı olarak bağladığı için bunların çözünürlük, fonksiyonellik ve sindirilebilirliklerini etkileyip, antinütrisyonel olarak tanımlanır.

Fitik asitin bu antinütrisyonel etkisinin yanı sıra bazı olumlu etkilerinin olduğu da bilinmektedir. Fitik asit; hiper kolesterol ve arteriosklerozun kontrolüyle kalp rahatsızlıkları ile ilgili olumlu bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kolon kanserini önlediği de yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur [26].

Fitik asitin biyokimyasal ve fizyolojik proses içerisinde bilinen rolleri git gide artmaktadır. Uzun süredir fitik asitin mineraller ile şelat oluşturma ve biyoyarlılıklarını azalttıklarından dolayı antinütrisyonel etkisi bilinmektedir [57]. Bunun dışında fitik asitin gıdaları korumak ve kanserojen etkiyi önlemek gibi özellikleri de bilinmektedir. Fitik asit bir antioksidandır, anti-inflamatuvar selektin inhibitörüdür, bir enerji deposu ve çeşitli proteinlerde veziküler bağlamayı düzenleyici rol oynar [61].

Fitik asitin kalsiyumla oluşturduğu şelatlar, vücutta kalsiyum emilimini azaltmakta olup, fazla fitik asit tüketimi raşitizm ve kemiklerde erime gibi rahatsızlıklara neden olduğu bildirilmektedir [26].

Kalsiyum miktarının düşük olduğu durumlarda (80-90 mg/gün) fitik asit kalsiyum emilimini belirgin şekilde etkilemektedir. Ancak yüksek kalsiyum seviyelerinde (240 mg/gün) fitik asit kalsiyum emilimini etkilemediği ortaya konulmuştur. Tarhanada ise kalsiyum çözünürlüğü büyük bir değişim göstermekte olup, bu durum düşük pH'ya bağlanmaktadır. Tarhana ve kışk örnekleri incelendiğinde pH 4-4,8 arasında değişmekte olup, pH 5'in altındaki ortamlarda fitik asit konsantrasyonu ne olursa olsun, kalsiyum fitat komplekslerinin oluşumu yetersiz kalmaktadır [26].

#### **2.3.4. Fitik Asit ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Febles ve ark. (2002) tarafından yürütülen çalışmada, Kanarya Adaları'nda çokça tüketilen rafine edilmiş (el yapımı ve fabrikada üretilen) ve tam buğday unlarının (fabrikada üretilen) fitik asit içeriği incelenmiştir. Farklı tiplerde toplam 200 numune unu analiz edilmiştir. Fitik asit konsantrasyonlarının çoğu rafine edilmiş unlar için 2-4 mg/g aralığında ve tam buğday unlarında 6-10 mg/g aralığında bulunmuştur. İncelenen tüm numunelerden elde edilen aritmetik ortalama, el yapımı rafine unlar için 3,77 mg/g, fabrikada üretilen rafine edilmiş unlar için 2,96 mg/g ve tam buğday unu için 8,50 mg/g olarak tespit edilmiştir. Bütün un örneklerinin fitik asit içeriği analizinde, farklı un türleri için önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Rafine edilen unların, tam buğday unlarına göre daha düşük bir fitik asit içeriği olduğu bilgisine ulaşılmıştır [60].

Israr ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, bütün kepekli tahılların (buğday, arpa ve yulaf) ve baklagillerin fitat ve mineral kompozisyonlarının, oksalat çözünürlüğü üzerindeki etkilerini araştırmak için çözünür ve çözünmeyen oksalat konsantrasyonları ile birlikte tespit edilmiştir. Fitat ve mineral katyonların her ikisi de, duyarlı bireylerin böbrek taşlarındaki kalsiyum oksalatın kristalleşmesini engellemek için önemli diyet faktörleri olarak düşünülür. Yulaf kepeği örneği yüksek çözünürlükte oksalat konsantrasyonuna ( $79 \pm 1,3$  mg/100 g) sahiptir. Gıda örneğinde toplam ve çözünür oksalat konsantrasyonları sırasıyla 33-199 mg/100 g ve 14-79 mg/100 g değerleri arasında değişmektedir. Fitat konsantrasyonu ise 227-4393 mg/100 g değerleri arasında ve katyonların konsantrasyonu kalsiyum için 54–70 mg/100 g, magnezyum için 75–398 mg/100 g, potasyum için 244–1529 mg/100 g ve demir için 4–11 mg/100 g değerleri arasındadır. Çözünür oksalat konsantrasyonu, toplam oksalat oranını arttırmamıştır, ayrıca bütün gıdalardaki fitat konsantrasyonu kalsiyumun bağlanmasına bağlı olarak çözünür oksalat konsantrasyonunda bir artışa katkıda bulunmak için yeterlidir [62].

Bilgiçli (2004) tarafından yürütülen bu çalışmada farklı oranlarda maya (*Saccharomyces cerevisiae*), (%0, 2,5 ve 5), malt unu (% 0, 2 ve 4) ve fitaz enzimi (%0, 0,05 ve 0,5) katkısının, yüksek randımanlı undan yapılan tarhananın bazı besinsel özelliklerine fitik asit miktarının etkisi araştırılmıştır. Tarhana hamuru hazırlandıktan hemen sonra fitik asit miktarı %59,44-81,26 arasında düşmüş olup 72 saatlik fermantasyon süreci fitik asit kaybını %95,32'e çıkarmıştır. Tarhanada proteinin sindirilebilirlik oranı %95,12'ye kadar çıkmış olup burada da baskın olarak fermantasyon süreci olmak üzere, faktörlerden maya ve fitaz katkıları tek başına etkili olabilmişlerdir. Tarhana hamurunda bulunan P, Ca, Mg, Zn, Fe ve K minerallerinin de sindirilebilirlik oranları fermantasyon sonunda artış göstermiştir [26].

Frontela ve Martinez (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada, fermentasyon ve pişirmenin farklı fırın ürünlerindeki fitat içeriğine etkisini HPLC ile ölçüp; fırın ürünlerinin proses sırasındaki mineral yararlılığını, *in vitro* sindirimden sonra CaCo-2 hücreleri tarafından taşınarak çözünürlük ve diyalizin ölçülmesiyle araştırmışlardır. Hammaddelerin işleme aşamasında önemli bir etkiye neden olan yüksek miktarda fitat içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Demirin çözünürlüğü ve diyaliz

edilebilirliği fermantasyonla artarken, kalsiyum ve çinko analiz edilen ürüne bağlı olarak yüksek değişkenlik gösterdi. Fırınlamadan sonra, çoğu durumda minerallerin diyaliz edilebilirliği fermantasyon hamuruna göre artış göstermiştir. Hücrelerdeki demir ve kalsiyum minerallerinin en fazla alım ve taşınım verimi, buğday ununun pişmiş numuneleri ile fermantasyondan sonraki hamur karşılaştırıldığında, fermantasyon sonundaki hamurda görülmüştür. Çinko için ise, fermente hamur ile pişirme sonrası örneklerde alım ve taşıma verimlilikleri arasında herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Bu alışma fırın ürünlerinin *in vitro* mineral yararlılığının, işleme aşamasından ve kullanılan bileşenlerden etkilendiğini göstermiştir [10].

Türksoy (2005) tarafından yürütülen bu çalışmada, 6 farklı buğday türünden (Bezostaya, Gün-91, Dağdaş-94, Gerek-79, Kırgız-95, kizce) retilen %65, %75, %85 ve %100 ekstraksiyonlu unlar kullanılmış olup, bu unlardan yapılan ekmeklerdeki fitik asit miktarına buğday çeşidi ve un ekstraksiyon oranının etkisi olup olmadığı incelenmiştir. Buğday rneklerinin fitik asit içeriği 834-1066 mg/100 g arasında değişmektedir. Buğday rneklerinin toplam fosfor miktarlarının 348,5-439,7 mg/100 g değerleri arasında olduğu ve toplam fosfor içeriğindeki fitat fosforu oranlarının ise %61,1 ile %71,7 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Her buğday türünden üretilen un ve ekmeklerde ekstraksiyon oranı arttıka; fitik asit, fitat fosforu ve toplam fosfor miktarının da yükseldiği tespit edilmiştir [63].

Bilgiçli ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada farklı fitaz kaynakları (fırın mayası, arpa malt unu ve mikrobiyal fitaz) eklenerek hazırlanan tarhananın üretimi sırasında bazı minerallerin fitik asit, HCl ekstrakte edilebilirliği ve *in vitro* protein sindirilebilirliği incelenmiştir. Tarhananın fitik asit içeriği, maya, malt ve fitaz eklenmesinden sonra ( $p < 0,01$ )'e göre önemli ölçüde azalmıştır. Hammadde olarak kullanılan buğday unu ile ilgili olarak, tarhanadaki fitik asit içeriği % 95,3 oranında azalmıştır. Tarhananın üretilmesinden sonra, Ca, Mg, Zn ve K'nin HCl ekstrakte edilebilirliği ve tarhananın *in vitro* protein sindirilebilirliği sırasıyla % 80,2, % 86,4, % 73,9 ve % 92,6 ve %91,9'a yükselmiştir. Minerallerin fitik asit, HCl ekstrakte edilebilirliği ve *in vitro* protein sindirilebilirliği arasında anlamlı negatif korelasyon olduğu bulunmuştur. Fermantasyon, kurutma ve öğütme de dahil olmak üzere tarhana üretim işlemleri, fitik asitin antinütrisyonel etkilerini ortadan kaldırdığı tespit edilmiştir [7].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Tarhana Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Araştırmaya konu olan tarhananın sebzeleri 2015 yılının Ağustos ayında Uşak ilinin semt pazarından, yoğurt yerel marketlerden (Mis marka), un Uşak ilinde üretim yapan Yeniceli Un fabrikasından, maya olarak kullanılan ekme hamuru ise semt fırınından tedarik edilmiştir.

Tarhana hamuru formülasyonundaki hammaddeler; beyaz un, kepek, yoğurt, ekme hamuru, kuru soğan, kırmızıbiber, yeşilbiber, taze nane ve tuz olup, miktar ve oranları Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Tarhana üretiminde kullanılan formülasyon

<b>Hammadde</b>	<b>Miktar (g)</b>	<b>Oran (%)</b>
Beyaz un	2400	39,96
Kepek	100	1,67
Yoğurt	1000	16,65
Ekme hamuru	310	5,16
Kuru soğan	1000	16,65
Kırmızıbiber	500	8,33
Yeşilbiber	500	8,33
Taze nane	146	2,43
Tuz	50	0,83

##### 3.1.2. Analizler Sırasında Kullanılan Kimyasal Malzemeler

*in vitro* sindirim uygulaması için kullanılan kimyasallar:

- Pepsin enzimi (P7000), Sigma-Aldrich
- Pankreatin enzimi (P1750), Sigma-Aldrich
- Safra ekstraktı (B8631), Sigma-Aldrich
- Hidroklorik asit (HCl, %37'lik), Merck
- Sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>), Sigma-Aldrich
- Diyaliz membran (MWCO:12000-14000), Spectra/Por, Spectrum Laboratories, Inc., Rancho Dominguez, USA

Fitik asit analizi için kullanılan kimyasallar:

- Fitik asit dodeca sodyum salt hidrat (P0109), Sigma-Aldrich,



- Nitrik asit ( $\text{HNO}_3$  -%65'lik), Merck
- Demir III Klorür ( $\text{FeCl}_3$ ), Merck
- Amonyum tiyosiyanat ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), Merck
- Distile saf su

Örneklerin mineral madde analizine hazırlanmasında kullanılan kimyasallar:

- Nitrik asit ( $\text{HNO}_3$  -%65'lik), Merck
- Distile saf su

Protein analizi için kullanılan kimyasallar:

- Bovine serum albumin, Sigma-Aldrich
- Coomassie brillant blue, Fluka
- Fosforik asit ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), Chemsolute
- Sodyum klorür ( $\text{NaCl}$ ), Sigma-Aldrich
- Etanol, Merck
- Sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ), Merck

### 3.1.3. Alet ve Cihazlar

Çalışma sırasında kullanılan alet ve cihazlar aşağıda belirtilmiştir.

- Etüv (Mettler, Germany)
- Çalkalamalı inkübatör (IKA, KS 4000 I Control, Germany)
- pH metre (WTW, PH 7110, Germany)
- Vorteks cihazı (Wisemix, Portugal)
- Soğutmalı Santrifüj (Hettich, EBA 85, Zentrifugen, Germany)
- Kjeldahl yaş yakma ünitesi (Velp Scientifica, Italy)
- Spektrofotometre (Agilent Technologies, USA)
- Isıtıcı tablalı manyetik karıştırıcı (Velp Scientifica, Italy)
- Ayarlanabilir otomatik pipet seti (Brand, Germany)
- Filtre kağıdı (Whatman 5309-125, Whatman 1)
- Desikatör
- Hassas terazi (OHAUS, USA)

### 3.1.4. Kullanılan Çözeltiler

**Pepsin Çözeltisi:** 4 g pepsin enzimi, 0,01 N HCl asitte çözündürüldükten sonra, 0,1 N HCl asit ile 100 mL'e tamamlanır.

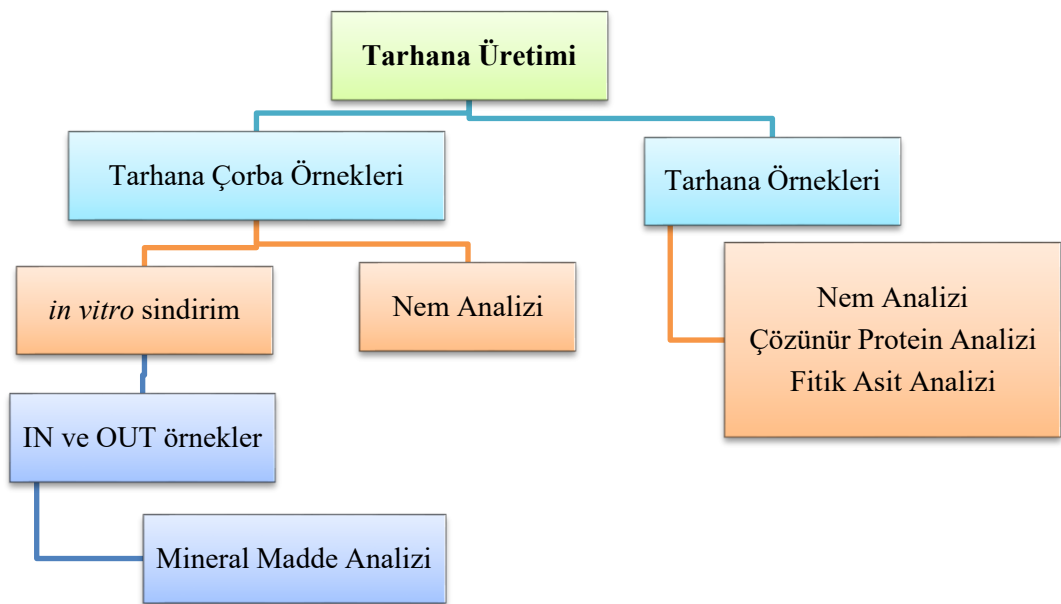
**Pankreatin-Safra Çözeltisi:** 0,5 g pankreatin enzimi ve 3 g safra, 0,01 N NaHCO<sub>3</sub> 'ta çözündürülüp, 0,1 N NaHCO<sub>3</sub> ile 250 mL'e tamamlanır.

**Bradford Çözeltisi:** 100 mg Coomassie Brilliant Blue boyası 50 mL, %95'lik etanolde çözündürülür. Bu çözelti 100 mL, %85'lik fosforik asit ile karıştırılıp, 1 L'lik balon jode distile saf su ile tamamlanır. Kullanılacağı zaman 5 kat saf su ile seyreltilip, filtre edildikten sonra kullanılır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Tarhana Üretimi ve Deneme Planı

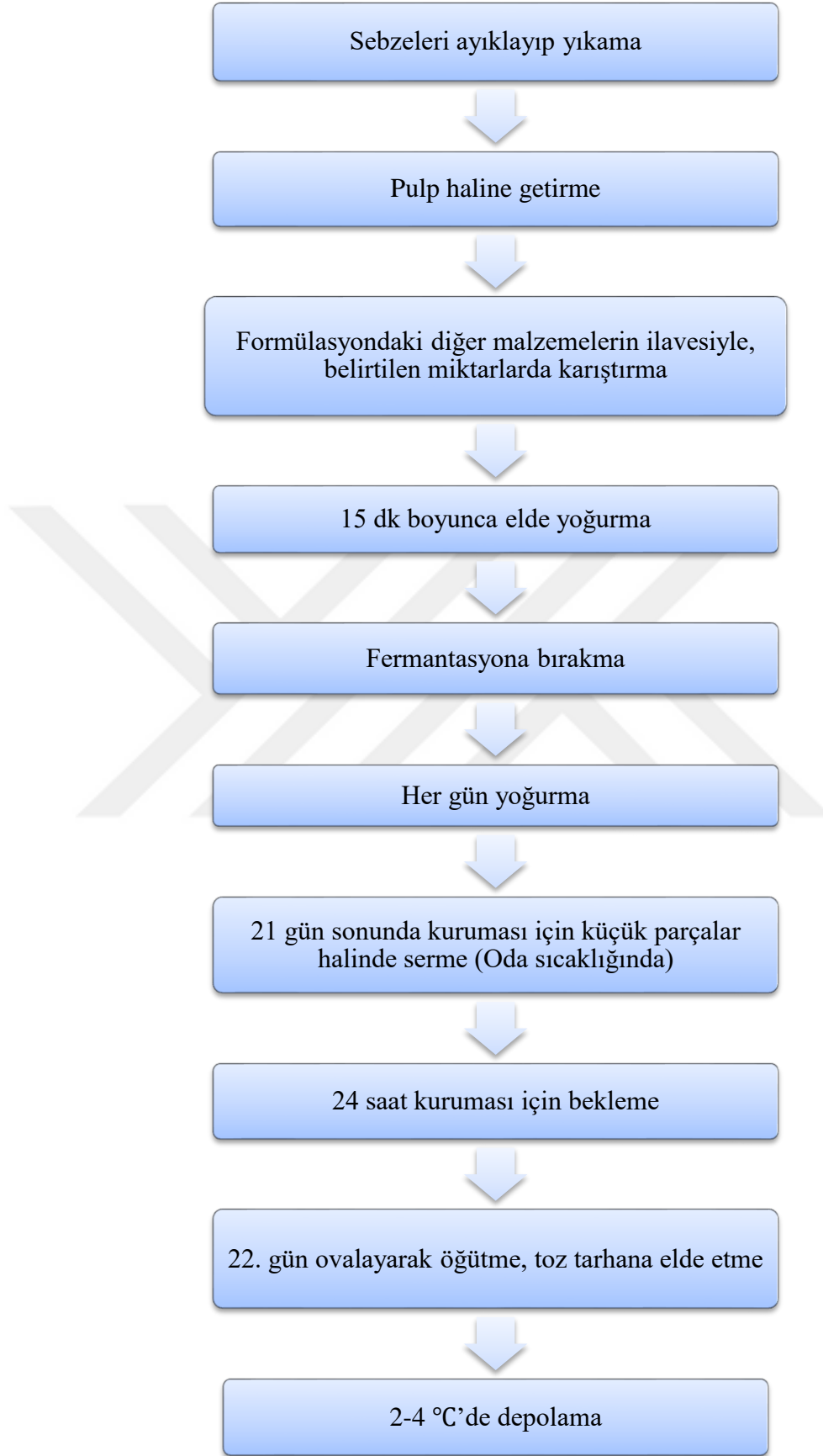
Bu çalışmada tarhana üretimi 2 tekerrür ve 2 paralel olacak şekilde, sindirim analizleri ve kimyasal analizler de 2 tekerrür ve 3 paralel olacak şekilde planlanmıştır. Tarhananın 21 gün süren fermantasyon sürecinde 3 güne bir alınan örneklerde ve toz ve depolama sürecindeki örneklerde nem, çözünür protein, fitik asit analizi yapılmış, yine fermantasyon sürecinde 3 güne bir alınan ve toz ve depolama aşamasındaki örneklerden yapılan çorba örneklerinde ise *in vitro* sindirim uygulanıp mineral madde analizi yapılmıştır. Tez deneme planı Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tez deneme planı

