

**TÜRKİYE KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN  
TEFF TAHILI (*Eragrostis tef*)'NİN KOMPOZİSYONUNUN VE  
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**DETERMINATION OF COMPOSITION AND  
TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE  
TEFF GRAIN (*Eragrostis tef*) GROWN IN TURKEY  
CONDITIONS**

**ECEM GÖKÇE SEYHAN**

**PROF. DR. DİLEK SİVRİ ÖZAY**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

GIDA Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

olarak hazırlanmıştır.

2020



*Gülce'me...*

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

20.07/2020



ECEM GÖKÇE SEYHAN

## YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .... ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

20. / 07 / 2020



Ecem Gökçe SEYHAN

## ÖZET

# TÜRKİYE KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN TEFF (*Eragrostis tef*) TAHILININ KOMPOZİSYONUNUN VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Ecem Gökçe SEYHAN**

**Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY**

**Haziran 2020, 110 sayfa**

Bu çalışmada ülkemiz iklim, toprak ve agronomik koşullarında elde edilen *Eragrostis tef* (teff) tahılının, kimyasal kompozisyonu ve bazı teknolojik özellikleri tespit edilmiş ve böylece teff örneklerinin besin değeri ve ekmek, kek, bisküvi gibi hububat ürünlerinde kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Teff çeşitlerinin (kırmızı ve beyaz) kimyasal bileşimleri arasındaki farklar belirlenmiş ve özellikle düşük gluten içerikli diyet uygulamak zorunda olan bireyler için ekonomik ve besleyici; ekmek, kek ve bisküvi gibi alternatif ürünler geliştirilmiştir. Buna ek olarak, İran'da yetiştirilmiş farklı bir çeşit teff kontrol olarak kullanılmış, ülkemiz ve İran koşullarında yetiştirilen teff örneklerinin kimyasal kompozisyonları ve teknolojik özellikleri karşılaştırılmıştır.

Beyaz ve kırmızı teff örnekleri Eskişehir'de bir üreticiden satın alınmış, bisküvi, kek üretiminde kullanılan un ise Ankara'da bir firmadan alınmıştır. Ekmeklik buğday (HWW) cv. Tosunbey, Tarla Bitkileri Merkez araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiş ve kontrol olarak kullanılan teff örneği İran'lı bir üreticiden satın alınmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler SPSS 25.0 istatistik programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar ANOVA ve Tukey testleri ile karşılaştırılmıştır.

Buğday unu örneklerinin kimyasal kompozisyonlarına bakıldığında protein miktarları; (km'de) % 7,3- 16,2 iken, teff örneklerinde % 2,7-13,8; buğday unu örneklerinin yağ miktarları (km'de)

% 0,70-1,1 iken, teff örneklerinde % 2,4-28,8; buğday unu örneklerinin kül miktarları (km'de) %0,7-0,8 iken teff örneklerinde % 1,9-3,7 bulunmuştur. Buğday unu örneklerinin fitik asit miktarları (km'de) ortalama % 1,0 iken; teff örneklerinde % 1,1-1,2 arasında olduğu tespit edilmiştir. Teff örneklerinin toplam fenol içerikleri (km'de) 251-774 ppm, buğday unu örneklerinde yaş gluten miktarları (km'de) % 25,90-33,40; teff örneklerinde gluten miktarları 0-57 ppm ve diyet lifi miktarları (km'de) % 5,7- 8,7 olarak tespit edilmiştir.

Mineral madde miktarları ise, (km'de) 10,7-12,1 mg/100g Na; 354,1- 605,0 mg/100g K; 159,7 -316,4 mg/100g Mg; 3,8- 4,8 mg/100 g Zn; 4,0-23,8 mg/100g Fe;126,8-246,6 mg/100g Ca arasında değişim göstermiştir.

Farklı oranlarda (% 0, % 10, % 25,% 50, % 100) teff ilave edilerek üretilen bisküvilerde, genel olarak yayılma oranı ve sertlik değerleri artmıştır. Ayrıca, teff örneklerinin buğday ununa göre koyu renkli olması nedeni ile teff ilave edilen tüm örneklerde daha koyu renkli bisküviler elde edilmiştir. Teff ilavesi arttıkça üretilen ekmek, (% 0, % 10; % 25,% 50) ve keklerde ise hacim değerleri azalmış, sertlik değerleri artmış ve daha koyu renkli ekmek ve kekler elde edilmiştir.

Teff örnekleri ile üretilen ürünlerin özelliklerine bakıldığında, teff kullanımı için bisküvinin en uygun ürünün olduğu söylenebilir. Yapılan ürün denemelerinde bisküvi için % 100'e kadar oranlar kabul edilebilir olurken, ekmek ve keklerde % 25'e kadar olan oranlarda daha kabul edilebilir ürünler elde edilmiştir. Kek ürünleri % 25 teff ilave oranından sonra parçalanmaya başlamışlardır. Buna göre, Türkiye koşullarında yetişmiş teff tahılı, galeta, kraker, krep, bazlama, ekşi hamur ekmeği ve ekmek gibi ürünlerde de yeni formülasyonlar denenerek kullanılabilir.

Teffin sayılan sağlık faydalarının dışında, kuraklığa ve sert iklim koşullarına dayanıklı olması, yaygın tahıllar yetiştirme dönemlerinde herhangi bir zarara uğrarlarsa, teffin ikincil ürün olarak yetiştirilebilmesi; küresel ısınmayla beraber oluşacak her türlü koşul için teffin gelecekteki önemini arttırmaktadır. Bunun yanısıra ülkemizde glutensiz gıdalara ulaşım zorluğu ve düşük gelir düzeyli vatandaşların glutensiz beslenme taleplerinin karşılanmasında teff alternatif bir tahıl olarak kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Teff, *Eragrostis tef*, kimyasal kompozisyon, bisküvi, ekmek, kek

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF COMPOSITION AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE TEFF GRAIN (*Eragrostis tef*) GROWN IN TURKEY CONDITIONS

**Ecem Gökçe SEYHAN**

**The Degree of Master of Science, Food Engineering Department**

**Supervisor: Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY**

**June 2020, 110 pages**

In this study, the chemical composition and some technological properties of *Eragrostis tef* (teff) seeds obtained in the climate, soil and agronomic conditions of our country were determined. Their nutritional values and potentials for use in cereal products such as bread, cake, biscuit were determined. The difference between the chemical composition of teff cultivars (red and white) has been investigated and especially for individuals who have to follow a low gluten diet, economic and nutritious alternative products such as bread, cake and biscuits have been developed. In addition, a different cultivar grown in Iran was used as control and the difference in the chemical compositions and technological properties between teff samples, grown under the conditions of our country and Iran were compared.