Uşak ilinin market ve semt pazarından tedarik edilen malzemeler, sebzeler pulp haline getirildikten sonra Tablo 3.1.'de belirtilen miktarlarda karıştırılıp, 15 dk. boyunca yoğrulmuştur. Üretim iki tekerrürlü yapılmıştır. Yoğrulan tarhana örnekleri beklemeye bırakılmış ve her gün 15 dk. yoğrulmuştur. 21 gün süren fermentasyon boyunca 3, 6, 9, 12, 15, 18 ve 21. günler alınan 100'er gramlık örnekler bekletilmeden -18 °C'de depo edilmiştir. 21 gün süren fermentasyon sürecinden sonra tarhana örnekleri küçük parçalara bölünüp oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Yaklaşık 24 saat süren kurutmadan sonra tarhana ovulup toz haline getirilmiştir. Toz haline gelen tarhanadan da 100 g örnek alınıp, -18 °C'de muhafazaya bırakılmıştır. Tarhana üretim aşamaları Şekil 3.2.'de ve tarhananın farklı aşamalarda alınan resimleri Şekil 3.3.'de gösterilmiştir.





**Şekil 3.2.** Ev yapımı tarhana üretim aşamaları



(a) (b) (c)  
**Şekil 3.3.** Tarhananın (a) hamur, (b) kurutulmak üzere serilmiş ve (c) toz hali

### 3.2.2. *in vitro* Sindirim Uygulaması

Tarhana örneklerinin *in vitro* sindirimi, laboratuvar ortamında uygun pH, sıcaklıkta ve enzimler eklenerek simüle mide ve bağırsak sistemi oluşturularak gerçekleştirilmiştir. Sindirim modeli olarak Vicente ve Gracia (2006) [32] tarafından geliştirilip; Güzelcan ve El (2011) tarafından modifiye edilen yöntem uygulanmıştır [40].

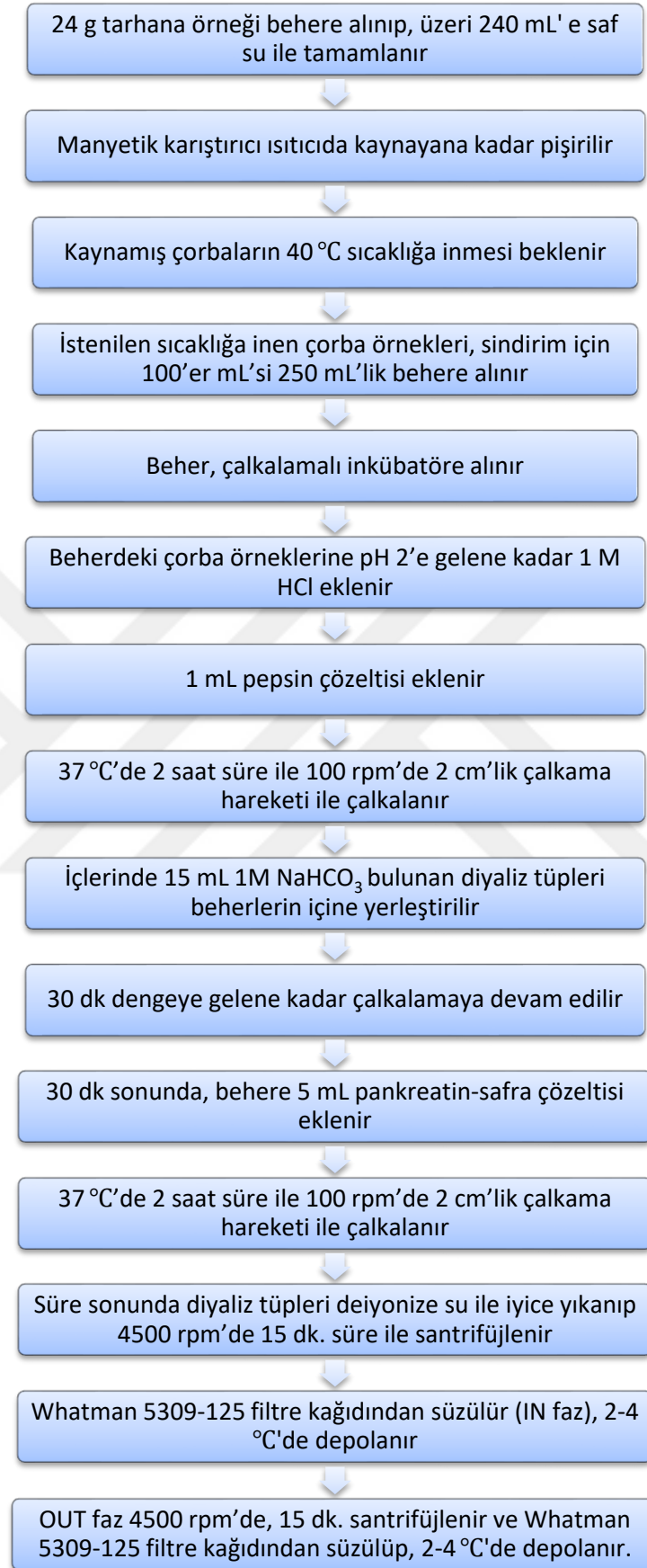
-18 °C’de muhafaza edilen tarhana örnekleri, 2-4 °C’de çözdürüldükten sonra, 24 g hamur tarhana örneği 400 mL’lik beherlere alınıp, 240 mL çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Toz tarhana örneklerinden ise 10 g alınıp, 250 mL çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Örnekler ısıtıcı tablalı manyetik karıştırıcıda kaynayana kadar pişirilmiş ve kaynama başlayınca karıştırıcıdan indirilmiştir. Örnekler 40 °C sıcaklığa gelene kadar beklenmiş, eksilen miktar saf su ile 240 mL çizgisine tamamlanmıştır, toz tarhanadan yapılan çorbalarda ise 250 mL çizgisine kadar tamamlanmıştır. Ardından pH ölçümü yapıp, çorbalara mide pH’ı olan pH 2 ye getirmek için, 1M HCl’den 3,5 mL eklenmiştir.

pH ayarı yapıldıktan sonra mide sindirim aşamasına geçilmiştir. Çorba örneklerinden 100’er mL alınarak 250 mL’lik behere konulmuş ve 2 paralel olarak *in vitro* sindirime başlanmıştır. Beherler sıcaklığı 37 °C’ye getirilmiş çalkalamalı inkübatöre yerleştirilmiştir. Çorba örnekleri inkübatör sıcaklığına gelene kadar beklenildikten sonra örneklere 1 mL pepsin çözeltisi eklenmiş ve 2 saat süre ile 100 rpm’de çalkalanarak inkübe edilmiştir.

Mide sindirim aşamasından sonra bağırsak sindirimine geçilmiştir. 2 saat sonunda içlerinde 15 mL, 1 M NaHCO<sub>3</sub> bulunan diyaliz tüpleri, inkübatörde bulunan beherlerin içine yerleştirilmiş ve dengeye gelmesi için 30 dk. beklenmiştir. 30 dk. sonunda beherlere 5 mL pankreatin-safra çözeltisi eklenip, 2 saat daha 100 rpm'de çalkalamaya devam edilmiştir.

Bağırsak sindirimi de tamamlandıktan sonra, beherlerin içinde bulunan diyaliz tüpleri saf su ile iyice durulanmıştır. Diyaliz tüplerinden çıkan bu sıvı IN faz olarak adlandırılmıştır. IN fazı (ince bağırsaktan emilen kısmı temsil eder) örnekleri, %10'luk HNO<sub>3</sub> ile 25 mL'e tamamlandıktan sonra 4500 rpm'de 10 dk. boyunca santrifüjlenmiş, Whatman 5309-125'den süzülüp, mineral madde analizi için 2-4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Beherde kalan OUT fazından (ince bağırsak ortamını temsil eder) 50 mL alınarak 5 M HCl çözeltisi ile örneklerin pH'ları 7'e ayarlanmıştır. 4500 rpm'de 15 dk. santrifüjlendikten sonra, Whatman No 1'den süzülerek ve 2-4 °C'de muhafaza edilmiştir. *in vitro* sindirim aşamaları Şekil 3.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. *in vitro* sindirim aşamaları



Şekil 3.5. Çalkalamalı inkübatörde *in vitro* sindirim

### 3.2.3. Nem Analizi

Nem tayini, etüvde kurutma yöntemi kullanılarak yapılmıştır [64]. Sabit tartıma getirilmiş numune kaplarına 2 g örnek tartılıp, 130 °C’de etüvde bekletilmiştir. Sabit tartıma gelinceye kadar kurutulan örneklerin % nem içerikleri, Formül 3.3. ile hesaplanmıştır.

$$\% Nem = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100 \quad (3.3)$$

m = Örnek miktarı

m<sub>1</sub> = Örnek miktarı + Dara

m<sub>2</sub> = Kurutulmuş örnek miktarı + Dara

### 3.2.4. Toplam Azotlu Madde Analizi

Toplam azotlu madde analizi; yaş tarhanada hamurun yoğrulduğu ilk gün örneğinden ve fermantasyonun tamamlanıp toz tarhananın elde edildiği günkü örnekte A&G-Pur laboratuvarları tarafından analiz edilmiştir. Toplam azotlu madde miktarı analizinde Dumas yöntemi (AOAC-992.15), (Dumas Protein/Nitrogen Analyzer, Velp Scientifica, NDA 701, Italy) kullanılarak tespit edilmiştir [65].

### 3.2.5. Çözünür Protein Analizi

Protein analizinde, albümin, globülin, gliadin ve glutenin miktarlarını tespit etmek amacıyla Bradford yönteminin uygulandığı Michalcova ve ark. (2012)’nin



yaptıkları çalışmadan modifiye edilerek faydalanılmıştır [66]. 0,25 g örnek, 2,5 mL %10'luk NaCl çözeltisi ile 45 dk. boyunca karıştırılıp, süre sonunda 4000 rpm'de 10 dk. süre ile santrifüjlenmiştir. Santrifüj tüpünün dibinde kalan çökeltiye yine %10'luk NaCl çözeltisi eklenip ve bu işlem 3 kez tekrar edilmiştir. En sonunda ekstraktlar birleştirilmiştir. Bu işlem ile albümin ve globülinler ekstrakte edilmiş olur.

Üç kez ekstrakte edildikten sonra kalan pellet, 2,5 mL %70'lik etanol ile aynı şekilde 45 dk. karıştırılıp, 4000 rpm 10 dk. santrifüjlenmiştir. Bu işlem de 3 kez tekrar edilmiştir. En sonunda ekstraktlar birleştirilmiştir. Burada da gliadinler ekstrakte edilmiş olur.

Etanolle ekstraksiyondan kalan çökelti 2,5 mL % 0,2'lik NaOH çözeltisi ile 45 dk. karıştırılıp 4000 rpm'de 10 dk. santrifüjlenip, işlem 3 kez tekrar edildikten sonra ekstraktlar birleştirilmiştir. Bu işlem ile de glütenin ekstrakte olur.

Bu protein çözeltisinden 100 µL alınıp, 3000 µL Bradford çözeltisi ile karıştırılıp, vortekslenip, 5 dk. beklendikten sonra 600 nm spektrofotometrede absorbans ölçülmüştür. Analiz sırasında kullanılan UV-Visspektrofotometre Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.

### **3.2.6. Fitik Asit Analizi**

Fitik asit analizinde Talamond ve ark. (2000) tarafından geliştirilen [61], Güzelcan ve El (2011) tarafından modifiye edilen yöntemden [40] faydalanılmış olup, analiz hamur tarhana örneklerinde yapılmıştır. 1 g tarhana örneği 0,5 M HNO<sub>3</sub> ile 25 mL'e tamamlanarak oda sıcaklığındaki çalkalamalı su banyosunda 3 saat inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda 4000 rpm'de, 10 dk. santrifüj edildikten sonra Whatman 5309-125'den süzölmüştür. Süzüntüden 1 mL alınıp üzerine 0,9 mL distile saf su eklenerek, 1mL 50 µg/mL Fe<sup>+3</sup> çözeltisi eklenmiştir. Tüpler vortekslenip, 15 dk. oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sonrasında türlerin ağzı kapatılıp, kaynayan su banyosunda 20 dk. bekletilmiş olup, süre sonunda soğuk suda oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur. Her tüpe 1 mL distile saf su eklenip, vortekslenip, üzerine 0,05 mL 100 g/L amonyum tiyosiyanat (NH<sub>4</sub>SCN) eklenerek vortekslenip, 465 nm'de spektrofotometrede ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.6. Protein ve Fitik asit analizinde kullanılan UV-Vis spektrofotometre

Tarhana örneklerindeki fitik asit kaybı Formül 3.4.'e göre hesaplanmıştır.

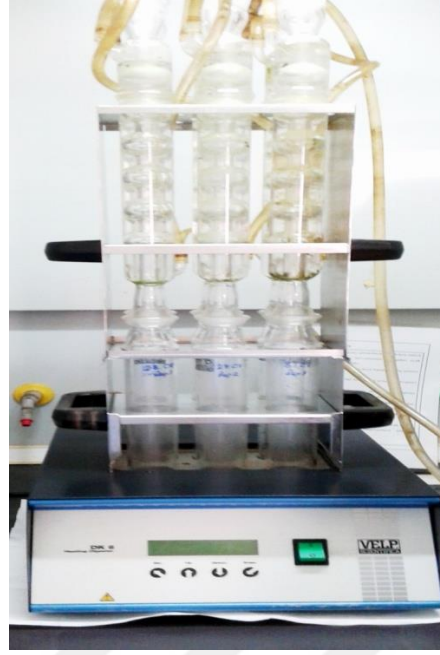
$$\% \text{ Fitik Asit Kaybı} \quad (3.4)$$

$$= \frac{(0. \text{ gün hamurdaki fitik asit miktarı} - \text{ Tarhanadaki fitik asit miktarı})}{0. \text{ gün hamurdaki fitik asit miktarı}} \times 100$$

### 3.2.7. Mineral Madde Analizi

Sindirime uğratılmış örnekler süzme ve santrifüj işlemlerinden sonra mineral madde analizine alınırken, sindirime uğratılmamış çorba örnekleri yaş yakma işleminin ardından mineral madde analizine alınmışlardır.

Yaş yakma için 10 g örnek tartılmış, 10 mL derişik nitrik asit eklenerek yaş yakma düzeneğinde 90 °C'de 45 dk. ve 130 °C'de 3 saat süre ile örnekler berraklaşınca kadar yakma işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler soğuduktan sonra 50 mL'lik balon jodelere alınarak saf su ile 50 mL'e tamamlanmıştır. Tüm tarhana örneklerinin çorba örneklerinde sindirim uygulanmış çorba örneklerinin IN ve OUT fazlarından alınan örneklerde Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn ve Cu analizleri Manisa Celal Bayar Üniversitesi DEFAM laboratuvarlarında ICP-OES (PerkinElmer, Optima 8000, USA) cihazı ile analiz edilmiştir.