White and red teff samples were purchased from a local producer in Eskişehir, wheat flours used in biscuit and cake productions donated from a company. 'Bread wheat (HWW) cv. Tosunbey was obtained from Field Crops Central Institute and control teff sample was purchased from a producer in Iran. The data obtained from the study were subjected to variance analysis using the SPSS 25.0 statistical program, and the differences between the averages were analyzed with ANOVA and Tukey tests.

Considering the chemical composition of the wheat flour samples, protein contents (in dry matter) were 7,3-16,2 % while in teff samples were 2,7-13,8 %; oil content (in dry matter) of wheat flour samples were 0,7-1,1 %, while in teff samples were 2,4-28,8 %; ash contents of flour samples (in dry matter) were 0,7-0,8 %, in teff samples were 1,9-3,7 %. Phytic acid

contents of wheat flour samples (in dry matter) average 1,0 %, while in teff samples 1,1 -1,2%; total phenol contents (in dry matter) of teff samples 251- 774 ppm; wet gluten contents of the wheat flour samples (in dry matter) were 25,9-33,4 %, while teff samples were 0-57 ppm and dietary fiber in teff samples (in dry matter) were 5,7- 8,7 %.

The biscuits produced by adding teff at different ratios (0 %, 10 %, 25 %, 50 %, 100 %), the spread ratio and hardness values increased in general. Furthermore, since the teff samples were darker as compared to wheat flour, dark colored biscuits were obtained in all samples added teff. It was observed that the volume values decreased, hardness values increased and darker colored bread and cakes added teff at different ratios (0 %, 10 %, 25 %, 50 %).

Considering the product properties produced from teff samples, it can be said biscuit is the most suitable product for teff utilization. In the product trials, up to 100 % rates were acceptable for biscuits, while more acceptable products were obtained at rates up to 25 % in bread and cake. Cake products started to crumble after 25 % teff addition rate. Therefore teff grain grown in Turkey conditions can be used in production of rusk, crackers, crepe-shaped fermented bread, flatbread and sourdough bread by developing new formulations.

Apart from the health benefits considered as in teff, it is resistant to drought and harsh climatic conditions, and if common grains suffer any damage during their growing period, teff can be grown as a secondary product; increases its future importance for any conditions that will occur with global warming. In addition, teff can be used as an alternative grain in meeting the gluten-free nutritional demands of low-income citizens and the difficulty of accessing gluten-free foods in our country.

**Keywords:** Teff, *Eragrostis teff*, chemical composition, biscuit, bread, cake

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisansımda tez konumu belirlememde sabırla fikirlerimi dinleyen, beni motive eden ve çalışmalarımın her aşamasında yardımını ve desteğini yanımda hissettiğim saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY'a,

Tez çalışmamın her aşamasında desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Fatma SAZAK, Kamil URGUN, Kübra KAHRİMAN ve Dilara DEMİRTAŞ'a,

Analizleri gerçekleştirmemde ve her konuda her an yardımcı olan Uzm. Yelda ZENCİR ve Uzm. Selin HEYBELİ'ye ve Oğuz ACAR'a,

Hayatımın iyi ve kötü her anında yanımda olan, bana yüksek lisans ve tez dönemim boyunca maddi ve manevi desteğiyle beraber, bana hayatta sahip olabileceğim en güzel hediye veren, kızımın babası Kudret ÖZÇELİK'e,

Hayatta en tükendim dediğim anlarda ona bakarak hayata yeniden başladığım, yorulduğumda, düştüğümde beni yeniden ayağa kaldıran, başaramayacağımı düşündüğüm anlarda geleceğe dair umutlarımı yeşerten güzel yavrum; kızıma,

Verdiğim iyi veya kötü her kararda yanımda olan, beni destekleyen, başarılarımla gurur duyan kıymetli aileme,

En içten duygularıyla sonsuz teşekkür ederim...

ECEM GÖKÇE SEYHAN

# İÇİNDEKİLER TABLOSU

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
ÇİZELGELER .....	ix
ŞEKİLLER .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ.....</b>	<b>2</b>
2.1. Teff Bitkisi .....	2
2.1.1. Sınıfı, Orijini ve Tarihçesi.....	2
2.1.2. Yetiştirilmesi, Sıcaklık, Yağış ve Toprak İsteği.....	4
2.1.3 Hastalık ve Zararlılar.....	5
2.1.4 Tefin Morfolojik ve Biyokimyasal Karakteristiği .....	6
2.2 Tefin Bileşimi ve Kimyasal Kompozisyonu .....	7
2.2.1 Karbonhidratlar .....	8
2.2.1.1 Nişasta .....	9
2.2.2 Proteinler .....	10
2.2.3 Lipidler .....	10
2.2.4 Polifenoller .....	11
2.2.5 Fitosteroller.....	12
2.2.6 Fitik asit .....	12
2.2.7 Kontaminantlar .....	13
2.2.8 Amino Asit Kompozisyonu .....	13
2.2.9 Mineral İçeriği .....	14
2.2.10 Vitamin İçeriği.....	16
2.2.11 Diyet lif.....	17
2.3 Yem Bitkisi Olarak Teff.....	18
2.4 Tefin Sağlık Üzerine Etkileri .....	19
2.4.1 Demir Eksikliği.....	20
2.4.2 Çölyak Hastalığı.....	22
2.4.3 Diyabet .....	25
2.4.4 Obezite.....	25
2.5 Tefin Gıdalarda Kullanımı .....	26
2.5.1 Gluten İçeren Ürünler.....	26
2.5.2 Glutensiz Ürünler.....	27