Şekil 3.7. Mineral madde analizi için yaş yakma düzeneği

### 3.2.8. Biyoerişebilirlik ve Biyoyararlılığın Hesaplanması

Biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Örneklerin % biyoerişebilirlikleri Formül 3.1. ile % biyoyararlılıkları ise Formül 3.2. ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ BİYO} - E = \left( \frac{\text{IN+OUT fazdaki mineral miktarı}}{\text{Toplam mineral miktarı}} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

$$\% \text{ BİYO} - Y = \left( \frac{\text{IN fazdaki mineral miktarı}}{\text{Toplam mineral miktarı}} \right) \times 100 \quad (3.2)$$

### 3.2.9. İstatistiksel Analizler

Çalışma sonuçlarının istatistiksel analizlerinde SAS Version 8.0 programından yararlanılmıştır. Deneme planında örnekler arasında farklılık olup olmadığı ANOVA tek yönlü varyans analizi ile tespit edilmiş olup, tamamen rastgele desen kullanılıp, örnekler arasındaki farklılıklar için LSD testi uygulanmıştır. İstatistiksel çalışmada güven aralığı %95 olarak belirlenmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Nem Analizi Sonuçları

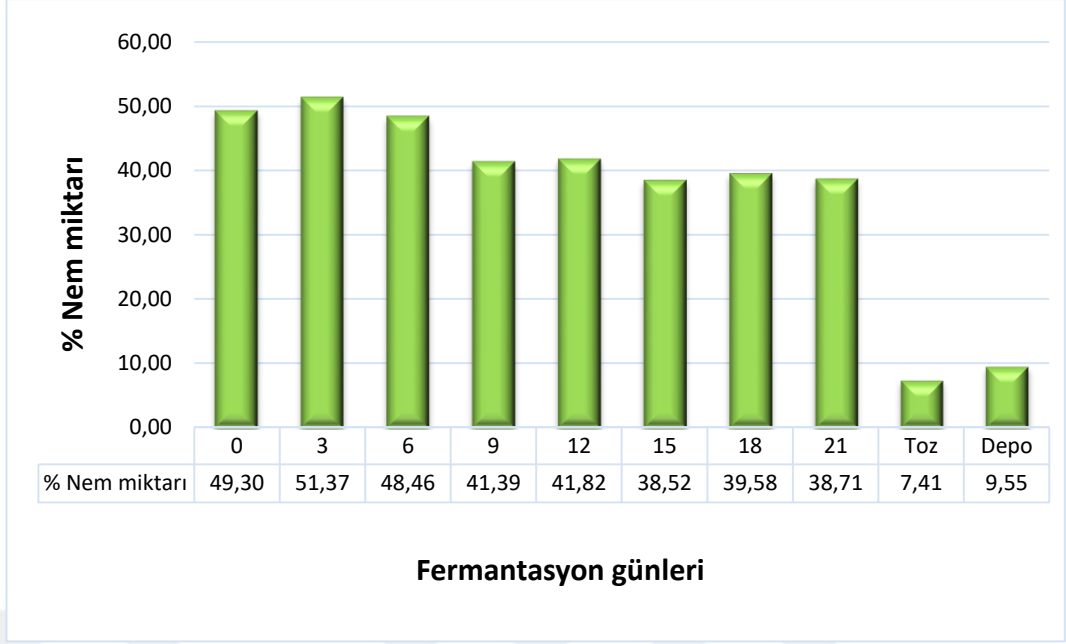
Tarhana örneklerinin nem içeriği değerleri Tablo 4.1. ve Şekil 4.1.'de gösterilmiş olup, bu değerlere göre en yüksek nem içeriğine sahip örnek, %51,37±0,39 değeri ile fermantasyonun 3. gününde alınan örnekte tespit edilmiştir. En düşük nem içeriği ise %7,41±0,73 değeri ile fermantasyonun tamamlanıp, hamur tarhananın kurutulup öğütüldüğü toz formudur.

Tarhana örneklerinin % nem içerikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (491,61)=0,0001, p<0,05]. Tarhana örneklerinin 2-4 °C'de depolanması aşamasında ise nem miktarının arttığı görülmüştür.

**Tablo 4.1.** Tarhana örneklerinin % nem içeriği

Fermantasyon Günleri	% Nem İçeriği
0. gün	49,30±0,22 <sup>b</sup>
3. gün	51,37±0,39 <sup>a</sup>
6. gün	48,46±2,11 <sup>b</sup>
9. gün	41,39±1,30 <sup>c,d</sup>
12. gün	41,82±0,83 <sup>c</sup>
15. gün	38,52±1,58 <sup>e</sup>
18. gün	39,58±0,16 <sup>d,e</sup>
21. gün	38,71±1,48 <sup>e</sup>
Toz	7,41±0,73 <sup>g</sup>
4 ay depolama	9,55±1,55 <sup>f</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-g) ile gösterilen değerler p<0,05 önem düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.1.** Tarhana örneklerinin % nem miktarı grafiği

TS 2282 Tarhana Standardına göre; toz tarhananın nem içeriği en fazla %10 olması gerekmektedir [3].

Özdemir ve ark. (2007)'nin tarhana ile ilgili yaptıkları çalışmada kurutulmuş toz tarhananın % nem içeriğini %6-10 arasında bulmuşlardır [67].

Köse ve Çağındı (2001)'nin yaptıkları bir çalışmada farklı un çeşitleri ve oranlarıyla tarhana üretmişlerdir. Tarhana üretimi sonunda toz tarhananın nem içeriğini %10,2-11,9 arasında tespit etmişlerdir [68].

Aktaş ve ark. (2015)'nin farklı oranlarda buğday unu kullanarak hazırladıkları tarhanada kurutulmuş tarhananın nem içeriklerini %7,81-8,38 arasında bulmuşlardır [22].

Tamer ve ark. (2006)'nin farklı formülasyonlarda tarhana üretimi yaptıkları bu çalışmada tarhana hamuru ve toz tarhananın nem içeriklerini %9,35-66,40 arası değerlerde bulmuşlardır [69].

Uçar ve Çakıroğlu (2011)'nin yaptıkları çalışmada üretmiş oldukları tarhanada kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapıp, hamur ve toz tarhananın nem içeriklerini %5,4-23 arasında tespit etmişlerdir [70].

Karagözlü ve ark. (2008)'nın tarhananın mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerini; tarhana çorbasının da duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda hamur ve toz tarhanada %5,8-47,97 arası değişen değerlerde nem içeriği tespit etmişlerdir [71].

Araştırmamızda tespit ettiğimiz nem içerikleri, bütün bu çalışmalar ve TS 2282 Tarhana Standardı ile kıyaslandığında, hamur ve toz tarhanaların % nem içerikleri uygunluk göstermektedir.

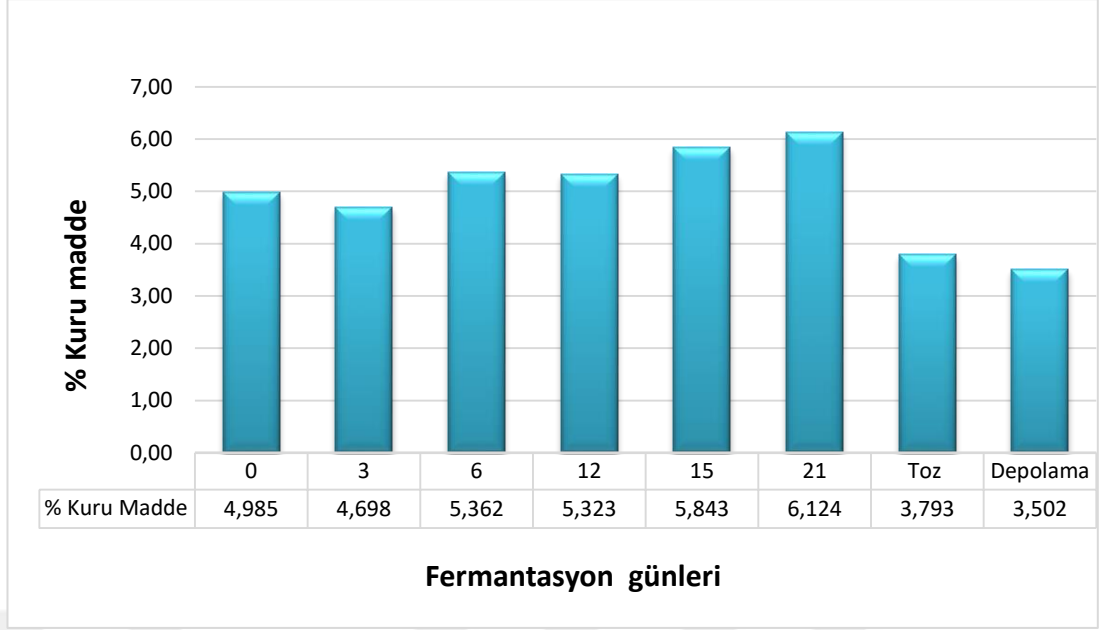
#### 4.2. Çorba Örneklerinin Kuru Madde Analizi Sonuçları

Mineral madde sonuçlarını KM bazında vereceğimizden dolayı çorba örneklerinde kuru madde analizi yapılmıştır. Tarhana çorba örneklerinin % kuru madde içerikleri Tablo 4.2. ve Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Buna göre çorbaların kuru madde içerikleri %3,5-6,12 arası değişmektedir. En yüksek kuru madde içeriği % 6,12 ile fermantasyonun 21. günü alınan örnekle hazırlanan çorbada görülmektedir. Çorba örneklerinin % kuru madde içerikleri istatistiksel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir [F (26,67)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.2.** Çorba örneklerinin % kuru madde içeriği

Fermantasyon Günleri	% Kuru Madde İçeriği
0. gün	4,98±0,27 <sup>c,d</sup>
3. gün	4,7±0,25 <sup>d</sup>
6. gün	5,36±0,52 <sup>b,c</sup>
12. gün	5,32±0,21 <sup>b,c</sup>
15. gün	5,84±0,21 <sup>a,b</sup>
21. gün	6,12±0,20 <sup>a</sup>
Toz	3,79±0,48 <sup>e</sup>
4 ay depolama	3,5±0,03 <sup>e</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-e) ile gösterilen değerler p<0,05 düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.2.** Çorba örneklerinin % kuru madde içerikleri grafiği

Erbaş ve ark. (2005)'nin yaptıkları bir çalışmada hazırladıkları tarhana çorbasının kuru madde içeriğini 7 g/100 g olarak tespit etmişlerdir [8].

Toz ve yaş tarhananın çorba yapımı sırasında kullanılan su miktarına göre kuru madde oranı değişebilmektedir ve herhangi bir standarda bağlı kalmamaktadır. Bu sebeple çorbayı yapan kişinin istek ve talebine göre çorbaların kuru madde oranları çalışmalarda farklılık gösterebilmektedir.

### 4.3. Tarhananın Toplam Azotlu Madde Analizi Sonuçları

Tarhana örneklerinde toplam azotlu madde analizinde Dumas yöntemi kullanılmış olup, hamurun yoğrulduğu ilk gün kuru madde bazında %17,39; toz formunda ise %15,70'dir. Tarhananın toz formunda, hamur tarhanaya göre protein miktarının daha düşük olduğu görülmektedir bunun sebebi olarak, tarhana fermantasyonu boyunca ortamdaki proteinlerin bir kısmı serbest aminoasit ve peptitlere dönüşmektedir şeklinde açıklanabilir [72].

TS 2282 Tarhana Standardına göre tarhananın protein miktarı kuru madde bazında %12'den az olmamalıdır.

Tamer ve ark. (2007)'nin yaptıkları çalışmada; Türkiye'nin 21 farklı ilinde üretilen, farklı formülasyona sahip tarhana örneklerini incelemişlerdir. Bu çalışma

sonucunda tarhana örneklerinin protein değerleri kuru madde bazında %6,77-28,55 değerleri arasında bulunmuştur. Ortalama değer ise %14,93±4,89'dur [69].

Çelik ve ark. (2010)'nın yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda buğday ununa %20 ve %40 oranlarında buğday kepeği karıştırmış ve tarhana çorbasını reolojik ve kimyasal yönden incelemiştir. Araştırma sonucunda kontrol örneğinin protein içeriğini kuru madde bazında %15,08; %20 buğday kepeği eklenmiş tarhana örneğinin protein içeriğini %16,20; %40 buğday kepeği eklenmiş örneğin protein miktarını %16,96 bulmuşlardır [73].

Gökmen (2009) yaptığı çalışmada tarhana formülasyonuna, çığ, pişmiş ve kurutulmuş ayva ekleyip bazı kimyasal özelliklerini incelemiştir. Araştırma sonucunda kontrol örneğinin protein miktarı kuru madde bazında ortalama %16,5, çığ ayva katkılı tarhana örneğinin ortalama %16,65, pişmiş ayva katkılı tarhana örneğinin %16,70 ve kurutulmuş ayva katkılı tarhana örneğinin protein miktarının %16,75 olarak bulmuştur [74].

Demir (2014) yaptığı çalışmada tarhana üretiminde buğday unu yerine değişen oranlarda (%40:30:30, %50:25:25, %60:20:20) kinoa unu, pirinç unu ve patates nişastası kullanmıştır. Araştırma sonucunda %40 kinoa unu içeren tarhana örneğinin kuru madde bazında ortalama protein miktarı %16,26, %50 kinoa unu içerenin %16,60, %60 kinoa unu içerenin %16,99 olduğunu tespit etmiştir [75].

Araştırmamızda yaş ve toz tarhana örneklerinin protein içeriği TS 2282'de belirtilen %12 değerinin üzerinde tespit edilmiştir. Diğer çalışmalarla kıyaslandığında çalışmamızdaki protein miktarı genel olarak uygunluk göstermekle birlikte bir miktar yüksek değerde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, tarhana üretiminde kullanılan formülasyon farklılıkları ve buğday ununun farklı tipte olması gösterilebilir.

#### **4.4. Tarhananın Çözünür Protein Analizi Sonuçları**

Hamur ve toz tarhana örneklerinin Bradford yöntemi ile tayin edilen albümin+globülin+glütenin+gliadin miktarları kuru madde bazında (g/100 g) Tablo 4.3. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir. Sonuçlara göre tarhananın yağrıldığı ilk gün 14,34±0,22 g/100 g ile en yüksek protein içeriği görülmektedir. Fermantasyonunun ilerlemesi ile tarhana örneklerindeki protein içeriği de düşmektedir. Bunun sebebi



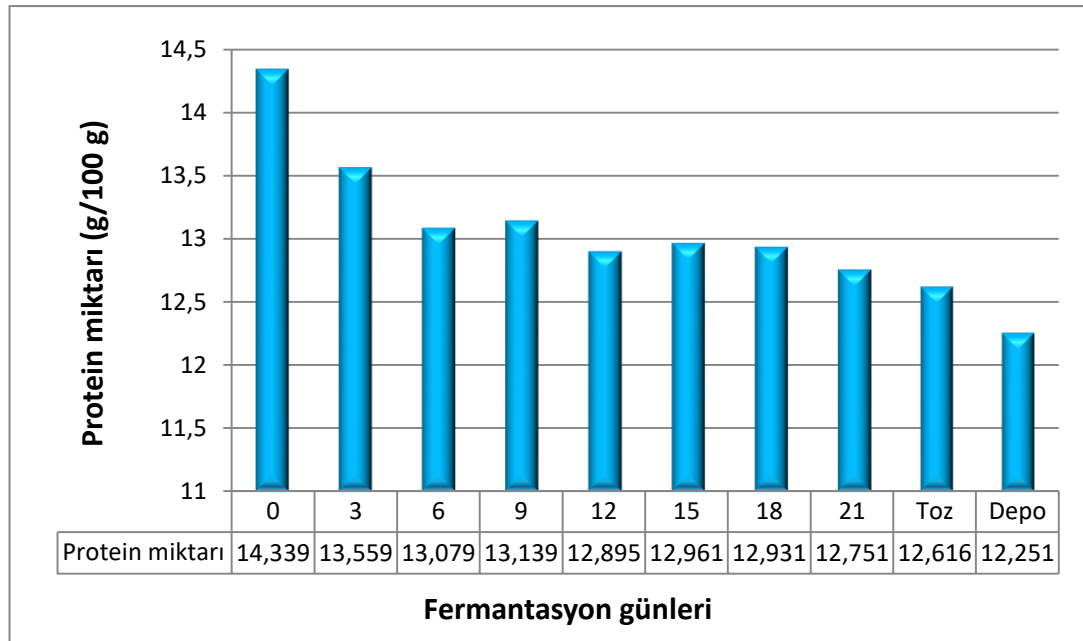
olarak tarhana fermentasyonu boyunca ortamdaki proteinlerin bir kısmı serbest amino asit ve peptitlere dönüşmektedir [72]. Albümin+globülin+glutenin+gliadin miktarı (g/100 g) miktarlarında en düşük değer  $12,25 \pm 0,40$  g/100 g ile toz tarhananın 4 ay depolanan örneğinde görülmektedir.

Tarhana örneklerinin çözünür protein içerikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (7,16)=0,0001,  $p < 0,05$ ].

**Tablo 4.3.** Tarhananın Çözünür Protein miktarı (g/100 g KM)

Fermentasyon günleri	Albumin + Globülin + Glütenin + Gliadin miktarı (g/100 g KM)
0. gün	$14,34 \pm 0,22^a$
3.gün	$13,56 \pm 0,52^b$
6.gün	$13,08 \pm 0,39^{b,c}$
9.gün	$13,14 \pm 0,16^{b,c}$
12.gün	$12,90 \pm 0,16^c$
15.gün	$12,96 \pm 0,55^{b,c}$
18.gün	$12,93 \pm 0,20^c$
21.gün	$12,75 \pm 0,51^{c,d}$
Toz	$12,62 \pm 0,23^{c,d}$
4 AyDepolama	$12,25 \pm 0,40^d$

\*Aynı sütunda farklı harf (a-d) ile gösterilen değerler  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.3.** Tarhana örneklerinin çözünür protein miktarı grafiği

Swieca ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada ekme k üretim formülasyonunda farklı oranlarda (%5, 10, 15, 20) filizlenmiş buğday unu kullanmışlardır. Filizlenmiş buğday unu ilavesi protein içeriğini arttırsa da protein sindirilebilirliğini azaltmıştır. Çalışma sonucunda buğday ununun, filizlenmiş buğday ununun ve ekmeğın albumin+globulin+guletinin+gliadin içeriğini sırasıyla; 107,36 mg/g, 111,52 mg/g, 99,78 mg/g olarak tespit etmişlerdir [76].

Siddiqi ve ark. (2016) yılında yaptıkları çalışmada buğday unu ile mayalanan hamurun protein içeriğine baktıklarında albumin+globulin+guletinin+gliadin içeriğini toplamda 9,25 g/100 g (92,5 mg/g) olarak tespit etmişlerdir [77].

Swieca ve ark. (2017) ve Siddiqi ve ark. (2016) tarafından yapılan buğday unu ile ilgili çalışmalara kıyasla, araştırmamızdaki tarhanada bulunan albumin+globulin+glutenin+gliadin miktarı daha yüksek tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak, formülasyonda buğday ununa ilaveten yüksek protein içeriğine sahip ekme k mayası ve yoğurt kullanılması ile açıklanabilir.

#### **4.5. Tarhananın Fitik Asit Analizi Sonuçları**

Hamur ve toz tarhananın kuru madde bazında fitik asit miktarları ve % fitik asit kayıpları Tablo 4.4., Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.'de verilmiştir. Sonuçlara göre hamur karıştırıldıktan hemen sonraki fitik asit miktarı 524,93 mg/100 g iken, fermantasyon sonunda 92,38 mg/100 g' a kadar, toz formda ise 58,99 mg/100 g'a kadar düşmüştür. Fitik asit miktarında yaklaşık 10 kat azalma gözlenmiştir. Tarhana  rneklelerinin fitik asit miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (711,37)=0,0001, p<0,05].