2.5.2.1 İnjera.....	27
2.5.2.2 Makarna .....	28
2.5.2.3 Ekşi Hamur Ekmeği .....	29
2.5.2.4 Ekmek.....	30
2.5.2.5 Bisküvi, Ekstrüde Ürün ve Yağ İkame Edici.....	31
2.5.2.6 Malt.....	32
2.5.2.7 Laktik asitli içecek.....	33
2.6 Teffin Güncel Kullanımı .....	34
2.6.1 Etiyopya’da Teff.....	34
2.6.2 Güney Afrika’da Teff.....	35
2.6.3 ABD’de Teff.....	35
2.6.4 Diğer Ülkelerde Teff.....	35
2.6.5 Küresel Pazarda Teff ve Kullanım Potansiyeli.....	36
2.6.6 Türkiye’de Teff.....	38
<b>3. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>39</b>
3.1. Materyal .....	39
3.2. Metot .....	40
3.2.1. Rutubet Miktarı Tayini.....	40
3.2.2 Bisküvi Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi.....	40
3.2.3. Bisküvi Örneklerinde Yapılan Analizler .....	42
3.2.3.1 Fiziksel Özellikler .....	42
3.2.3.2 Tekstür Analizi.....	42
3.2.3.3 Renk Analizleri .....	44
3.2.4 Ekmek Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi.....	44
3.2.4.1 Hamurda Farinogram Özellikleri Tayini .....	44
3.2.4.2 Ekmek Üretimi.....	45
3.2.5 Ekmek Örneklerinde Yapılan Analizler .....	47
3.2.5.1 Ekmek Hacminin Belirlenmesi .....	47
3.2.5.2 Ekmekte Tekstür Analizi .....	47
3.2.5.3 Ekmekte Renk Analizi.....	49
3.2.6 Kek Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi .....	49
3.2.7 Kek Örneklerinde Yapılan Analizler .....	50
3.2.7.1 Renk Analizleri .....	50
3.2.7.2 Hacim Değerleri.....	50
3.2.7.3 Ağırlık Kaybı Değerleri.....	50
3.2.7.4 Hacim, Simetri ve Tekdüzelik İndeksi Değerleri.....	50
3.2.7.5 Tekstür Analizi.....	51
3.2.8 Unda Kimyasal Analizler .....	52
3.2.8.1 Yağ Miktarının Belirlenmesi .....	52
3.2.8.2 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini .....	53
3.2.8.3 Gluten Analizi.....	54
3.2.8.4 Mineral Madde Kompozisyonu.....	55
3.2.8.5 Fitik Asit Miktarı.....	58
3.2.8.6 Protein Miktarı Tayini .....	59
3.2.8.7 Kül Miktarı Tayini.....	61

3.2.8.8 Toplam Diyet Lif Miktarı .....	62
3.2.9. İstatistiksel Analiz .....	63
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>64</b>
4.1 Un Örneklerinin Kimyasal, Fizikokimyasal Özellikleri .....	64
4.1.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini .....	67
4.1.2 Mineral Madde Kompozisyonu .....	67
4.2 Bisküvi Üretimi ve Bisküvi Ürünlerinin Kalite Özelliklerinin İncelenmesi .....	71
4.2.1 Fiziksel Özellikler (Yayıma Oranı).....	72
4.2.2 Tekstür Analizi .....	73
4.2.3 Renk Analizleri .....	76
4.3 Ekmek Üretimi ve Ekmek Kalite Özelliklerinin İncelenmesi.....	80
4.3.1 Ekmekte Hacmin Belirlenmesi .....	80
4.3.2 Ekmekte Tekstür Analizi .....	85
4.3.3 Ekmekte Renk Analizi .....	87
4.4 Kek Üretimi ve Kek Ürünlerinin Kalite Özelliklerinin İncelenmesi .....	91
4.4.1 Kekte Hacmin Belirlenmesi.....	91
4.4.2 Ağırlık Kaybı Değerleri.....	93
4.4.3 Hacim, Simetri ve Tekdüzelik İndeksi Değerleri .....	94
4.4.4 Kekte Tekstür Analizi .....	95
4.4.5 Kekte Renk Analizi .....	99
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>102</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>106</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>110</b>

## ÇİZELGELER

Çizelge 1. Teffin ( <i>Eragrostis tef</i> ) kimyasal kompozisyonu .....	7
Çizelge 2. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle besin bileşenleri açısından karşılaştırılması.....	8
Çizelge 3. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) lipid kompozisyonu .....	11
Çizelge 4. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle amino asit içerikleri açısından karşılaştırılması .....	14
Çizelge 5. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle mineral içerikleri açısından karşılaştırılması .....	16
Çizelge 6. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle vitamin içerikleri açısından karşılaştırılması .....	17
Çizelge 7. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) bitkisinin yem kalite kriterleri açısından diğer bazı yem bitkileri ve tahıllar ile karşılaştırılması .....	19
Çizelge 8. Türkiye ve dünyadaki çölyak hastalığı görülme sıklığı.....	24
Çizelge 9. Bisküvi formülasyonu.....	40
Çizelge 10. Bisküvilik un ve teff karıştırılma oranları.....	42
Çizelge 11. Ekmeklik un ve teff karıştırılma oranları.....	45
Çizelge 12. Ekmek yapılacak un örneklerinin yüzde karışımları, tartılacak un miktarları ve eklenecek toplam su miktarı .....	46
Çizelge 13. Kek formülasyonu .....	49
Çizelge 14. Kek üretiminde kullanılan bisküvilik un ve teff karıştırılma oranları .....	50
Çizelge 15. Teff ve buğday unu örneklerine ait kimyasal ve fizikokimyasal değerler .....	66
Çizelge 16. Teff örneklerine ait bağlı fenol, serbest fenol ve toplam fenol değerleri.....	67
Çizelge 17. Unların mineral madde kompozisyonları.....	70
Çizelge 18. Bisküvi örneklerine ait yayılma oranı değerleri .....	72
Çizelge 19. Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin sertlik değerleri üzerine etkisi .....	74
Çizelge 20. Bisküvi örneklerine ait gevreklik değerleri.....	75
Çizelge 21. Bisküvi örneklerine ait $L^*$ (parlaklık) değerleri .....	77
Çizelge 22. Bisküvi örneklerinde $a^*$ (kırmızılık) değerleri.....	78
Çizelge 23. Bisküvi örneklerinin $b^*$ (sarılık) değerleri.....	79
Çizelge 24. Ekmeklerin hacimleri ( $\text{cm}^3$ ) .....	82
Çizelge 25. Ekmek örneklerine ait ortalama sertlik (hardness) değerleri .....	86
Çizelge 26. Ekmek örneklerine ait $L^*$ (parlaklık) değerleri .....	89

<b>Çizelge 27.</b> Ekmek örneklerine ait $a^*$ (kırmızılık) değerleri.....	89
<b>Çizelge 28.</b> Ekmek örneklerine ait $b^*$ (sarılık) değerleri .....	90
<b>Çizelge 29.</b> Kek örneklerine ait ortalama hacim değerleri .....	91
<b>Çizelge 30.</b> Teff unu ile üretilen kek örneklerine ait ağırlık kaybı değerleri .....	94
<b>Çizelge 31.</b> Keklere ait hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi değerleri.....	95
<b>Çizelge 32.</b> Kek örneklerine ait sertlik, yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik değerleri.....	97
<b>Çizelge 33.</b> Kek örneklerine ait $L^*$ (parlaklık) değerleri.....	99
<b>Çizelge 34.</b> Kek örneklerine ait $a^*$ (kırmızılık) değerleri.....	99
<b>Çizelge 35.</b> Kek örneklerine ait $b^*$ (sarılık) değerleri.....	100