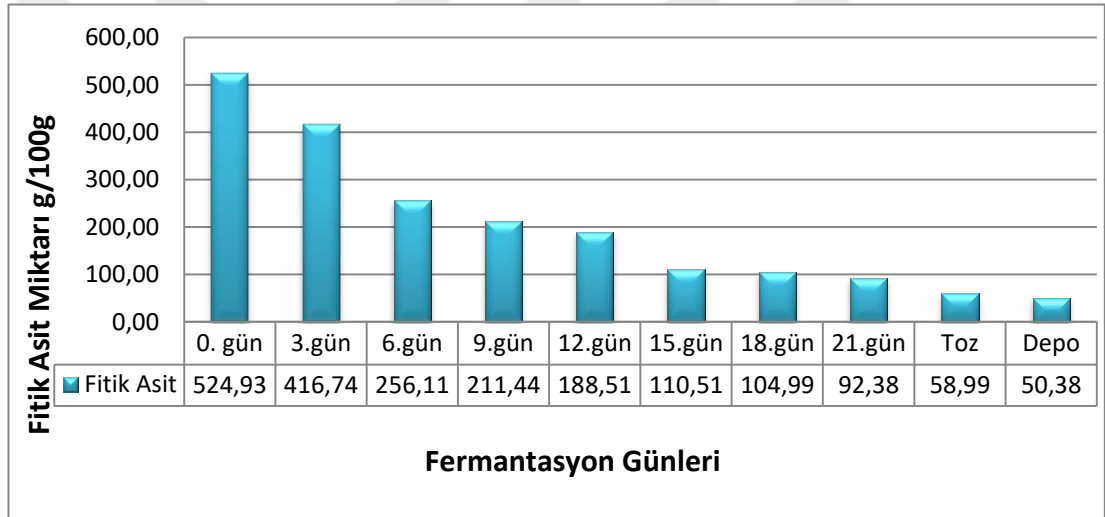
Fitik asit kaybı ise %20,61'ten, %90,40'a kadar  kmıştır ve %fitik asit kayıpları [F (519,81)=0,0001, p<0,05] arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir.

Fermantasyon, fitik asiti azaltmak için bilinen işlemlerden biridir. Genel olarak, daha düşük pH, daha uzun fermantasyon süresi ve daha fazla maya ilavesi fitik asitin daha yoğun bir Şekilde parçalanmasına neden olur [7].

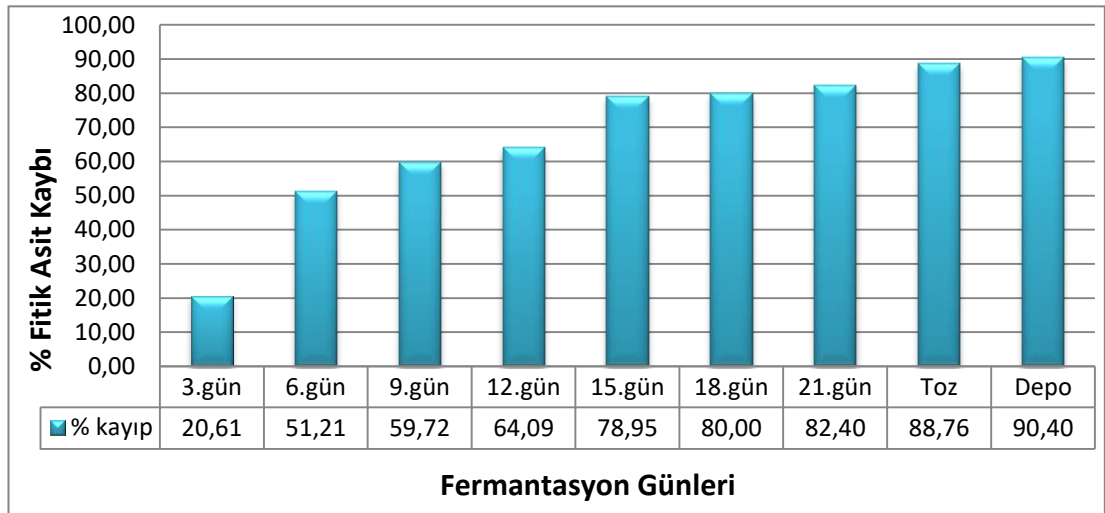
**Tablo 4.4.** Tarhana örneklerinin fitik asit miktarı (mg/100 g) ve % fitik asit kaybı

Fermentasyon günleri	Fitik Asit Miktarı (mg/100 g KM)	% Fitik Asit Kaybı
0. gün	524,93±21,41 <sup>a</sup>	-
3.gün	416,74±20,66 <sup>b</sup>	20,61±3,94 <sup>g</sup>
6.gün	256,11±10,56 <sup>c</sup>	51,21±2,01 <sup>f</sup>
9.gün	211,44±8,00 <sup>d</sup>	59,72±1,52 <sup>e</sup>
12.gün	188,51±12,89 <sup>e</sup>	64,09±2,46 <sup>d</sup>
15.gün	110,51±4,53 <sup>f</sup>	78,95±0,86 <sup>c</sup>
18.gün	104,99±4,58 <sup>f,g</sup>	80,00±0,87 <sup>b,c</sup>
21.gün	92,38±9,71 <sup>g</sup>	82,40±1,85 <sup>b</sup>
Toz	58,99±4,80 <sup>h</sup>	88,76±0,91 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	50,38±5,59 <sup>h</sup>	90,40±1,07 <sup>a</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-h) ve (a-g) ile gösterilen değerler  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.4.** Tarhana örneklerinin fitik asit miktarı grafiği (mg/100 g KM)



**Şekil 4.5.** Tarhana örneklerinin % fitik asit kaybı grafiği

Bilgiçli (2004)'nin yaptığı çalışmada tarhana formülasyonunda farklı oranlarda maya, malt ve fitaz enzimi kullanmış ve tarhana üretimi yapmıştır. Fermantasyon süreci tamamlanıp, toz tarhana üretildiğinde fitik asit değerinin kuru madde bazında ortalama 138,45 mg/100 g'dan 22,12 mg/100 g'a kadar düştüğü görülmüştür [26].

Bilgiçli ve İbanoğlu (2007) yaptıkları çalışmada buğday unu, buğday rüşeymi ve buğday kepeğini farklı oranlarda kullanarak tarhana üretimi yapmışlar ve fitik asit miktarını değerlendirmişlerdir. Buğday ununun fitik asit miktarı kuru madde bazında 337 mg/100 g, buğday rüşeyminin 2478 mg/100 g, buğday kepeğinin ise 3116 mg/100 g'dır. Buğday rüşeymini farklı oranlarda (%0, 10, 25, 50) kullanıp, fermantasyon süresi (0, 4, 8, 24, 72 saat) ile fitik asit miktarının değişimini incelemişlerdir. %0, %10, %25, %50 buğday rüşeymi ve değişen sürelerdeki fitik asit miktarı sırasıyla 20-235 mg/100 g, 22,5-285,5 mg/100 g, 30,4-441,5 mg/100 g, 39,5-769 mg/100 g değerleri arasındadır. Buğday kepeğini de %0, %10, %25, %50 oranlarında kullanıp, fermantasyon süresi boyunca fitik asit miktarındaki değişimi incelemişlerdir. Fermantasyon süresi ve buğday kepeğinin %0, %10, %25, %50 oranları ile fitik asit miktarı sırasıyla 20-242,5 mg/100 g, 20,5-294,5 mg/100 g, 32,7-554,5 mg/100 g, 45,10-915,5 mg/100 g değerleri arasında bulmuşlardır [78].

Bilgiçli (2009) yaptığı çalışmada buğday ve karabuğday ununu farklı oranlarda kullanarak tarhana üretmiştir. Buğday ununun fitik asit miktarını kuru madde bazında 145 mg/100 g, karabuğday ununun fitik asit miktarını ise 1565 mg/100 g bulmuştur. Tarhana üretim formülasyonuna değişen oranlarda karabuğday unu ekleyip (%0, 20, 40, 60, 80, 100) fitik asit ölçümü yaptığında; değerler 21,20-165,34 mg/100 g değerleri arasında yer almaktadır [6].

Türksoy (2005) yaptığı çalışmada farklı buğday türlerinde fitat fosforu ve fitik asit miktarı incelemiştir. Buna göre değişik buğday türlerindeki fitik asit miktarı kuru madde bazında 834-1066 mg/100 g arasında değişmektedir. Farklı buğday türlerinden üretilen unlarda ise fitik asit miktarı kuru madde bazında 71,8-1054,9 mg/100 g değerleri arasında yer almaktadır [63].

Çay (2008) yaptığı çalışmada farklı un tipleri, farklı oranlarda maya katkısı ve farklı süre ve sıcaklıklarda ekmek üretimi yapmış ve üretim sonunda fitik asit

miktarını ölçmüştür. Ekmek üretiminde kullandığı 2 farklı un tipinin fitik asit miktarları kuru madde bazında 100,4 mg/100 g ile 108,5 mg/100 g'dır. Kepeğin fitik asit değeri ise 2430,1 mg/100 g'dır. Farklı sıcaklıklarda pişirmiş olduğu ekmeğin fitik asit miktarları, 230 °C için; 248,98 mg/100 g, 250 °C için; 237,47 mg/100 g'dır [79].

Araştırmamızdaki fitik asit miktarları ile daha önceki çalışmalarda elde edilen değerler karşılaştırıldığında, Bilgiçli (2004) çalışmasında tarhananın fitik asit miktarını daha düşük bulmuştur. Ancak fermantasyon süresinin uzunluğu, formülasyondaki farklılıklar, unun kepek içeriği ve kalitesi fitik asit miktarında değişikliklere sebep olmaktadır.

#### 4.6. Tarhananın Mineral Madde Analizi Sonuçları

##### 4.6.1. Bakır

##### 4.6.1.1. Bakır Minerali Miktarı

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan bakır minerali miktarı Tablo 4.5.'te verilmiştir. Bakır minerali 8,33-14,28 µg/g değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin bakır minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (75,78)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.5.** Tarhana çorbası örneklerinin bakır minerali miktarı (µg/g)

Fermantasyon Günleri	Çorbadaki Cu miktarı (µg/g KM)
0. gün	10,06±0,56 <sup>b,c</sup>
3.gün	10,67±0,54 <sup>b</sup>
6.gün	9,41±0,92 <sup>c,d</sup>
12.gün	9,41±0,37 <sup>c,d</sup>
15.gün	8,77±0,19 <sup>d,e</sup>
21.gün	8,33±0,08 <sup>e</sup>
Toz	14,18±0,28 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	14,28±0,13 <sup>a</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-e) ile gösterilen değerler p<0,05 düzeyinde birbirinden farklıdır.

Erbaş ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada tarhananın mineral madde içerine baktıklarında, bakır mineralini kuru madde bazında ortalama 10 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [8].

Herken ve Aydın (2015) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda değişen oranlarda keçiyoynuzu unu (% 0, 5, 10, 15, 20) kullanmışlar ve mineral madde analizi yaptıklarında; tarhana örneklerinin bakır miktarı kuru madde bazında, 0,33-0,42 mg/100 g arasında değişmekte olduğunu tespit etmişlerdir [27].

Ikeda ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Cu mineral miktarını 0,49-0,91 mg/100 g değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

#### **4.6.1.2. Bakır Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı**

Tarhana çorbası örnekleri sindirime uğratarak Formül 3.1. ile mineral biyoerişebilirliği; Formül 3.2. ile mineral biyoyararlılığı hesaplanmıştır. Çorba örneklerinin bakır minerali biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri Tablo 4.6., Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.' de verilmiştir. Bakır minerali biyoerişebilirlik değeri %25-55,69 değerleri arasında değişmektedir. Biyoyararlılık değeri ise %4,89-5,02 değerleri arasındadır.

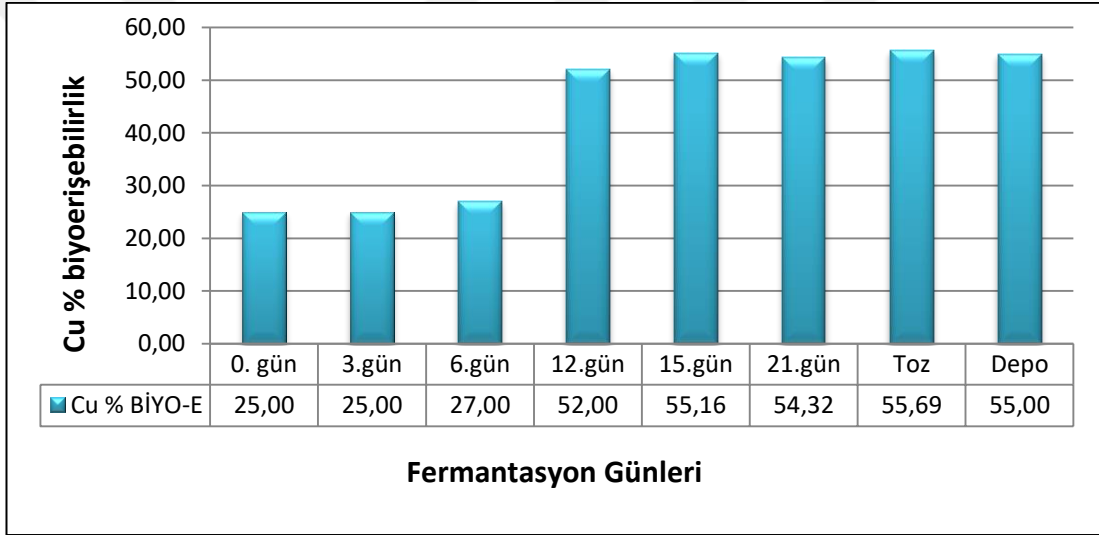
Çorba örneklerinin bakır minerali biyoerişebilirlikleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [ $F(338,95)=0,0001$ ,  $p<0,05$ ]. Çorba örneklerinin bakır minerali biyoyararlılıkları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir [ $F(1,05)=0,4211$ ,  $Pr>F$ ].

Fitik asit miktarı ile bakır minerali biyoerişebilirliği arasında negatif korelasyon ( $r=-0,91$ ) olduğu, biyoyararlılık ile ise anlamlı bir korelasyon bulunmadığı ( $r=0,17$ ) tespit edilmiştir.

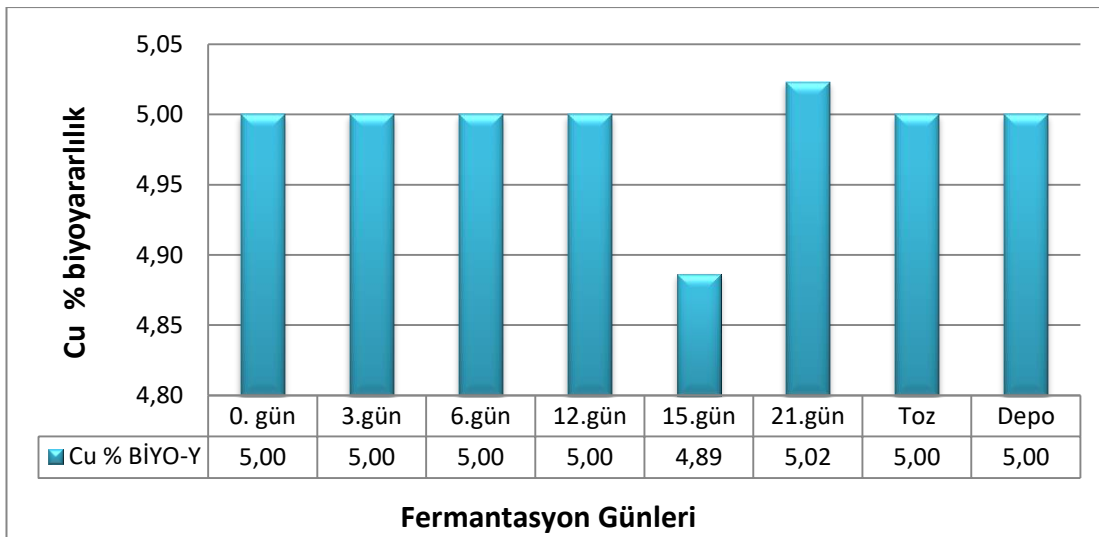
**Tablo 4.6.** Çorba örneklerinin bakır % biyoerişebilirliği ve % biyoyararlılığı

Fermentasyon Günleri	Cu % biyoerişebilirlik	Cu % biyoyararlılık
0. gün	25,00±0,18 <sup>c</sup>	5,00±0,11 <sup>a,b</sup>
3.gün	25,00±0,23 <sup>c</sup>	5,00±0,21 <sup>a,b</sup>
6.gün	27,00±2,31 <sup>c</sup>	5,00±0,89 <sup>a,b</sup>
12.gün	52,00±3,46 <sup>b</sup>	5,00±0,74 <sup>a,b</sup>
15.gün	55,16±1,39 <sup>a</sup>	4,89±0,23 <sup>b</sup>
21.gün	54,32±0,97 <sup>a,b</sup>	5,02±0,05 <sup>a</sup>
Toz	55,69±0,94 <sup>a</sup>	5,00±0,09 <sup>a,b</sup>
4 Ay Depolama	55,00±0,50 <sup>a</sup>	5,00±0,29 <sup>a,b</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-c) ile gösterilen değerler  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.6.** Tarhana çorbası örneklerinin Cu % biyoerişebilirlik grafiği



**Şekil 4.7.** Tarhana çorbası örneklerinin Cu % biyoyararlılık grafiği

Akhter ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada 12 farklı buğday türünde fitik asit, Ca, Fe, Zn, Cu ve P içeriklerini incelemişler ve dışarıdan enzim uygulaması ile defitinizasyon gerçekleştirip bu uygulamanın mineral biyoyararlılığına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda buğday türleri arasında fitaz enzimi eklenmeden ve eklendikten sonra Cu mineralinin biyoyararlılığını sırasıyla; %10,9-16,6 ve %12,9-25 değerleri arasında bulmuşlardır [42].

Lopez ve ark. (2003) farklı ekmek türleri üretip, *in vivo* sindirim ile Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu minerallerinin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Örnekler tam buğday unu, mayalı ekmek ve ekşi mayalı ekmektir. Çalışma sonucunda ekmek türleri arasında Cu mineralinin emilimini %13-28 değerleri arasında tespit etmişlerdir [39].

Lopez ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada 4 farklı buğday türü unlarında *in vivo* sindirim yapmışlar ve Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu minerallerinin biyoyararlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda Cu mineralinin emilimini %14-31 değerleri arasında tespit etmişlerdir [81].

Ikeda ve ark. (2001) yılında yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Cu mineral biyoyararlılığını %60,2-71 değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

## **4.6.2. Çinko**

### **4.6.2.1. Çinko Minerali Miktarı**

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan çinko minerali miktarı Tablo 4.7.'de verilmiştir. Çinko minerali 8,37-14,28 µg/g değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin çinko minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (622,38)=0,0001, p<0,05].