## ŞEKİLLER

Şekil 1. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) tanesinin germ ve endospermiyle beraber boyuna kesitinin elektron mikroskobu altındaki görüntüsü .....	3
Şekil 2. Teff ( <i>Eragrostis tef</i> ).....	3
Şekil 3. Yetiştirme döneminde teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) bitkisi.....	5
Şekil 4. Beyaz ve kırmızı teff ( <i>Eragrostis tef</i> ) tohumları.....	7
Şekil 5. Nişasta bileşenleri, amiloz ve amilopektin .....	9
Şekil 6. Farklı teff çeşitlerine ait nişasta granül yapıları .....	10
Şekil 7. Teffin ( <i>Eragrostis tef</i> ) kahvaltılık ürünlerde kullanımı .....	27
Şekil 8. İnjera .....	28
Şekil 9. Teff makarnası.....	29
Şekil 10. Teff ekmeği .....	30
Şekil 11. Teff unlu ekmek .....	31
Şekil 12. Teff bisküvisi.....	32
Şekil 13. Teff içeceği.....	33
Şekil 14. Teff ekmeği (injera).....	36
Şekil 15. Deneysel çalışmalarda kullanılan değirmen (1) ve öğütülmüş teff örnekleri .....	39
Şekil 16. Bisküvi örneklerinin tekstür özelliklerinin belirlenmesi .....	43
Şekil 17. Texture analiz cihazı kullanılarak elde edilen bisküvilere ait sertlik ve gevreklik grafiği.....	43
Şekil 18. Kolza tohumu ile ekmek hacminin belirlenmesi .....	47
Şekil 19. Ekmeklerin tekstür özelliklerinin belirlenmesi .....	47
Şekil 20. Tekstür profil analiz grafiği .....	48
Şekil 21. Kek ölçüm şablonu .....	51
Şekil 22. Otomatik sokselet ekstraktör cihazıyla yağ ekstraksiyonu .....	52
Şekil 23. Gallik asit standart eğrisi .....	53
Şekil 24. Gluten ELISA methodunda kullanılan sandwich yöntemi .....	54
Şekil 25. Gluten ELISA methodu çalışma prensibinin şematik gösterimi.....	55
Şekil 26. Mikrodalga yağ yakma ünitesi (Microwave Accelerated Reaction System) .....	56
Şekil 27. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi .....	57
Şekil 28. Fitik asit kalibrasyon eğrisi .....	58
Şekil 29. Kjeldahl yönteminde yakma tüplerine örneklerin koyulması ve yakma ünitesine yerleştirilmesi.....	60
Şekil 30. Kjeldahl yönteminde damıtma ünitesi .....	61

<b>Şekil 31.</b> Değişen oranlarda (% 0, 10, 25, 50 ve 100) beyaz teff örneği kullanılarak üretilmiş bisküvi örnekleri.....	71
<b>Şekil 32.</b> Değişen oranlarda (% 0, 10, 25, 50 ve 100) İran teff örneği kullanılarak üretilmiş bisküvi örnekleri.....	71
<b>Şekil 33.</b> Değişen oranlarda (% 0, 10, 25, 50 ve 100) kırmızı teff örneği kullanılarak üretilmiş bisküvi örnekleri.....	71
<b>Şekil 34.</b> Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin yayılma oranı üzerine etkisi.....	72
<b>Şekil 35.</b> Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin sertlik değerleri üzerine etkisi.....	74
<b>Şekil 36.</b> Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin gevreklik değerleri üzerine etkisi.....	75
<b>Şekil 37.</b> Bisküvi örneklerinde $L^*$ (parlaklık) değerlerinin değişimi.....	77
<b>Şekil 38.</b> Bisküvi örneklerinde $a^*$ (kırmızılık) değerlerinin değişimi.....	78
<b>Şekil 39.</b> Bisküvi örneklerinde $b^*$ (sarılık) değerlerinin değişimi .....	79
<b>Şekil 40.</b> Teff ilave edilerek hazırlanan ekmek örnekleri .....	81
<b>Şekil 41.</b> Ekmek örneklerinde hacim değerlerinin değişimi.....	82
<b>Şekil 42.</b> İran teff kullanılarak üretilen ekmek örnekleri .....	84
<b>Şekil 43.</b> Beyaz teff kullanılarak üretilen ekmek örnekleri .....	84
<b>Şekil 44.</b> Kırmızı teff kullanılarak üretilen ekmek örnekleri.....	84
<b>Şekil 45.</b> Ekmek örneklerine ait sertlik değerleri grafiği .....	86
<b>Şekil 46.</b> Teff ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin üst kabuk renkleri .....	87
<b>Şekil 47.</b> Kek örneklerinin hacim değerleri grafiği.....	91
<b>Şekil 48.</b> İran teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri .....	92
<b>Şekil 49.</b> Beyaz teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri .....	92
<b>Şekil 50.</b> Kırmızı teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri.....	92
<b>Şekil 51.</b> Kek örneklerinde ağırlık kaybı değerlerinin değişimi .....	94
<b>Şekil 52.</b> Beyaz teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri .....	98

## SİMGELER VE KISALTMALAR

TPC	Toplam Fenolik Madde İçeriği
CE	Kateşin Eşdeğeri
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
USDA	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
TFC	Toplam Flavonoid İçeriği
RE	Rutin Eşdeğer
IU	Uluslararası Birim
NDF	Nötral Deterjan Diyet Lifi
ADF	Asit Deterjan Diyet Lifi
Db	Kuru Baz
KM	Kuru Madde

# 1. GİRİŞ

Teff (*Eragrostis tef*), yüzyıllardır Etiyopya'da yetiştirilmekte ve gıda maddesi olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte dünya genelinde teffin insan beslenmesinde kullanımı; besin değerinin yeterince anlaşılammış olması ve teff bazlı gıda ürünleri yapımında karşılaşılan zorluklar nedeniyle kısıtlıdır. Son on yılda, çölyak hastalığının yaygınlaşması ve teffin glutensiz bir tahıl olması gibi nedenlerle, teff tahılına olan küresel ilgi her geçen gün artmıştır. Sonuç olarak, teffin besinsel kompozisyonu, işleme kalitesi ve sağlık yararları hakkındaki literatür çalışmaları önemli ölçüde artmaya başlamıştır. Teff, buğday gibi diğer tahıllara benzer bir protein içeriğine sahiptir, ancak esansiyel amino asit olan lizin yönünden diğer tahıllardan daha zengindir. Teff ayrıca esansiyel yağ asitleri, lif, mineraller (özellikle kalsiyum ve demir), polifenoller ve fitatlar gibi fitokimyasallar için ise iyi bir kaynaktır. Bununla birlikte, günümüze kadar yapılan çalışmalarda; teffin mükemmel besin profiline sahip fonksiyonel bir gıda olmakla birlikte, çölyak hastalarının beslenmesinde kullanılacak alternatif bir tahıl olduğu gösterilmiştir. Sağlıklı beslenmede önemli bir potansiyele sahip olması nedeni ile popülerliği gün geçtikçe artmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de ilk kez yerel bir üretici tarafından Eskişehir' de tarımı yapılmaya başlanan iki farklı teff (beyaz ve kırmızı) çeşidine ait bazı kimyasal özellikler belirlenerek besin değeri ortaya konmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu teff örneklerinin farklı oranlarda; bisküvi, ekmek ve kek gibi ürünlerin üretiminde kullanım imkânları araştırılarak teknolojik özellikleri gösterilmiştir. Denemelerde İran orjinli bir teff çeşidi kullanılarak analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Teff