**Tablo 4.7.** Tarhana çorbası örneklerinin Çinko minerali miktarı ( $\mu\text{g/g}$ )

Fermentasyon Günleri	Çorbadaki Zn miktarı ( $\mu\text{g/g KM}$ )
0. gün	10,54 $\pm$ 0,18 <sup>c</sup>
3.gün	10,92 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>
6.gün	8,43 $\pm$ 0,09 <sup>f</sup>
12.gün	9,63 $\pm$ 0,29 <sup>d</sup>
15.gün	8,88 $\pm$ 0,07 <sup>e</sup>
21.gün	8,37 $\pm$ 0,13 <sup>f</sup>
Toz	14,18 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	14,28 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-f) ile gösterilen değerler  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.

Aktaş ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda olgunlaşmamış buğday tohumu kullanarak tarhananın kimyasal analizlerini yapmışlar ve tarhana örneklerinin mineral madde değerleri kuru madde bazında çinko minerali için; 0,94-1,62 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [22].

Bilgiçli (2009) yaptığı çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda karabuğday unu kullanmıştır. Üretim sonunda tarhana örneklerinin mineral madde analizini yaptığında; çinko mineralini, kuru madde bazında 1,56-2,70 mg/100 g değerleri arasında tespit etmiştir [6].

Çağlar ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonuna farklı oranlarda (% 0, 3, 5, 8) keçiyoynuzu unu eklemişlerdir. Üretim sonunda tarhananın mineral madde içeriklerine baktıklarında çinko için, kuru madde bazında 0,99-1,20 mg/100 g arasında değerler tespit etmişlerdir [82].

Bilgiçli ve ark. (2006) yürüttükleri bir çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda buğday rüşeymi ve buğday kepeği kullanmışlardır. Üretim sonunda tarhananın mineral madde değerleri, çinko için kuru madde bazında, 0,98-5,10 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [21].

Ikeda ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada karabuğday unu, buğday unu, pirinç unu ve mısır ununun bazı mineral madde miktarları ve biyoyararlılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda buğday ununun Zn minerali miktarı ortalama 0,80 mg/100 g tespit edilmiştir [83].

#### 4.6.2.2. Çinko Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı

Çorba örneklerinin çinko minerali biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri Tablo 4.8., Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmiştir. Çinko minerali biyoerişebilirlik değeri %23,27-51,88 değerleri arasında değişmektedir. Biyoyararlılık değeri ise %1,18-2,55 değerleri arasındadır.

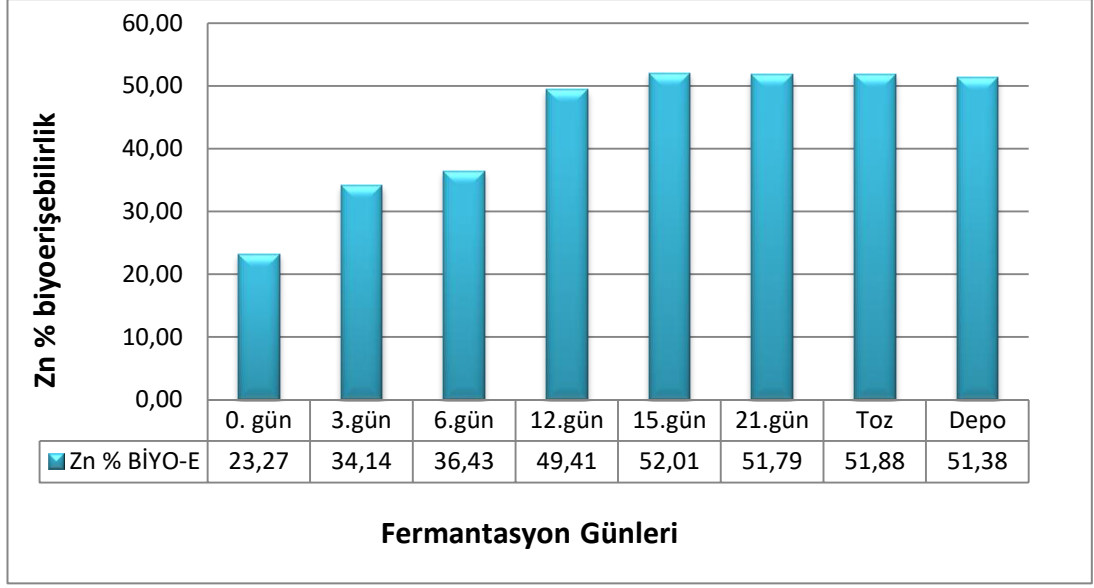
Çorba örneklerinin çinko minerali biyoerişebilirlikleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (23,74)=0,0001, p<0,05]. Çorba örneklerinin çinko minerali biyoyararlılıkları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (32,81)=0,0001, p<0,05].

Fitik asit miktarı ile çinko minerali biyoerişebilirliği arasında negatif korelasyon ( $r=-0,96$ ) olduğu, biyoyararlılık ile ise anlamlı bir korelasyon bulunmadığı ( $r=0,25$ ) tespit edilmiştir.

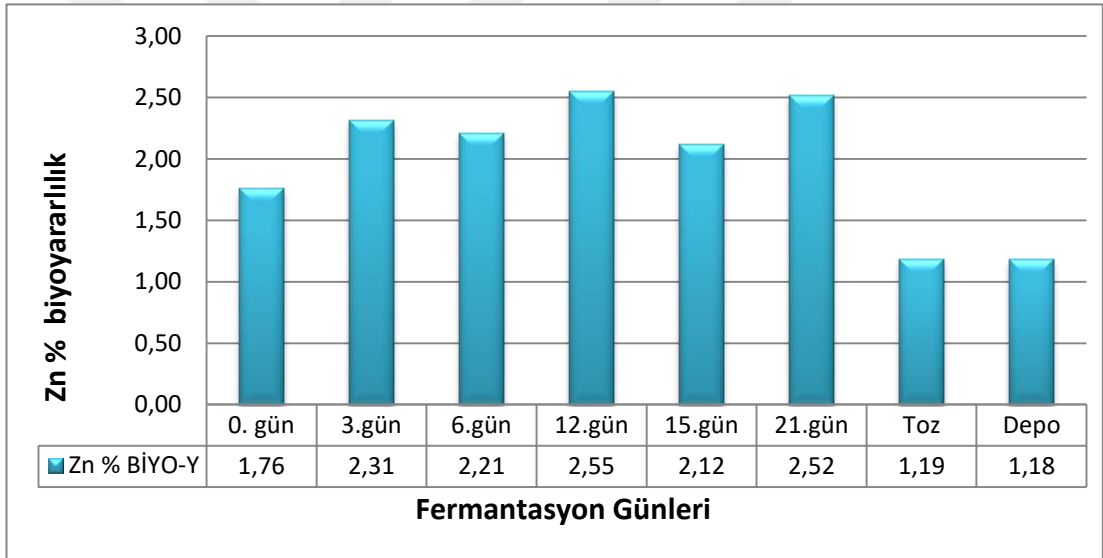
**Tablo 4.8.** Çorba örneklerinin çinko % biyoerişebilirliği ve % biyoyararlılığı

Fermantasyon Günleri	Zn % biyoerişebilirlik	Zn % biyoyararlılık
0. gün	23,27±1,94 <sup>c</sup>	1,76±0,09 <sup>c</sup>
3.gün	34,14±2,02 <sup>b</sup>	2,31±0,26 <sup>a,b</sup>
6.gün	36,43±12,27 <sup>b</sup>	2,21±0,20 <sup>b</sup>
12.gün	49,41±2,00 <sup>a</sup>	2,55±0,22 <sup>a</sup>
15.gün	52,01±0,72 <sup>a</sup>	2,12±0,20 <sup>b</sup>
21.gün	51,79±0,88 <sup>a</sup>	2,52±0,29 <sup>a</sup>
Toz	51,88±0,95 <sup>a</sup>	1,19±0,05 <sup>d</sup>
4 Ay Depolama	51,38±0,40 <sup>a</sup>	1,18±0,06 <sup>d</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-c) ve (a-d) ile gösterilen değerler  $p<0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.8. Tarhana çorbası örneklerinin Zn % biyoerişebilirlik grafiği



Şekil 4.9. Tarhana çorbası örneklerinin Zn % biyoyararlılık grafiği

Güzelcan ve El (2011) yaptıkları çalışmada simiti Fe ve Zn mineralleri ile zenginleştirmişler ve simitin, ayrı ayrı ayran ve çayla birlikte tüketiminin mineral biyoyararlılığına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Zn mineralinin biyoyararlılığı; kontrol simit, zenginleştirilmiş simit, zenginleştirilmiş simit+ayran, zenginleştirilmiş simit+çayda sırasıyla %6,78, %2,84, %6,38,%5,09 olarak tespit etmişlerdir [40].

Lopez ve ark. (2003) farklı ekmek türleri üretip, *in vivo* sindirim ile Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu minerallerinin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Örnekler tam buğday

unu, mayalı ekmek ve ekşi mayalı ekmektir. Çalışma sonucunda ekmek türleri arasında Zn mineralinin emilimini, %17-48 değerleri arasında tespit etmişlerdir [39].

Frontela ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada fırıncılık ürünlerinde (buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, beyaz ekmek, tam buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, tam buğday ekmeği ve muffin) *in vitro* sindirim yapıp, Fe, Ca ve Zn minerallerinin biyoyararlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda ürünler arasında Zn mineralinin çözünürlük ve diyalize olabilirlik değerlerini sırasıyla; %15,73-26,78 ve %0,78-56,80 değerleri arasında tespit etmişlerdir [10].

Akhter ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada 12 farklı buğday türünde fitik asit, Ca, Fe, Zn, Cu ve P içeriklerini incelemişler ve dışarıdan enzim uygulaması ile defitinizasyon gerçekleştirip bu uygulamanın mineral biyoyararlılığına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda buğday türleri arasında fitaz enzimi eklenmeden ve eklendikten sonra Zn mineralinin biyoyararlılığını sırasıyla; %4,62-8,36 ve %6-12,7 değerleri arasında bulmuşlardır [42].

Lopez ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada 4 farklı buğday türü unlarında *in vivo* sindirim yapmışlar ve Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu minerallerinin biyoyararlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda Zn mineralinin emilimini %21-38 değerleri arasında tespit etmişlerdir [81].

Ikeda ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada karabuğday unu, buğday unu, pirinç unu ve mısır ununun bazı mineral madde miktarları ve biyoyararlılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda buğday ununun Zn minerali biyoyararlılığı ortalama %23,4 tespit edilmiştir [83].

### **4.6.3. Mangan**

#### **4.6.3.1. Mangan Minerali Miktarı**

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan mangan minerali miktarı Tablo 4.9.'da verilmiştir. Mangan minerali 18,55-33,87 µg/g değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin mangan minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (105,22)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.9.** Tarhana çorbası örneklerinin mangan minerali miktarı (µg/g)

Fermantasyon Günleri	Çorbadaki Mn miktarı (µg/g KM)
0. gün	24,42±2,07 <sup>d</sup>
3.gün	28,48±0,36 <sup>c</sup>
6.gün	22,50±0,65 <sup>e</sup>
12.gün	25,44±0,63 <sup>d</sup>
15.gün	22,87±0,68 <sup>e</sup>
21.gün	18,22±0,66 <sup>f</sup>
Toz	33,87±1,17 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	30,70±0,32 <sup>b</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-f) ile gösterilen değerler  $p<0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.

Bilgiçli ve ark. (2006) yürüttükleri bir çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda buğday rüşeymi ve buğday kepeği kullanmışlardır. Üretim sonunda tarhananın mineral madde değerleri, mangan için kuru madde bazında, 0,59-6,54 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [21].

Erbaş ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada tarhananın mineral madde içerine baktıklarında, mangan mineralini kuru madde bazında ortalama 32,3 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [8].

Ikeda ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Mn mineral miktarını 1,16-2,48 mg/100 g değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

#### 4.6.3.2. Mangan Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı

Çorba örneklerinin mangan minerali biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri Tablo 4.10., Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.'de verilmiştir. Mangan minerali biyoerişebilirlik değeri %19,76-39,51 değerleri arasında değişmektedir. Biyoyararlılık değeri ise %0,94-2,64 değerleri arasındadır.

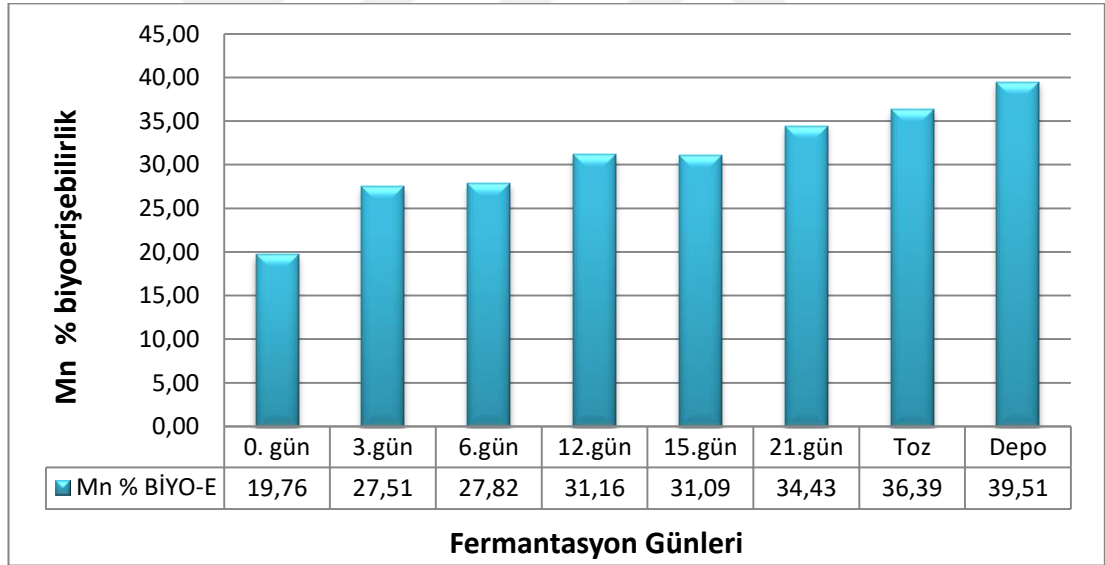
Çorba örneklerinin mangan minerali biyoerişebilirlikleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (29,38)=0,0001,  $p<0,05$ ]. Çorba örneklerinin mangan minerali biyoyararlılıkları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (119,92)=0,0001,  $p<0,05$ ].

Fitik asit miktarı ile mangan minerali biyoerişebilirliği arasında negatif korelasyon ( $r=-0,93$ ) olduğu, biyoyararlılık ile ise anlamlı bir korelasyon bulunmadığı ( $r=-0,14$ ) tespit edilmiştir.

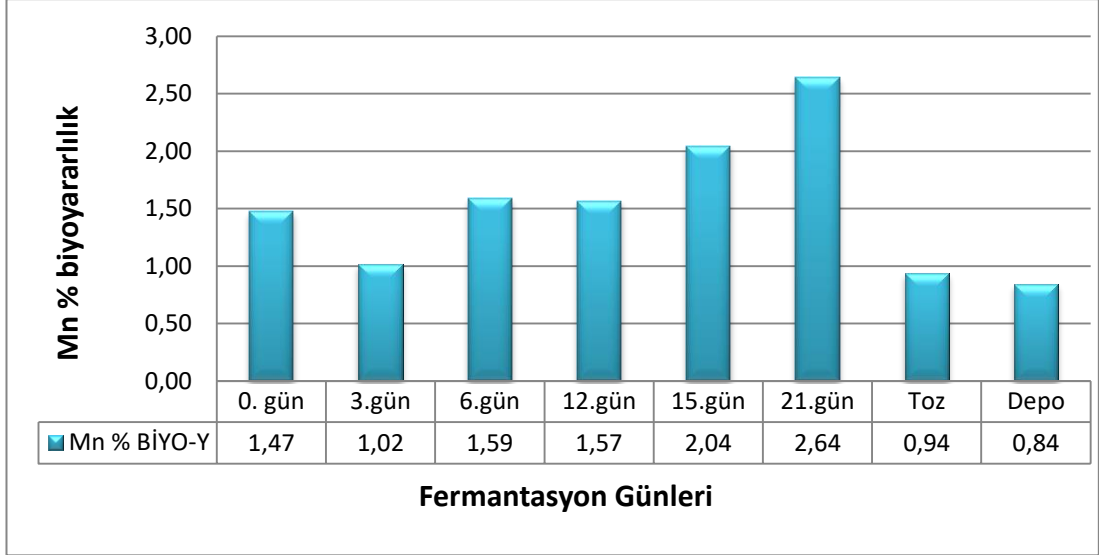
**Tablo 4.10.**Çorba örneklerinin mangan % biyoerişebilirliği ve % biyoyararlılığı

Fermentasyon Günleri	Mn % biyoerişebilirlik	Mn % biyoyararlılık
0. gün	19,76±3,93 <sup>g</sup>	1,47±0,09 <sup>c</sup>
3.gün	27,51±0,80 <sup>f</sup>	1,02±0,18 <sup>d</sup>
6.gün	27,82±0,73 <sup>e,f</sup>	1,59±0,04 <sup>c</sup>
12.gün	31,16±1,64 <sup>c,d</sup>	1,57±0,17 <sup>c</sup>
15.gün	31,09±1,32 <sup>d,e</sup>	2,04±0,06 <sup>b</sup>
21.gün	34,43±3,71 <sup>b,c</sup>	2,64±0,09 <sup>a</sup>
Toz	36,39±2,42 <sup>a,b</sup>	0,94±0,06 <sup>d,e</sup>
4 Ay Depolama	39,51±0,42 <sup>a</sup>	0,84±0,09 <sup>e</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-g) ve (a-e) ile gösterilen değerler  $p<0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.10.** Tarhana çorbası örneklerinin Mn % biyoerişebilirlik grafiği



**Şekil 4.11.** Tarhana çorbası örneklerinin Mn % biyoyararlılık grafiği

Erdemir ve Güçer (2016) yürütülen bir çalışmada buğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve mangan miktar ve biyoerişebilirliğini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 3 farklı buğday unu örneğinde Mn biyoerişebilirliğini %64,4, %64,1, %67 değerlerinde tespit etmişlerdir [84].