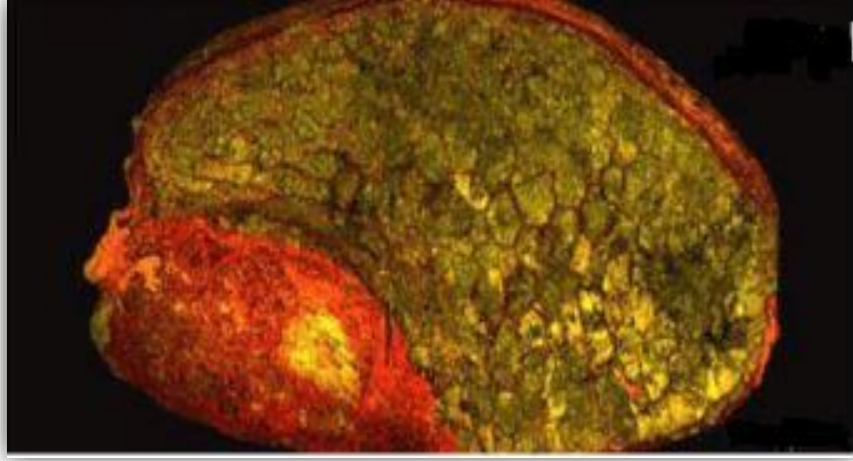
Yurt dışında “taf” ya da “khakshir” ismi ile adlandırılan teff, aslen Kuzey Etiyopya’da yetişen yıllık bir bitkidir. Teff, çok küçük tanelere sahip olup; kırmızı, kahverengi ve beyaz olmak üzere üç farklı genotipi bulunmaktadır.

Teff (*Eragrostis tef*), kültüre alındığı düşünülen kuzey Etiyopya dağlıklarında; farklı çeşitleri olan, eski bir tropikal tahıldır [1]. Teff, Etiyopya’da, çoğunlukla geleneksel fermente bir krep olan ‘injera’ yapımında kullanılır. Avustralya, Güney Afrika ve Amerika Birleşik Devletleri gibi diğer ülkelerde, esas olarak hayvan yemi için kullanılır.

Buğday, pirinç ve mısır gibi daha yaygın kullanılan tahıllara kıyasla, teffin besinsel bileşimi ve potansiyel sağlık faydaları hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu durum ve teff işlemedeki teknolojik sınırlamalar; teffin Etiyopya dışında üretimini kısıtlamaktadır. Son on yılda, teffin gluten içermediği belirlendikten sonra, beslenme uzmanları ve gıda bilimcileri tarafından yapılan araştırma sayısı hızla artmış ve yeni teff bazlı ürünler geliştirilmiştir.

#### 2.1.1. Sınıfı, Orijini ve Tarihçesi

*Poaceae* familyası, *Chloridoideae* (*Eragrostioideae*) alt familyası, *Eragrostidae* takımı, *Eragrostis* cinsine dahil olan tef bitkisinin bilinen yaklaşık 350 türü bulunmaktadır [2]. Geçmişte *Eragrostis abyssinica* (Jacq.) ve *Cynodon abyssinicus* (Jacq.) gibi sinonim isimler (binomial nomenclature) ile bilinen bitki, günümüzde *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter olarak isimlendirilmektedir. Taksonomideki bu belirsizliğin nedeni, teffin yüksek oranda poliploid göstermesi ve kompleks bir genom yapısına sahip olmasıdır. *Eragrostis tef*, oldukça zengin bitki topluluğuna sahip cins içerisinde, tanesi için yetiştiriciliği yapılan tek tür olarak bilinmektedir. *Eragrostis tef*, allotetraploid ( $2n=4x=40$ ) bir bitki olup, kültürü yapılan bitki türlerinden en yakın ilişkili olduğu bitki türü olarak rağı millet (*Eleusine coracana*) olarak gösterilirken, alt familya olarak en yakın ilişkili kültür bitkilerinin sorgum (*Sorghum bicolor*) ve mısır (*Zea mays*) olduğu belirtilmektedir. Ayrıca başka çalışmalar da, teffe en yakın bitki türlerinin cin darısı (*Setaria italica*) ve sorgum (*Sorghum bicolor*) olduğu gösterilmiştir [3].



**Şekil 1.** Teff (*Eragrostis tef*) tanesinin germ ve endospermiyle beraber boyuna kesitinin elektron mikroskobu altındaki görüntüsü (Uzunluk (mm) = 1,17; Genişlik (mm) = 0,61; Bin tane ağırlığı=0,264 g) [4].