Ikeda ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Mn mineral biyoyararlılığını %9,3-13,9 değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

Ikeda ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada karabuğday unu, buğday unu, pirinç unu ve mısır ununun bazı mineral madde miktarları ve biyoyararlılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda buğday ununun Mn minerali biyoyararlılığı ortalama %16,4 tespit edilmiştir [83].

#### 4.6.4. Demir

##### 4.6.4.1. Demir Minerali Miktarı

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan demir minerali miktarı Tablo 4.11.'de verilmiştir. Demir minerali 19,40-46,88  $\mu\text{g/g}$  değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin demir minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (282,18)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.11.** Tarhana çorbası örneklerinin demir minerali miktarı ( $\mu\text{g/g}$ )

Fermentasyon Günleri	Çorbadaki Fe miktarı ( $\mu\text{g/g KM}$ )
0. gün	18,06 $\pm$ 1,33 <sup>c</sup>
3.gün	20,74 $\pm$ 0,71 <sup>b</sup>
6.gün	20,99 $\pm$ 2,76 <sup>b</sup>
12.gün	20,51 $\pm$ 0,52 <sup>b</sup>
15.gün	18,57 $\pm$ 1,60 <sup>c</sup>
21.gün	8,17 $\pm$ 1,91 <sup>c</sup>
Toz	25,84 $\pm$ 0,67 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	14,99 $\pm$ 2,19 <sup>d</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-h) ile gösterilen değerler  $p<0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.

Bilgiçli (2009) yaptığı çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda karabuğday unu kullanmıştır. Üretim sonunda tarhana örneklerinin mineral madde analizini yaptığında; demir mineralini, kuru madde bazında 2,52-4,02 mg/100 g değerleri arasında tespit etmiştir [6].

Bilgiçli ve ark. (2006) yürüttükleri bir çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda buğday rüşeymi ve buğday kepeği kullanmışlardır. Üretim sonunda tarhananın mineral madde değerleri, demir için kuru madde bazında, 1,98-7,86 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [21].

Ikeda ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada karabuğday unu, buğday unu, pirinç unu ve mısır ununun bazı mineral madde miktarları ve biyoyararlılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda buğday ununun Fe minerali miktarı ortalama 0,79 mg/100 g tespit edilmiştir [83].

#### **4.6.4.2. Demir Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı**

Çorba örneklerinin demir minerali biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri Tablo 4.12, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de verilmiştir. Demir minerali biyoerişebilirlik değeri %19,40-46,88 değerleri arasında değişmektedir. Biyoyararlılık değeri ise %0,65-2,58 değerleri arasındadır.

Çorba örneklerinin demir minerali biyoerişebilirlikleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (107,59)=0,0001,  $p<0,05$ ]. Çorba örneklerinin demir minerali biyoyararlılıkları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (74,49)=0,0001,  $p<0,05$ ].

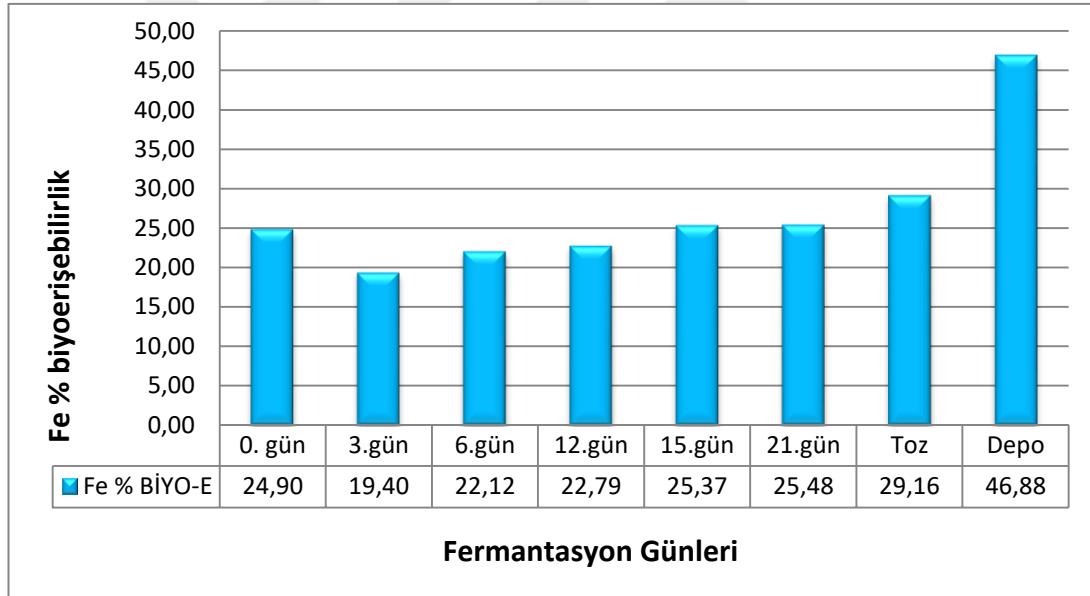


Fitik asit miktarı ile demir minerali biyoerişebilirliği ( $r=-0,53$ ) ve biyoyararlılığı ( $r=-0,16$ ) arasında anlamlı bir korelasyon bulunmadığı tespit edilmiştir.

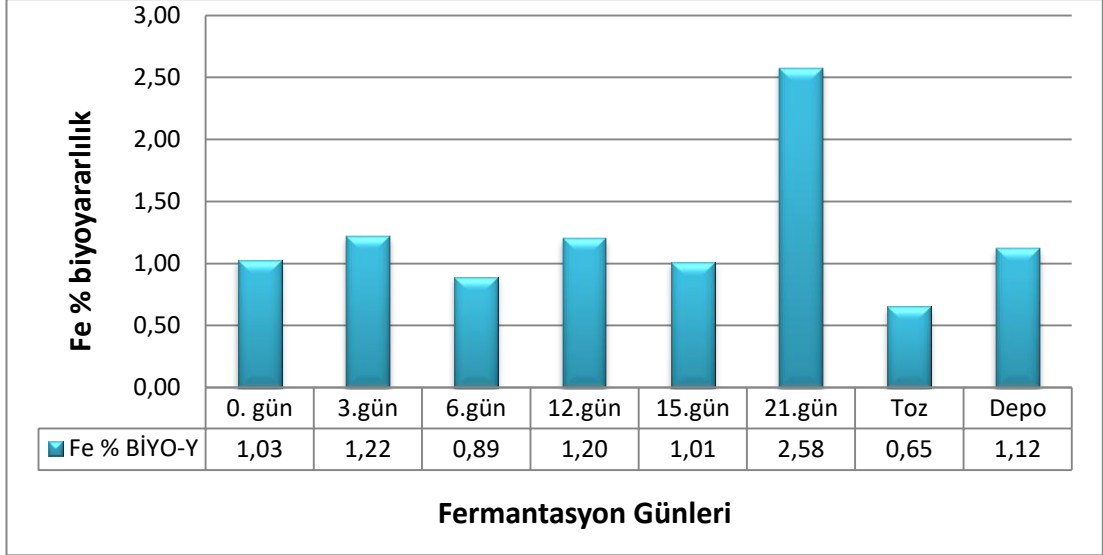
**Tablo 4.12.** Çorba örneklerinin demir % biyoerişebilirliği ve % biyoyararlılığı

Fermentasyon Günleri	Fe % biyoerişebilirlik	Fe % biyoyararlılık
0. gün	24,90±1,33 <sup>c,d</sup>	1,03±0,05 <sup>b,c,d</sup>
3.gün	19,40±0,71 <sup>f</sup>	1,22±0,14 <sup>b</sup>
6.gün	22,12±2,76 <sup>e</sup>	0,89±0,10 <sup>d</sup>
12.gün	22,79±0,52 <sup>e,d</sup>	1,20±0,14 <sup>b,c</sup>
15.gün	25,37±1,60 <sup>c</sup>	1,01±0,08 <sup>c,d</sup>
21.gün	25,48±1,91 <sup>c</sup>	2,58±0,29 <sup>a</sup>
Toz	29,16±0,67 <sup>b</sup>	0,65±0,03 <sup>e</sup>
4 Ay Depolama	46,88±2,19 <sup>a</sup>	1,12±0,06 <sup>b,c</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-f) ve (a-e) ile gösterilen değerler  $p<0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.12.** Tarhana çorbası örneklerinin Fe % biyoerişebilirlik grafiği



**Şekil 4.13.** Tarhana çorbası örneklerinin Fe % biyoyararlılık grafiği

Bilgiçli (2004) yaptığı çalışmada farklı oranlarda maya ve fitaz enzimi ilavesiyle tarhana üretimi yapmış ve tarhananın mineral madde miktarı ve biyoyararlılıklarını araştırmıştır. Çalışma sonucunda demir mineralinin sindirilebilirliğini %25,75-33,89 değerleri arasında tespit etmiştir [26].

Güzelcan ve El (2011) yaptıkları çalışmada simiti Fe ve Zn mineralleri ile zenginleştirmişler ve simitin, ayrı ayrı ayran ve çayla birlikte tüketiminin mineral biyoyararlılığına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Fe mineralinin biyoyararlılığı; kontrol simit, zenginleştirilmiş simit, zenginleştirilmiş simit+ayran, zenginleştirilmiş simit+çayda sırasıyla %3,14, %1,96, %2,14,%2,23 olarak tespit etmişlerdir [40].

Akhter ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada 12 farklı buğday türünde fitik asit, Ca, Fe, Zn, Cu ve P içeriklerini incelemişler ve dışarıdan enzim uygulaması ile defitinizasyon gerçekleştirip bu uygulamanın mineral biyoyararlılığına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda buğday türleri arasında fitaz enzimi eklenmeden ve eklendikten sonra Fe mineralinin biyoyararlılığını sırasıyla; %12-14,7 ve %14,5-24,6 değerleri arasında bulmuşlardır [42].

Frontela ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada fırıncılık ürünlerinde (buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, beyaz ekmek, tam buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, tam buğday ekmeği ve muffin) *in vitro* sindirim yapıp, Fe, Ca ve Zn minerallerinin biyoyararlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda ürünler arasında

Fe mineralinin çözünürlük ve diyalize olabilirlik değerlerini sırasıyla; %7,97-40,87 ve %0,52-29,97 değerleri arasında tespit etmişlerdir [10].

#### 4.6.5. Magnezyum

##### 4.6.5.1. Magnezyum Minerali Miktarı

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan magnezyum minerali miktarı Tablo 4.13’de verilmiştir. Magnezyum minerali 554,99-1702,7 µg/g değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin magnezyum minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (559,42)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.13.** Tarhana çorbası örneklerinin magnezyum minerali miktarı (µg/g)

Fermantasyon Günleri	Çorbadaki Mg miktarı (µg/g KM)
0. gün	1051,6±16,67 <sup>c</sup>
3.gün	1326,2±1,21 <sup>b</sup>
6.gün	1025,1±23,33 <sup>c</sup>
12.gün	977,3±67,96 <sup>d</sup>
15.gün	877,17±30,77 <sup>e</sup>
21.gün	554,99±5,84 <sup>f</sup>
Toz	1702,7±10,73 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	884,14±9,30 <sup>e</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-h) ile gösterilen değerler p<0,05 düzeyinde birbirinden farklıdır.

Aktaş ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda olgunlaşmamış buğday tohumu kullanarak tarhananın kimyasal analizlerini yapmışlar ve tarhana örneklerinin mineral madde değerleri kuru madde bazında magnezyum minerali için; 61,32-130,06 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [22].

Bilgiçli (2009) yaptığı çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda karabuğday unu kullanmıştır. Üretim sonunda tarhana örneklerinin mineral madde analizini yaptığında; magnezyum mineralini, kuru madde bazında 61,05-271,3 mg/100 g değerleri arasında tespit etmiştir [6].

Bilgiçli ve ark. (2006) yürüttükleri bir çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda buğday rüşeymi ve buğday kepeği kullanmışlardır. Üretim sonunda

tarhananın mineral madde değerleri, magnezyum için kuru madde bazında, 78,3-222,2 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [21].

Erbaş ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada tarhananın mineral madde içerine baktıklarında, magnezyum mineralini kuru madde bazında ortalama 1582 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [8].

Ikeda ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Mg mineral miktarını 254-302 mg/100 g değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

#### **4.6.5.2. Magnezyum Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı**

orba örneklerinin magnezyum minerali biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri Tablo 4.14., Şekil 4.14. ve Şekil 4.15.'te verilmiştir. Magnezyum minerali biyoerişebilirlik değeri %33,90-83,23 değerleri arasında değişmektedir. Biyoyararlılık değeri ise %1,35-5,86 değerleri arasındadır.

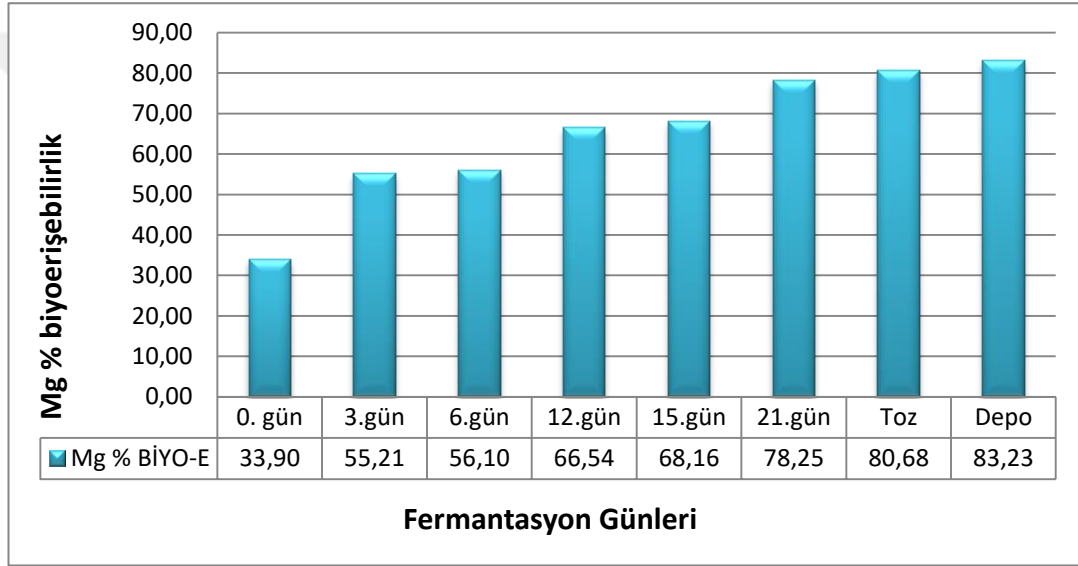
orba örneklerinin magnezyum minerali biyoerişebilirlikleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (34,39)=0,0001,  $p<0,05$ ]. orba örneklerinin magnezyum minerali biyoyararlılıkları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (56,71)=0,0001,  $p<0,05$ ].

Fitik asit miktarı ile magnezyum minerali biyoerişebilirliği arasında negatif korelasyon ( $r=-0,96$ ) olduğu, biyoyararlılık ile ise anlamlı bir korelasyon bulunmadığı ( $r=-0,21$ ) tespit edilmiştir.

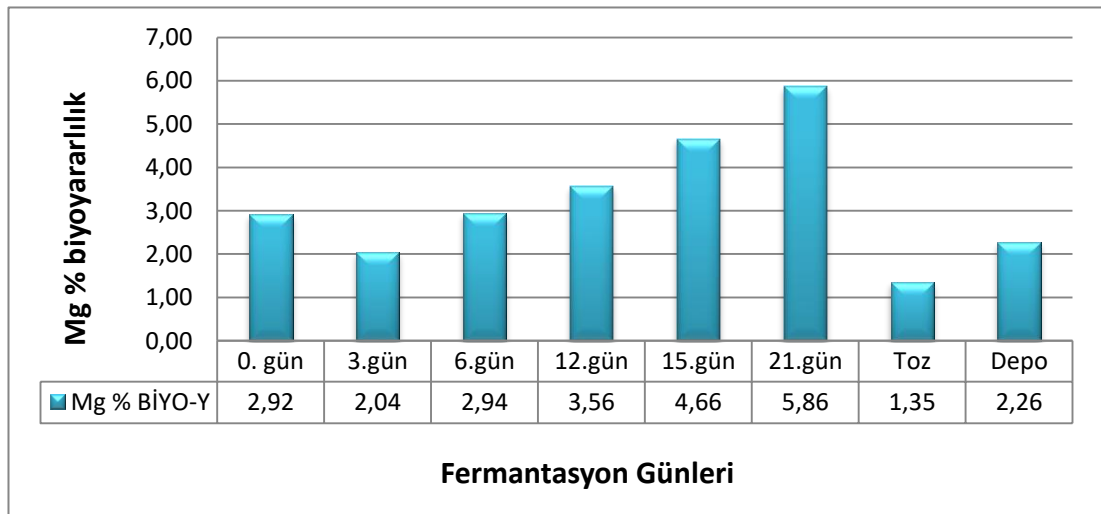
**Tablo 4.14.** Çorba örneklerinin magnezyum % biyoerişebilirliği ve % biyoyararlılığı

Fermentasyon Günleri	Mg % biyoerişebilirlik	Mg % biyoyararlılık
0. gün	33,90±6,39 <sup>e</sup>	2,92±0,22 <sup>d</sup>
3.gün	55,21±0,76 <sup>c</sup>	2,04±0,69 <sup>e</sup>
6.gün	56,10±3,17 <sup>c</sup>	2,94±0,22 <sup>d</sup>
12.gün	66,54±13,79 <sup>b</sup>	3,56±0,39 <sup>c</sup>
15.gün	68,16±0,95 <sup>b</sup>	4,66±0,26 <sup>b</sup>
21.gün	78,25±0,81 <sup>a</sup>	5,86±0,62 <sup>a</sup>
Toz	80,68±2,56 <sup>a</sup>	1,35±0,20 <sup>f</sup>
4 Ay Depolama	83,23±1,59 <sup>a</sup>	2,26±0,14 <sup>e</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-e) ve (a-f) ile gösterilen değerler  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.14.** Tarhana çorbası örneklerinin Mg % biyoerişebilirlik grafiği



**Şekil 4.15.** Tarhana çorbası örneklerinin Mg % biyoyararlılık grafiği

Bilgiçli (2004) yaptığı çalışmada farklı oranlarda maya ve fitaz enzimi ilavesiyle tarhana üretimi yapmış ve tarhananın mineral madde miktarı ve biyoyararlılıklarını araştırmıştır. Çalışma sonucunda magnezyum mineralinin sindirilebilirliğini %83,61-86,41 değerleri arasında tespit etmiştir [26].

Lopez ve ark. (2003) farklı ekmek türleri üretip, *in vivo* sindirim ile Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu minerallerinin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Örnekler tam buğday unu, mayalı ekmek ve ekşi mayalı ekmektir. Çalışma sonucunda ekmek türleri arasında Mg mineralinin emilimini, %27-45 değerleri arasında tespit etmişlerdir [39].

Lopez ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada 4 farklı buğday türü unlarında *in vivo* sindirim yapmışlar ve Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu minerallerinin biyoyararlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda Mg mineralinin emilimini %45-66 değerleri arasında tespit etmişlerdir [81].

Ikeda ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Mg mineral biyoyararlılığını %26,9-44,1 değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

Ikeda ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada karabuğday unu, buğday unu, pirinç unu ve mısır ununun bazı mineral madde miktarları ve biyoyararlılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda buğday ununun Mg minerali biyoyararlılığı ortalama %62 tespit edilmiştir [83].

#### **4.6.6. Kalsiyum**

##### **4.6.6.1. Kalsiyum Minerali Miktarı**

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan kalsiyum minerali miktarı Tablo 4.15.'te verilmiştir. Kalsiyum minerali 883,64-1840,9 µg/g değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin kalsiyum minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (170,72)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.15.** Tarhana çorbası örneklerinin kalsiyum minerali miktarı ( $\mu\text{g/g}$ )

Fermantasyon Günleri	Çorbadaki Ca miktarı ( $\mu\text{g/g KM}$ )
0. gün	1754,8 $\pm$ 36,17 <sup>b</sup>
3.gün	1628,9 $\pm$ 57,12 <sup>c</sup>
6.gün	1397 $\pm$ 52,02 <sup>e</sup>
12.gün	1491,4 $\pm$ 32,20 <sup>d</sup>
15.gün	1313,6 $\pm$ 89,59 <sup>f</sup>
21.gün	883,64 $\pm$ 8,78 <sup>g</sup>
Toz	1840,9 $\pm$ 18,21 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	1342,1 $\pm$ 14,17 <sup>e,f</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-g) ile gösterilen değerler  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.

Bilgiçli (2009) yaptığı çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda karabuğday unu kullanmıştır. Üretim sonunda tarhana örneklerinin mineral madde analizini yaptığında; kalsiyum mineralini, kuru madde bazında 99,5-100,4 mg/100 g değerleri arasında tespit etmiştir [6].

Çağlar ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonuna farklı oranlarda (%0, 3, 5, 8) keçiyoynuzu unu eklemiştir. Üretim sonunda tarhananın mineral madde içeriklerine baktıklarında kalsiyum için, kuru madde bazında 80,44-99,61 mg/100 g arasında değerler tespit etmişlerdir [82].

Erbaş ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada tarhananın mineral madde içerine baktıklarında, kalsiyum mineralini kuru madde bazında ortalama 2679 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [8].

Herken ve Aydın (2015) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda değişen oranlarda keçiyoynuzu unu (% 0, 5, 10, 15, 20) kullanmışlar ve mineral madde analizi yaptıklarında; tarhana örneklerinin kalsiyum miktarı kuru madde bazında, 121,8-180,7 mg/100 g arasında değişmekte olduğunu tespit etmişlerdir [27].

#### 4.6.6.2. Kalsiyum Minerali Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlılığı

Çorba örneklerinin kalsiyum minerali biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerleri Tablo 4.16., Şekil 4.16. ve Şekil 4.17.'de verilmiştir. Kalsiyum minerali biyoerişebilirlik değeri %13,13-51,65 değerleri arasında değişmektedir. Biyoyararlılık değeri ise %1,78-6,80 değerleri arasındadır.

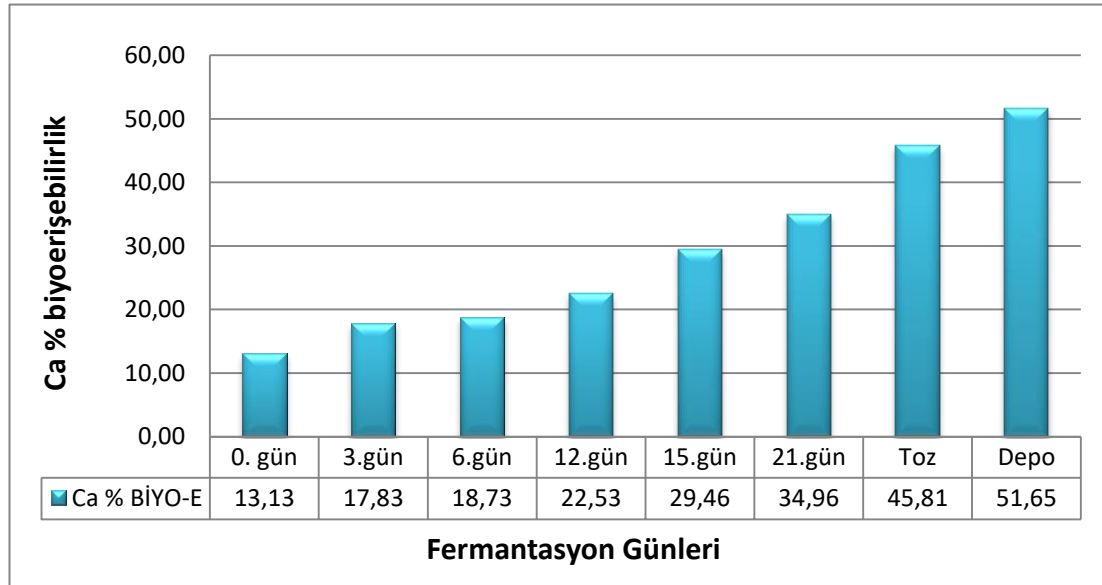
Çorba örneklerinin kalsiyum minerali biyoerişebilirlikleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (237,04)=0,0001, p<0,05]. Çorba örneklerinin kalsiyum minerali biyoyararlılıkları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (232,21)=0,0001, p<0,05].

Fitik asit miktarı ile kalsiyum minerali biyoerişebilirliği arasında negatif korelasyon (r=-0,85) olduğu, biyoyararlılık ile ise anlamlı bir korelasyon bulunmadığı (r=-0,35) tespit edilmiştir.

**Tablo 4.16.**Çorba örneklerinin kalsiyum % biyoerişebilirliği ve % biyoyararlılığı

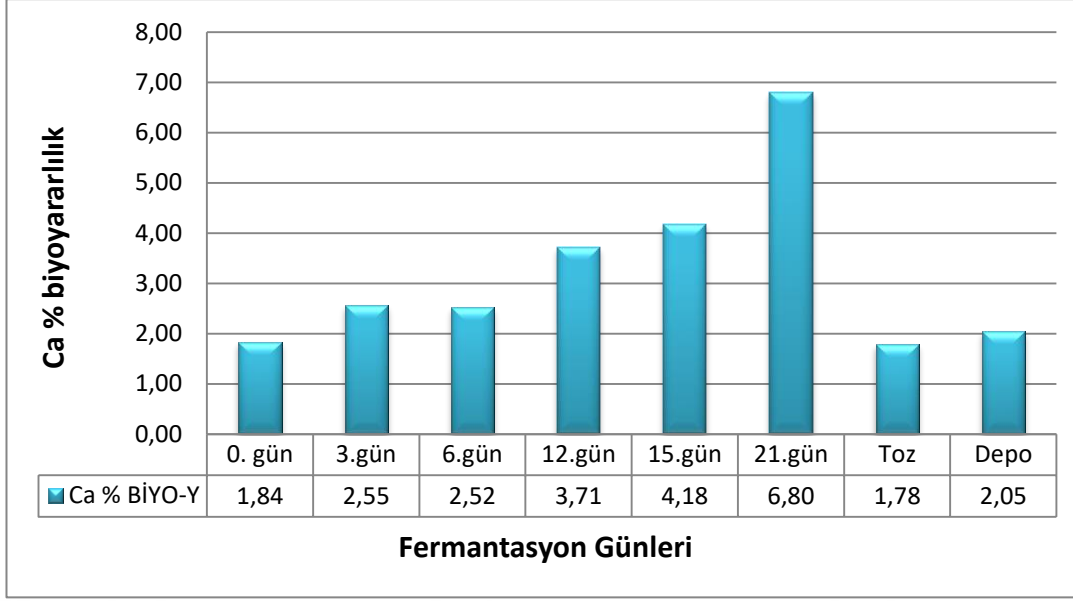
Fermantasyon Günleri	Ca % biyoerişebilirlik	Ca % biyoyararlılık
0. gün	13,13±0,53 <sup>g</sup>	1,84±0,22 <sup>e</sup>
3.gün	17,83±1,19 <sup>f</sup>	2,55±0,11 <sup>d</sup>
6.gün	18,73±1,09 <sup>f</sup>	2,52±0,29 <sup>d</sup>
12.gün	22,53±0,27 <sup>e</sup>	3,71±0,22 <sup>c</sup>
15.gün	29,46±4,07 <sup>d</sup>	4,18±0,28 <sup>b</sup>
21.gün	34,96±0,15 <sup>c</sup>	6,80±0,31 <sup>a</sup>
Toz	45,81±2,53 <sup>b</sup>	1,78±0,10 <sup>e</sup>
4 Ay Depolama	51,65±0,43 <sup>a</sup>	2,05±0,13 <sup>e</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-g) ve (a-e) ile gösterilen değerler p<0,05 düzeyinde birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.16.** Tarhana çorbası örneklerinin Ca % biyoerişebilirlik grafiği





**Şekil 4.17.** Tarhana çorbası örneklerinin Ca % biyoyararlılık grafiği

Rebellato ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada tam buğday ununun demir bileşenlerini incelemiş ardından hamur ve ekmeğin reolojik ve kimyasal analizlerini yapmışlardır. Son ürün olan ekmekte ise Fe, Zn ve Ca minerallerinin biyoyararlılık ve biyoerişebilirliklerini araştırmışlardır. Ekmek üretimi sırasında demir zenginleştirilmesi için NaFeEDTA (ferric sodyum etilen diamin tetra asetik asit), FFm (mikro kapsül ferrous fumarat), FSm (mikro kapsül ferrous sülfat) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Ca mineralinin %çözünürlüğü; %24,07-82,87 değerleri arasında, diyalize olabilirliği ise %38,29-63,77 değerleri arasında bulunmuştur [38].

Akhter ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada 12 farklı buğday türünde fitik asit, Ca, Fe, Zn, Cu ve P içeriklerini incelemişler ve dışarıdan enzim uygulaması ile defitinizasyon gerçekleştirip bu uygulamanın mineral biyoyararlılığına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda buğday türleri arasında fitaz enzimi eklenmeden ve eklendikten sonra Ca mineralinin biyoyararlılığını sırasıyla; %14,5-17 ve %20,6-31,9 değerleri arasında bulmuşlardır [42].

Frontela ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada fırıncılık ürünlerinde (buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, beyaz ekmek, tam buğday unu, fermantasyon sonrası hamuru, tam buğday ekmeği ve muffin) *in vitro* sindirim yapıp, Fe, Ca ve Zn minerallerinin biyoyararlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda ürünler arasında Ca mineralinin çözünürlük ve diyalize olabilirlik değerlerini sırasıyla; %6,1-31,2 ve %1,08-15,3 değerleri arasında tespit etmişlerdir [10].

Ikeda ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Ca mineral biyoyararlılığını %6,1-10 değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

Ikeda ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada karabuğday unu, buğday unu, pirinç unu ve mısır ununun bazı mineral madde miktarları ve biyoyararlılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda buğday ununun Ca minerali biyoyararlılığı ortalama %18,2 tespit edilmiştir [83].

#### 4.6.7. Sodyum

##### 4.6.7.1. Sodyum Minerali Miktarı

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan sodyum minerali miktarı Tablo 4.17.'de verilmiştir. Sodyum minerali 701,88-4015,6 µg/g değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin sodyum minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (23,68)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.17.** Tarhana çorbası örneklerinin sodyum minerali miktarı (µg/g)

Fermantasyon Günleri	Çorbadaki Na miktarı (µg/g KM)
0. gün	1791,86±31,17 <sup>d,e</sup>
3.gün	4015,6±56,12 <sup>a</sup>
6.gün	3215,08±49,22 <sup>b</sup>
12.gün	2416,29±41,49 <sup>c,d</sup>
15.gün	1522,07±69,06 <sup>e</sup>
21.gün	701,88±25,22 <sup>f</sup>
Toz	2624,98±39,62 <sup>c,d</sup>
4 Ay Depolama	1313,7±13,87 <sup>e,f</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-f) ile gösterilen değerler p<0,05 düzeyinde birbirinden farklıdır

Erbaş ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada tarhananın mineral madde içerine baktıklarında, sodyum mineralini kuru madde bazında ortalama 21492 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [8].

Siyamoğlu (1961) yılında yaptığı çalışmada tarhana üretimi yapmış ve mineral madde değerlerini incelemiştir. Çalışma sonunda tarhana örneklerinin

sodyum değeri kuru madde bazında, 296-1130 mg/100 g değerleri arasında tespit edilmiştir [16].

#### 4.6.8. Potasyum

##### 4.6.8.1. Potasyum Minerali Miktarı

Sindirime uğratılmadan yaş yakma işlemi yapılmış çorba örneklerinde kuru madde bazında bulunan potasyum minerali miktarı Tablo 4.18’de verilmiştir. Potasyum minerali 855,30-2793,82 µg/g değerleri arasında değişmektedir. Çorba örneklerinin potasyum minerali miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir [F (69,43)=0,0001, p<0,05].

**Tablo 4.18.** Tarhana çorbası örneklerinin potasyum minerali miktarı (µg/g)

Fermantasyon Günleri	Çorbadaki K miktarı (µg/g KM)
0. gün	855,30±49,8 <sup>d</sup>
3.gün	1038,66±62,13 <sup>c,d</sup>
6.gün	1092,40±29,32 <sup>c</sup>
12.gün	1430,25±19,14 <sup>b</sup>
15.gün	1368,16±45,62 <sup>b</sup>
21.gün	900,59±28,05 <sup>c,d</sup>
Toz	2793,82±28,21 <sup>a</sup>
4 Ay Depolama	1582,15±14,47 <sup>b</sup>

\*Aynı sütunda farklı harf (a-d) ile gösterilen değerler p<0,05 düzeyinde birbirinden farklıdır

Aktaş ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda olgunlaşmamış buğday tohumu kullanarak tarhananın kimyasal analizlerini yapmışlar ve tarhana örneklerinin mineral madde değerleri kuru madde bazında potasyum minerali için; 388-572,80 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [22].

Bilgiçli (2009) yaptığı çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda karabuğday unu kullanmıştır. Üretim sonunda tarhana örneklerinin mineral madde analizini yaptığında; potasyum mineralini, kuru madde bazında 384,6-600,1 mg/100 g değerleri arasında tespit etmiştir [6].

Çağlar ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonuna farklı oranlarda (%0, 3, 5, 8) keçiboynuzu unu eklemiştir. Üretim sonunda tarhananın

mineral madde içeriklerine baktıklarında potasyum için, kuru madde bazında 500,23-580,93 mg/100 g arasında değerler tespit etmişlerdir [82].

Bilgiçli ve ark. (2006) yürüttükleri bir çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda buğday rüşeymi ve buğday kepeği kullanmışlardır. Üretim sonunda tarhananın mineral madde değerleri, potasyum için kuru madde bazında, 652,3-1192,9 mg/100 g değerleri arasında bulunmuştur [21].

Erbaş ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada tarhananın mineral madde içerine baktıklarında, potasyum mineralini kuru madde bazında ortalama 5948 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [8].

Herken ve Aydın (2015) yaptıkları çalışmada tarhana formülasyonunda değişen oranlarda keçiyoynuzu unu (% 0, 5, 10, 15, 20) kullanmışlar ve mineral madde analizi yaptıklarında; tarhana örneklerinin potasyum miktarı kuru madde bazında, 517,8-742,5 mg/100 g arasında değişmekte olduğunu tespit etmişlerdir [27].

Ikeda ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 7 farklı türde karabuğday ununda *in vitro* sindirim yapmışlar ve bazı minerallerin biyoyararlılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda K mineral miktarını 453-530 mg/100 g değerleri arasında tespit etmişlerdir [80].

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geleneksel fermente ürünlerimizden olan tarhana, tahıl bazlı bir gıda maddesi olmasına rağmen, içine katılan yoğurt ve sebzeler ile protein, vitamin ve minerallerce zenginleşirken, fermentasyon sürecinde ortamdaki fitik asitin parçalanması ile özellikle minerallerin biyoerişebilirlik ve biyoyararlıklarında artış meydana gelmektedir.

Tarhananın hamur halinin ve toz halinin toplam azotlu madde miktarları kuru madde bazında sırasıyla %17,39 ve %15,7 olarak tespit edilmiştir. Çözünür protein (albumin+globülin+gliadin+glütenin) içerikleri ise 12,25-14,34 g/100 g değerleri arasında değişmektedir.

Bu çalışmada, tarhana hamurunun 21 günlük fermentasyon sürecinde ve tarhananın toz ve depolama aşamalarındaki biyoerişebilirlik değerleri için en düşük ve en yüksek değerler; bakır için %25-%55,69; çinko için %23,27-%51,88; mangan için %19,76-%39,51; demir için %19,40-%46,88; magnezyum için %33,90-%83,23; kalsiyum için %13,13-%51,65 arasındadır.

Biyoyararlılık değerleri için ise en düşük ve en yüksek değerler; çinko için %1,18-2,55; mangan için %0,84-%2,64; demir için %0,65-2,58; magnezyum için %1,35-%5,86; kalsiyum için %1,78-%6,80 arasındadır. Bakırın biyoyararlılığında herhangi bir değişme (%5) tespit edilmemiştir.

Fermentasyon süreci boyunca fitik asit miktarı 524,93 mg/100 g'dan 50,38 mg/100 g'a düşerek %90,40 oranında kayıp gözlenmiştir.

Fitik asit ile minerallerin biyoerişebilirlikleri arasında bakır için  $r=-0,91$ ; çinko için  $r=-0,96$ ; mangan için  $r=-0,93$ ; demir için  $r=-0,53$ ; magnezyum için  $r=-0,96$ ; kalsiyum için  $r=-0,85$  negatif korelasyon tespit edilirlen, fitik asit ile minerallerin biyoyararlıkları arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilememiştir.