**Şekil 2.** Teff (*Eragrostis tef*)

### 2.1.2. Yetiştirilmesi Sıcaklık, Yağış ve Toprak İsteği

Tropik ve subtropik iklim bölgelerinin bitkisi olan teff her iki yarım kürede de yayılım göstermekte, deniz seviyesinden 2800 m rakımlara kadar farklı topografyalarda yetişebilmektedir [4]. Teff toprak sıcaklığının minimum 19°C olduğu durumlarda, yıllık yağışı 750-800 mm, vejetasyon döneminde 450-550 mm yağış alan, 10-27°C arasındaki sıcaklık rejimlerine sahip bölgelerde en iyi gelişim göstermektedir. Tek yıllık sıcak iklim bitkisi olan teff diğer sıcak iklim bitkilerinin yetiştirilebildiği bütün iklim koşullarında yetiştirilebilir [4]. Teff diğer tahıllar ile karşılaştırıldığında çok farklı iklim ve toprak şartlarına adapte olabildiği görülmektedir [2]. Genelde iyi drene olmuş ağır bünyeli killi, yüksek rakımlı Etiyopya topraklarına iyi adapte olduğu bildirildiği halde, günümüzde çok daha geniş iklim ve özellikle marjinal toprak koşullarında yetiştiriciliği yapılmaktadır [5]. Bitki genel olarak kuraklık ve su basmalarına karşı toleranslıdır fakat kuru ve uzun süreli yağışlardan kaynaklı su basmalarına karşı iyi bir bitki örtüsü oluşturamaz. Çok farklı iklim ve toprak şartlarında yetiştirilebilmesi, teffin Amerika'nın İdoha eyaletinin kurak ve rakımı yüksek dağlarından; Kuzey İrlanda'nın ıslak, taban suyu yüksek topraklarına kadar çok farklı toprak ve iklim şartlarında tarımının yapılabilmesi mümkün olmaktadır [6]. Küçük tohumları nedeni ile toprak; yapısı, yabancı ot durumu ve drenaj durumuna göre 2-5 kez sürülerek iyi hazırlanmış olmalıdır. Ekimi drenaj sorunu olan yerlerde tohum yatağı sırtlarına el ya da makine ile ve çok küçük tohumlu olmasından dolayı genelde toprak yüzeyine yapılmaktadır [7]. Diğer taraftan ekim derinlikleri ile yapılan bir çalışmada yüzeysel yapılan ekimlerde, 5-20 mm ekim derinliklerine göre çıkış oranlarında önemli azalmalar olduğu tespit edilmiş ve bu nedenle tohum ekiminde toprak-tohum temasını artıracak baskılama işleminin yapılması iyi bir tohum çimlenmesi ve iyi bir bitki örtüsünün oluşması için önemli olmuştur. Elle yapılacak ekimde homojen tohum dağılımını sağlamak daha güç olduğu için 5,5 kg/da kadar tohum yeterli olmakla birlikte, makinalı ekimde bu oran 1,5 kg/da' a kadar düşebilmektedir [8].

Kuraklık ve sel gibi geniş çevre şartlarına kolayca adapte olması nedeni ile temel tahıl gruplarının bazı sert iklim koşullarında başarısız olması halinde, teff bitkisi rahatlıkla yetişebilmektedir [1]. Ayrıca depolama sırasında, böcek zararlarına karşı daha dayanıklıdır [9]. Bu nedenle, doğu Afrika ülkelerinde küresel iklim değişikliği ile mücadele etmede ve gıda güvenliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Mısır ve sorgum gibi fotosentez sırasında karbondioksiti çok verimli şekilde kullanabilen bir C4 bitkisidir. Hububatların büyük bir kısmıyla karşılaştırıldığında teff; yağışlı mevsimde suyla dolarak şişen ve kuru mevsimde çatlayan yetersiz drenajlı vertisoller gibi sert koşulları daha çok tolere etmektedir [2].



**Şekil 3.** Yetiştirme döneminde teff (*Eragrostis tef*) bitkisi

### **2.1.3 Hastalık ve Zararlılar**

Teff diğer tahıllarla karşılaştırıldığında gerek bitki ve gerekse tane olarak bitki hastalıklarına karşı kısmen toleranslı olduğu; buna karşın, teff yetiştirilen bölgelerde 33 çeşit mantar ve nematod kaynaklı hastalık tespit edildiği belirtilmiştir [8]. En önemli teff hastalıklarının ise pas (*Uromyces eragrostidis*) ve salkım yanıklığı (*Helminthosporium miyakei Nisikado*) olduğu belirtilmiştir. Pas hastalığı bitkide %10-25 oranlarında kayıplara neden olurken tane veriminde önemli bir verim kaybının meydana gelmediği, söz konusu durumun tane amaçlı yapılacak yetiştiricilik açısından büyük bir avantaja sahip olabileceği bildirilmektedir. *Drechslera poae* (Baudis) bitki sıklığının fazla olduğu alanlar ile geç ekim yapılan alanlarda fide çökerten olarak adlandırılmaktadır ve bunun önemli verim kayıplarına neden olabileceği belirtilmiştir. Teff bitkisi için rapor edilen pek çok zararlı mevcut olmasına rağmen, bunlardan en önemlisinin kırmızı teff kurdu (*Mentaxya ignicollis*) olduğu, larva ve erginlerinin yaprak ve erken olum dönemindeki tanelere çok önemli zararlar verdiği tespit edilmiştir. Bu zararlıya karşı uygun zamanda (metrekarede 25> larva) yapılacak tek seferlik ilaç uygulamasının yeterli olacağı, bu uygulama sayesinde önemli verim kayıplarının ortadan kaldırılacağı bildirilmiştir [8].

#### 2.1.4 Tefin Morfolojik ve Biyokimyasal Karakteristiği

Bir buğdaygil bitkisi olan teff; toprak, iklim ve yetiştirme şartlarına göre değişmekle birlikte tarla şartlarında ortalama 4-8 cm arasında derinlere inebilmektedir. Morfolojik olarak zayıf sağak kök sistemine sahiptir [3]. Ortalama 2,3 mm olan ancak 1-5 mm arasında değişebilen gövde kalınlığına sahiptir. Bitkide gövde, boğum ve boğum aralarından meydana gelmektedir ve bu boğumlar dolu, boğum araları ise boştur. Gövde dik gelişmesine rağmen zayıf bir gövde yapısına sahip olduğundan dolayı bitkide boylanmaya bağlı olarak yatma durumu gözlenmektedir. Bazı çeşitlerde ise yatık büyüme formu görülebilmekte, bitki boyu 25 cm ile 135 cm arasında değişmektedir [2,9]. Vejetasyon süresi 90 ile 130 gün arasında değişmekte, ortalama 100 gün civarında olmaktadır. Etiyopya'daki bazı yerel çeşitlerin düşük sıcaklık ve kuraklık nedenleri ile 85 günden daha erken bir sürede olgunlaştığı bildirilmekte, ortalama 39 cm olan salkım boyu, 11 cm ile 63 cm arasında değişiklik göstermektedir [1]. Başakıktaki iek sayısı genotiplere göre değişmektedir ve bu sayı 3-17 arasındadır [3]. Her bir çiçekte i kavuzlar,  erkek organ, çoğunlukla iki parçalı; istisnai durumlarda  parçalı tüylü bir dişi organ bulunmaktadır [1]. Tohum kabuk rengi süt beyazından koyu kahverengiye kadar değişmektedir ve bitkide en yaygın tohum renkleri beyaz, süt beyazı, açık kahverengi ve koyu kahverengidir. Tohum taneleri uzun oval biçimli olup 1,1-1,2 mm uzunluğunda ve 0,6 mm genişliğinde; tek bir teff tohumu tanesi ise genellikle 0,2-0,4 mg aralığında olup bin tane ağırlığı genelde 0,19-0,21 g arasında değişmektedir. Ancak bazı iri taneli genotiplerde bin tane ağırlığının 0,3-0,5 g arasında değiştiği rapor edilmiştir [5].