Tarhana çorbasının sodyum ve potasyum minerallerinin IN ve OUT örneklerindeki değerler çok yüksek olduğu için, her iki mineral için de biyoyararlılık ve biyoerişebilirlik değerlerinde anlamlı sonuçlar elde edilememiştir.

Tarhananın besin değerini daha doğru değerlendirmek için, yapısındaki proteinlerin biyoerişebilirlik ve biyoyararlılık değerlerinin de araştırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.



## KAYNAKLAR

- [1] İbanoğlu, E., İbanoğlu, Ş. The effect of heat treatment on the foaming properties of tarhana, a traditional Turkish cereal food. *Food Research International*. 1997, 30 (10), 799-802.
- [2] İbanoğlu, Ş., Ainsworth, P. Effect of canning on the starch gelatinization and protein *in vitro* digestibility of tarhana, a wheat flour-based mixture. *Journal of Food Engineering*. 2004, 64, 243–247.
- [3] Anonim. Tarhana Standardı (TS 2282). Türk Standartları Enstitüsü. Ankara, 2004.
- [4] Çakıroğlu, F. Geleneksel Tarhananın Modern Yolculuğu. 38. Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi, 10-15 Eylül, 2007, Ankara (Bildiri Özetleri Kitabı, 349-360 s.)
- [5] Dağlıoğlu, O. Tarhana as a traditional Turkish fermented cereal food. Its recipe, production and composition. *Nahrung*. 2000, 44 (2), 85–88.
- [6] Bilgiçli, N. Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT-Food Science and Technology*. 2009, 42, 514–518.
- [7] Bilgiçli, N., Elgün, A., Türker, S. Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of tarhana. *Food Chemistry*. 2006, 98, 329–337.
- [8] Erbaş, M., Certel, M., Uslu, M.K. Microbiological and chemical properties of Tarhana during fermentation and storage as wet-sensorial properties of Tarhana soup. *LWT*. 2005, 38, 409-416.
- [9] Şengün, İ.Y., Nielsen D.S., Karapınar, M., Jakobsen, M. Identification of lactic acid bacteria isolated from Tarhana, a traditional Turkish fermented food. *International Journal of Food Microbiology*. 2009, 135, 105–111.
- [10] Frontela, C., Ros, G., Martínez, C. Phytic acid content and “*in vitro*” iron, calcium and zinc bioavailability in bakery products: The effect of processing. *Journal of Cereal Science*. 2011, 54, 173-179.
- [11] Ercan, P., El, S. N. Koenzim Q10’un Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi ve Biyoyararlılığı. *Tubav Bilim Dergisi*. 2010,3(2), 48-56.
- [12] Perales, S., Barbera, R., Lagarda, M.J., Farre, R. Availability of iron from milk-based formulas and fruit juices containing milk and cereals estimated by *in vitro* methods (solubility, dialysability) and uptake and transport by Caco-2 cells. *Food Chemistry*. 2007, 102, 1296–1303.

- [13] Miller, D.D., Schrickler, B.R., Rasmussen, R.R., Campen, D.V. An *in vitro* method for estimation of iron availability from meals. The American Journal of Clinical Nutrition. 1981, 34, 2248-2256.
- [14] Baysal, A. Beslenme. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 2002, 520 s.
- [15] Özçelik, A.Ö. Tarhananın Türk Beslenme Kültüründeki Yeri ve Önemi. 38. Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi, 10-15 Eylül, 2007, Ankara (Bildiri özetleri kitabı, 1025-1040 s.)
- [16] Siyamoğlu, B. Türk Tarhanalarının Yapılışı ve Terkibi Üzerine Bir Araştırma. Ziraat Fak. Yayınları, İzmir, 1961, 75 s.
- [17] Şimşek, Ö., Özel, S., Çon, A.H. Ev ve İşletme Tipi Uşak Tarhanası Hamurlarında Fermantasyon Sürecine Ait Mikrobiyolojik ve Kimyasal Özelliklerin Karşılaştırılması. Gıda. 2012, 37(6), 341-348.
- [18] Temiz, A., Pirkul, T. Tarhana Fermantasyonunda Kimyasal ve Mikrobiyolojik Değişimler. Gıda. 1990, 15(2), 119-126.
- [19] Tarakçı, Z., Doğan, İ.S., Koca, F. A traditional fermented Turkish soup, tarhana, formulated with corn flour and whey. International Journal of Food Science and Technology. 2004, 39, 455-458.
- [20] Erbaş, M., Uslu, M.K., Erbaş, Ö. Effects of fermentation and storage on the organic and fatty acid contents of tarhana, a Turkish fermented cereal food. Journal of Food Composition and Analysis. 2006, 19, 294-301.
- [21] Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E.N., Türker, S., Ertaş, N., İbanoğlu, Ş. Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. Journal of Food Engineering. 2006, 77, 680-686.
- [22] Aktaş, K., Demirci, T., Akın, N. Chemical Composition and Microbiological Properties of Tarhana Enriched with Immature Wheat Grain. Journal of Food Processing and Preservation. 2015, 39, 3014-3021.
- [23] Kılıcı, A., Göçmen, D. Changes in antioxidant activity and phenolic acid composition of tarhana with steel-cutoats. Food Chemistry. 2014, 145, 777-783.
- [24] Temiz, A., Pirkul, T. Farklı bileşimlerde üretilen tarhanaların kimyasal ve duyuşal özellikleri. Gıda. 1991, 16(1), 7-13.
- [25] Koca, A.F., Tarakçı, Z. Tarhana Üretiminde Mısır unu ve Peyniraltı Suyu Kullanımı. Gıda. 1997, 22(4), 287-292.



- [26] Bilgiçli, N. Tarhananın Fitik asit içeriği ve bazı besin öğeleri üzerine maya malt ve fitaz katkılarının etkileri. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2004, 99 s. (Doktora Tezi)
- [27] Herken, E.N., Aydın, N. Use of Carob Flour in the Production of Tarhana. Polish Journal of Food Nutrition Science. 2015, 65(3), 167–174.
- [28] Parada, J., Aguilera, J.M., Food Microstructure Affects the Bioavailability of Several Nutrients. Journal of Food Science. 2007, 72(2), 21-32.
- [29] Versantvoort, C.H.M., Oomen A.G., Kamp, E.V., Rompelberg, C.J.M., Sips, A.J.A.M. Applicability of an *in vitro* digestion model in assessing the bioaccessibility of mycotoxins from food. Food and Chemical Toxicology. 2005, 43, 31–40.
- [30] Benito, P., Miller, D. Iron Absorption and Bioavailability: An Updated Review. Nutrition Research. 1998, 18(3), 581-603.
- [31] Perales, S., Barbera, R., Lagarda, M.J., Farre, R. Bioavailability of zinc from infant foods by *in vitro* methods (solubility, dialyzability and uptake and transport by Caco-2 cells). Journal of the Science of Food and Agriculture. 2006, 86, 971–978
- [32] Vicente, J.F.H., Gracia, C.M., Ros, G. Optimisation of *in vitro* measurement of available iron from different fortificants in citric fruit juices. Food Chemistry. 2006, 98, 639-648.
- [33] Kınık, Ö., Gürsoy, O., Gökçe, R. Süt Ürünlerinin Demir ile Zenginleştirilmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2003, 9(3), 393-401.
- [34] Lotfi, M., Mannar, V., Merx, R.J.H.M., Heuvel, V.P.N., Micronutrient Fortification of Foods, The Micronutrient Initiative (MI), c/o International Development Research Centre (IDRC)/International Agriculture Centre (IAC).1996.
- [35] Çelik, Ç. Biyoloji Terimleri Sözlüğü. İlkin Ozan Yayınları. Antalya, 2017, 291 s.
- [36] Luten, J., Crew, H., Flynn, A., Dael, P.V., Kastenmayer, P., Hurrell, R., Deelstra, H., Shen, L.H., Tait, S.F., Farre, R., Hickson, K., Schlemmer, R.U., Frohlich, W. Determination of the *in vitro* Iron Dialysability from Food. Journal of the Science of Food and Agriculture. 1996, 72, 415-424.
- [37] Köse, G. Süt ürünlerinde kalsiyum biyoyararlılığının *in vitro* koşullarda belirlenmesi üzerine araştırma. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir, 2002, 101 s. (Yüksek Lisans Tezi)

- [38] Rebellato, A.P., Bussi, J., Silva, S.J.G., Greiner, R., Steel, C.J., Pallone, J.A.L. Effect of different iron compounds on rheological and technological parameters as well as bioaccessibility of minerals in whole wheat bread. *Food Research International*. 2017, 94, 65-71.
- [39] Lopez, H.W., Duclos, V., Coudray, C., Krespine, V., Coudray, C.F., Messager, A., Demigne, C., Remesyt, C. Making Bread With Sour dough Improves Mineral Bioavailability From Reconstituted Whole Wheat Flour in Rats. *Nutrition*. 2003, 19, 524–530.
- [40] Güzelcan, M.S., El, S.N. Simidin Demir ve Çinko Mineralleriyle Zenginleştirilme ve *in vitro* Mineral Biyoyararlılığının Saptanması. *Gıda*. 2011, 36(1), 41-48.
- [41] Nayak, B., Nair, K.M. *in vitro* bioavailability of iron from wheat flour fortified with ascorbic acid, EDTA and sodium hexametaphosphate, with or without iron. *Food Chemistry*. 2003, 80, 545–550.
- [42] Akhter, S., Saeed, A., Irfan, M., Malik, K.A. *in vitro* dephytinization and bioavailability of essential minerals in several wheat varieties. *Journal of Cereal Science*. 2012, 56, 741-746.
- [43] Nebot, M.J.G., Alegria, A., Barbera, R., Clemente, G., Romero, F. Addition of milk or caseinophospho peptides to fruit beverages to improve iron bioavailability?. *Food Chemistry*. 2010, 119, 141–148.
- [44] Amalraj, A., Pius, A. Bioavailability of calcium and its absorption inhibitors in raw and cooked greenleafy vegetables commonly consumed in India-An *in vitro* study. *Food Chemistry*. 2015, 170, 430–436.
- [45] Ranhotra, G.S., Gelroth, J. A., Leinen, S.D., Rao, A. Bioavailability of Calcium in a High Calcium Whey Fraction. *Nutrition Research*. 1997, 17(11-12). 1663-1670.
- [46] Singh, P., Prasad, S., Aalbersberg, W. Bioavailability of Fe and Zn in selected legumes, cereals, meat and milk products consumed in Fiji. *Food Chemistry*. 2016, 207, 125–131.
- [47] Roig, M.J., Alegria, A., Barbera, R., Farre R., Lagarda, M.J. Calcium dialysability as an estimation of bioavailability in human milk, cow milk and infant formulas. *Food Chemistry*. 1999, 64, 403-409.
- [48] Kafaoğlu, B., Fisher, A., Hill, S., Kara, D. Determination and evaluation of element bioaccessibility in some nuts and seeds by *in-vitro* gastro-intestinal method. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016, 45, 58–65.

- [49] Meca, T.B., Vique, C.C., Artacho, R., Montoro, M.M., Alarcon, M.N., Olalla, M., Gimenez, R., Seiquer, I., Lopez, M.D.R. Does *Lactobacillus plantarum* or ultra filtration process improve Ca, Mg, Zn and P bioavailability from fermented goats' milk?. *Food Chemistry*. 2015, 187, 314–321.
- [50] Bermudez, C.A.G., Saseta, C.F., Nicolas, R.L., Berruezo, G.R., Gracia, C.M. Effect of adding different thickening agents on the viscosity properties and *in vitro* mineral availability of infant formula. *Food Chemistry*. 2014, 159, 5–11.
- [51] Zaccari, F., Cabrea, M.C., Ramos, A., Saadoun, A. *in vitro* bioaccessibility of  $\beta$ -carotene, Ca, Mg and Zn in landrace carrots (*Daucus carota*, L.). *Food Chemistry*. 2015, 166, 365–371.
- [52] Lima, A.C.S., Soares, D.J., Silva, L.M.R., Figueiredo, R.W., Sousa, P.H.M., Menezes, E.A. *in vitro* bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. *Food Chemistry*. 2014, 161, 142–147.
- [53] Kamchan, A., Puwastien, P., Sirichakwal, P.P., Kongkachuichai, R. *in vitro* calcium bioavailability of vegetables, legumes and seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2004, 17, 311–320.
- [54] Lorieau, L., Rouxa, L.L., Gaucherona, F., Ligneulb, A., Hazartb, E., Duponta, D., Flourya, J. Bioaccessibility of four calcium sources in different whey-based dairy matrices assessed by *in vitro* digestion. *Food Chemistry*, 2018, 245, 454–462.
- [55] Bosscher, D., Caillie-Bertrand, M., Robberecht, H., Dyck, K., Cauwenbergh, R., Deelstra, H. *in vitro* Availability of Calcium, Iron, and Zinc from First-Age Infant Formula and Human Milk. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 2001, 32, 54–58.
- [56] Bilişli, A. Gıda Kimyası. Sidas Yayınları. Çanakkale, 2012, 355 s.
- [57] Haug, W., Lantzsch, H.J. Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytate in Cereals and Cereal Products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1983, 34, 1423–1426.
- [58] Olivares, A.B., Martinez, C., Lopez, G., Ros, G. Influence of the design of a product on *in vitro* mineral availability of homogenized weaning foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2001, 2, 181–187.
- [59] Luo, Y., Xie, W. Effect of phytase treatment on iron bioavailability in fababeans (*Vicia faba* L.) flour. *Food Chemistry*. 2012, 134, 1251–1255.

- [60] Febles, C.I., Arias, A., Hardisson, A., Alvarez, C.R., Sierra, A. Phytic Acid Level in Wheat Flours. *Journal of Cereal Science*. 2002, 36, 19–23.
- [61] Talamond, P., Doubeau, S., Rochette, I., Guyot, J.P., Treche, S. Anion-exchange high-performance liquid chromatography with conductivity detection for the analysis of phytic acid in food. *Journal of Chromatography A*. 2000, 871,7–12.
- [62] Israr, B., Frazier, R.A., Gordon, H. Effects of phytate and minerals on the bioavailability of oxalate from food. *Food Chemistry*. 2013, 141, 1690–1693.
- [63] Türksoy, S. Ekmeğin Fitik Asit Miktarına Buğday Çeşidi ve Un Ekstraksiyon Oranının Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2005, 61 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [64] Anonymous, 1990. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists. 8th ed. St. Paul, Minnesota: AACC. U.S.A.
- [65] AOAC (1990). Official Methods of Analysis (15th edn). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- [66] Michalkova, E., Potocka, E., Chmelova, D., Ondrejovic, M. Study of Wheat Protein Degradation During Germination. *Journal of Microbiology, Biotechnology*. 2012, 1(6), 1439-1447.
- [67] Özdemir, S., Göçmen, D., Kumral, A.Y. A Traditional Turkish Fermented Cereal Food: Tarhana. *Food Reviews International*. 2007, 23(2), 107-121.
- [68] Köse, E., Çağındı, Ö.S. An investigation into the use of different flours in tarhana. *International Journal of Food Science & Technology*. 2002, 37, 219-222.
- [69] Tamer, C.E., Kumral, A., Aşan, M., Şahin, İ., Chemical Compositions of Traditional Tarhana Having Different Formulations. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2007, 31, 116–126.
- [70] Uçar, A., Çakıroğlu, F.P. Comparison of some chemical and microbiological quality of home made tarhana in Ankara, Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2011, 9(3-4), 34-37.
- [71] Karagözlü, N., Ergönül, B., Karagözlü, C. Microbiological Attributes of Instant Tarhana During Fermentation and Drying. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2008, 14(6), 535-541.
- [72] Türker, S. Sağlam, Pişirilmiş ve Çimlendirilmiş Çeşitli Baklagil Katkılarıyla, Mayasız ve Maya İlavesiyle Fermente Edilen Tarhananın Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Besinsel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı. Konya, 1991, 73 s. (Doktora Tezi)

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

[74] Gökmen, S. Çiğ-Pişmiş ve Kurutulmuş Ayva Katkısının Tarhana Üzerine Olan Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, 2009, 70 s. (Yüksek Lisans Tezi)

[75] Demir, M.K. Use of Quinoa Flour in The Production of Gluten-Free Tarhana. *Food Science and Technology Research*. 2014, 20(5), 1087-1092

[76] Swieca, M., Dziki, D., Dziki, U.G. Starch and protein analysis of wheat bread enriched with phenolics-rich sprouted wheat flour. *Food Chemistry*. 2017, 228, 643-648.

[77] Siddiqi, R.A., Sogi, D.S., Sehajpal, P.K. Effect of short-term sour dough fermentation on wheat protein. *Cogent Food & Agriculture*. 2016, 2: 1132983.

[78] Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş. 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*. 2007, 78, 681–686.

[79] Çay, P. Kepekli Ekmeğin Fitik Asit Miktarına Prosesin Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2008, 105 s. (Yüksek Lisans Tezi)

[80] Ikeda, S., Tomurai, I.K., Yamashita, Y., Kreft, I. Minerals in buck wheat flours subjected to enzymatic digestion. *Fagopyrum*. 2001, 18,45-48.

[81] Lopez, H.W., Krespine, V., Lemairet, A., Coudrayt, C., Coudrayt, C.F., Messenger, A., Demignet, C., Remesyt, C. Wheat Variety has a Major Influence on Mineral Bioavailability; Studies in Rats. *Journal of Cereal Science*. 2003, 37, 257-266.

[82] Çağlar, A., Erol, N., Elgün, M.S. Effect of Carob Flour Substitution on Chemical and Functional Properties of Tarhana. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2013, 37, 670–675.

[83] Ikeda, S., Tomurai, I.K., Yamashita, Y., Kreft, I. Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals. *Fagopyrum*. 2006, 23, 61-65.

[84] Erdemir, U.S., Güçer, Ş. Assessment of *in vitro* bioaccessibility of manganese in wheat flour by ICP-MS and on-line coupled with HPLC. Journal of Cereal Science. 2016, 69, 199-206.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burcu ÇİMER

Doğum Yeri ve Yılı : Uşak, 1983

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : burcucimer@yandex.com

### Eğitim Durumu

Lise : Uşak Orhan Dengiz Anadolu Lisesi, 2001

Lisans : Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2005

Yüksek Lisans: Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2018

### Mesleki Deneyim

Kurum bilgisi Agrobest Gıda San.Tic.Ltd.Şti. 2005-2007

Kurum bilgisi Karakuş Catering 2007-2011

Kurum bilgisi Manisa Kredi Yurtlar Kurumu 2011-(halen)