Bu nedenle teff tohumları tahıl bitkileri içerisinde en küçük tohuma sahip bitki olarak gösterilmektedir [10]. Bitki tanelerinin yere düşürülmesi durumunda kolayca kaybolması ve bulunmasının neredeyse imknsız olması nedeniyle yerel dilde bu bitki (Amharca Etiyopya'nın mill resm dili) teffa (kayıp) olarak isimlendirilmektedir.



**Şekil 4.** Beyaz ve kırmızı teff (*Eragrostis tef*) tohumları

## 2.2 Teffin Bileşimi ve Kimyasal Kompozisyonu

Teff tanesinin kimyasal bileşimi son yıllarda daha fazla incelenmiştir (Çizelge 1) [6]. Bir çeşit teff ile yapılan çalışmada ise, 100 gram teff tahılında bulunan beslenme değerlerine bakıldığında; nem 8,82 g, protein 13,3 g, toplam lipid 2,38 g, toplam lif 8 g, toplam şeker 1,84 g ve enerji değeri ise 367 kcal olarak tespit edilmiştir [11].

**Çizelge 1.** Teffin (*Eragrostis tef*) kimyasal kompozisyonu (100 g teff) [6]

Besin İçeriği	Beyaz Teff	Kırmızı Teff	Karışık Teff
<b>Enerji (kcal)</b>	339	336	367
<b>Nem (%)</b>	10,4	11,1	10,7
<b>Protein (g)</b>	11,1	10,5	13,3
<b>Yağ (g)</b>	2,4	2,7	2,8
<b>Karbonhidrat (g)</b>	73,6	73,1	73,1
<b>Besinsel Lif (g)</b>	3,0	3,1	8,0
<b>Kül (g)</b>	2,5	3,1	3,0
<b>Kalsiyum (mg)</b>	156	157	180
<b>Fosfor (mg)</b>	366	348	368
<b>Demir (mg)</b>	18,9	58,9	59

**Çizelge 2.** Teff (*Eragrostis tef*) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle besin bileşenleri açısından karşılaştırılması (USDA, 2016)'dan uyarlanarak hazırlanmıştır [9].

Bileşen Değerleri (gram / 100 gram)	Glutensiz Tahıllar				Glutence Zengin Tahıllar		
	Teff	Mısır	Çeltik	Sorgum	Buğday	Arpa	Çavdar
Nem	8,8	10,4	9,4	12,4	13,1	9,6	10,6
Enerji (kcal)	367,0	365,0	354,0	329,0	327,0	342,0	338,0
Protein	13,3	9,4	7,5	10,6	12,6	12,5	10,3
Karbonhidrat	73,1	74,3	76,3	72,1	71,2	73,5	75,9
Toplam yağ	2,4	4,7	3,2	3,5	1,5	2,3	1,6
Ham Lif	8,0	7,3	3,6	6,7	12,2	17,3	15,1
Şeker	1,8	0,6	0,7	2,5	0,4	0,8	1,0

### 2.2.1 Karbonhidratlar

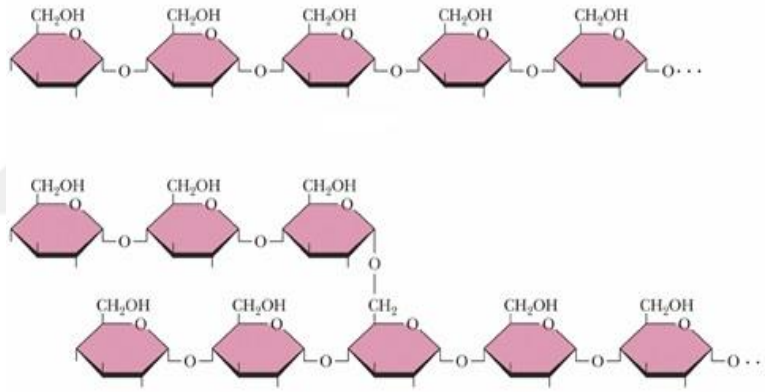
Karbonhidratlar insan beslenmesi için ana enerji kaynağıdır ve metabolizmada önemli bir rol oynarlar. Molekül boyutuna ve polimerizasyon derecesine bağlı olarak, karbonhidratlar şekerler, oligosakkaritler, nişasta (amiloz, amilopektin) ve nişasta olmayan polisakkaritlere ayrılmaktadırlar. Karmaşık karbonhidratlar teff tahılının % 80'ini oluştururlar. Test edilen 13 teff çeşidinin amiloz içeriği, % 20-26 olarak bulunmuştur [9].

Karbonhidratın ince bağırsakta sindirilme ve emilme derecesi, sağlık etkisini belirler. Hızlı sindirilen ve emilen karbonhidratlar (glisemik karbonhidratlar), daha fazla metabolik bozulmaya yol açtıklarından kan şekeri seviyeleri üzerinde daha büyük etkiye sahiptir ve bu nedenle, sağlık açısından, hızlı sindirilen karbonhidratlar tercih edilmezler.

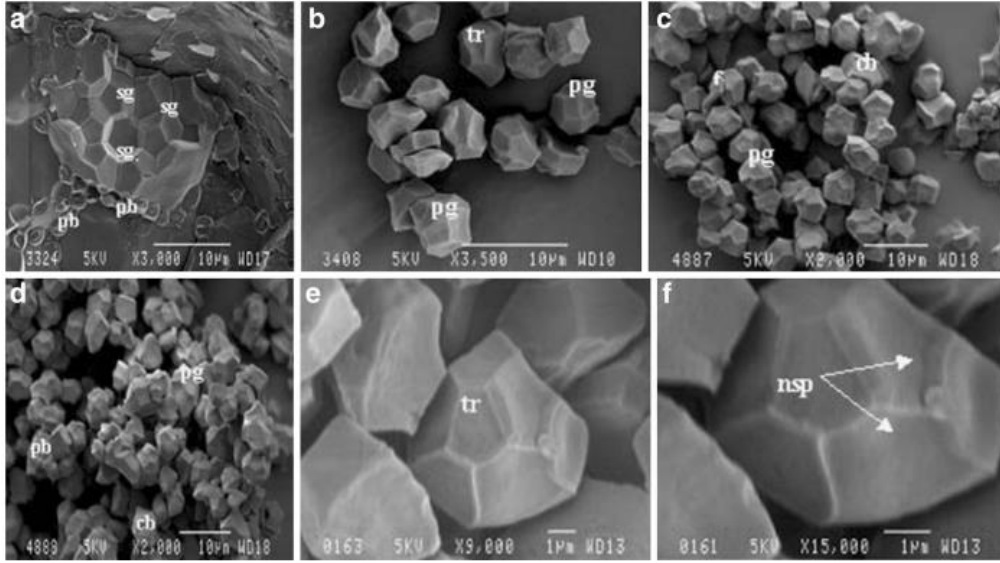
Bir gıdanın karbonhidrat sindirim hızı, glisemik indeksi (GI) ile karakterize edilebilir ve bununla birlikte, daha büyük nişasta granüllerine sahip buğday ile karşılaştırıldığında, teffin in vitro nişasta sindirilebilirliği önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Buna paralel olarak, glisemik teff indeksi (74), beyaz buğdaydan (100) önemli ölçüde daha düşüktür, ancak sorgum (72) ve yulaf (71) ile daha yakın değerlere sahiptir. Teff ekmeğinin glisemik indeksi 74, sorgumun 72, yulafın 71, ticari glutensiz ekmeğin 69, kinoanın 95 ve karabuğdayın ise 80 olarak bulunmuştur [12].

### 2.2.1.1 Nişasta

Nişasta, teff tanesinin ana bileşenidir ve kuru ağırlığın %70'inden fazlasını oluşturur (Şekil 5). Teff nişastasının yapısı ve özellikleri yakın zamanda Emmambux ve Taylor (2013) tarafından gözden geçirilmiştir. Kısaca, teff nişastası A-tipi X-ışını kırınım desenine sahip olup, nişasta granülleri, bileşik ve çokgen şekillerle 2 ila 6 µm çapındadır (Şekil 6). Teff nişastasının amiloz içeriği % 21 ila % 30 arasındadır. Amilopektin ve amilozun moleküler ağırlıkları sırasıyla  $10,1 \times 10^7$  ila  $16,5 \times 10^7$  ve  $1,0 \times 10^6$  ila  $1,3 \times 10^6$  arasında değişmektedir. Teff nişastasının diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC) ile ölçülen jelatinleşme sıcaklıkları, pirinç nişastasına benzer bulunmuştur ve bunun yanında çirileşme aşamasında teff nişastasının viskozitesi, mısır nişastasından daha düşüktür [11].



Şekil 5. Nişasta bileşenleri, amiloz ve amilopektin



**Şekil 6.** Farklı teff çeşitlerine ait nişasta granül yapıları; (a,b) Güney Afrika kahverengi teff; (c) DZ-01-1681, ve (d–f) DZ-01-196; (sg: nişasta granülleri, pg: poligon, cb: kübik, tr: kaplumbağa kabuğu, pb: protein, f: lif, nsp: yüzeye sahip olmayan porlar) (Kaynak: Bultosa ve Taylor, 2004) [14]

### 2.2.2 Proteinler

Teffin ortalama ham protein içeriği, buğday gibi diğer daha yaygın tahıllara benzer şekilde % 8-11 arasındadır. Teffin fraksiyonel protein bileşimi, glutelinlerin (% 45) ve albüminlerin (% 37) başlıca proteinler olduğunu, prolaminlerin ise daha düşük miktarlarda (~ %12) bulunduğunu göstermektedir [9]. Buna karşın, daha yeni çalışmalarda ise prolaminlerin teff içindeki ana protein olduğunu bildirilmektedir [9].

Teffin en önemli özelliği gluten içermemesidir [9]. Teff, proteininin alkolde çözünebilir fraksiyonunun immünolojik analizi, çölyak hastalarının diyeti için güvenli olduğunu doğrulamıştır. Teff, buğday gliadinine karşı immünolojik olarak bir reaksiyon göstermemiştir. Glutensiz oluşu, teffin tüketiciler için en çekici özelliklerden biridir. İki tür teff üzerinde yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda protein miktarının, diğer tahıllara göre daha yüksek (% 10,5-% 12,8) olduğunu göstermiştir [11].

### 2.2.3 Lipidler

Tahıllar iyi lipid kaynakları değildir, ancak çoğu zaman büyük miktarlarda tüketildiklerinden, tahıllar diyeteye önemli miktarda esansiyel yağ asidi katkısında bulunabilirler. [9].

Teffin ham yağ içeriği buğday ve pirinçten daha yüksektir, ancak mısır ve sorgumdan daha düşüktür. Pirinç, buğday ve mısır ihmal edilebilir miktarda linoleik asit (LA) ve sadece az

miktarda a-linoleik asit (ALA) içerir. Ayrıca, bu yaygın tahıllar kabuk ayırma ve rafineasyondan sonra tüketilir, bu da ham yağ ve n-6, n-3 çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarının azalmasına neden olur. Teff tam tahıl olarak kullanılması nedeni ile bu yağ asitlerini muhafaza ederek rafine edilmiş diğer tahıllardan daha iyi bir yağ asidi kaynağı haline gelmektedir. Teff tanelerinin doymamış yağ asitleri, ağırlıklı olarak oleik asit (% 32,4) ve linoleik asitler (% 23,8) bakımından zengindir [9].

Teffin lipid içeriği (%3,7) Etiyopya' da yetişen mısır ve buğday gibi diğer tahıllarından daha yüksektir [11]. Diğer bir çalışmada, teffin (% 4,4) lipid içeriğinin buğday (% 3,6), pirinç (% 0,9), sorgum (% 3,5) ve mısır (% 2,5) unundan yüksek; yulaf (% 6,7) ve kinoadan (% 8,6) ise düşük olduğu gözlenmiştir [11].

Bu konudaki diğer analizler, teff içindeki lipitlerin %80'inden fazlasının serbest formda olduğunu göstermiştir. Bu değer; buğday, çavdar ve karabuğday ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu görülmektedir. Buğday, çavdar, kinoa ve karabuğday ununa göre (% 10) teff ununun (asit hidrolizi kullanılmış) nişastaya bağlı lipid içeriği daha azdır. Teff lipitlerin yağ asidi bileşimi analiz edildiğinde serbest yağ asitlerinin çoğunluğunun doymamış yapıda (% 84) ve mısır, sorgum ve kinoa benzer olduğu görülmüştür. Bunların başlıcaları, linoleik asit (% 50) ve oleik asit (% 29) olup, sorgum ve mısıra benzemektedir [11]. 100 gram teff tahılinda bulunan lipidlerin kompozisyonunun ise toplam doymuş 0,449 g, tekli doymamış 0,589 g ve çoklu doymamış yağ asitlerinin ise 1,071 g şeklinde olduğu ifade edilmiştir [11]. Çizelge 3'de teff unu örneğinin lipid kompozisyonu gösterilmiştir.

**Çizelge 3.** Teff (*Eragrostis tef*) lipid kompozisyonu [11]

<b>Lipid</b>	<b>Miktar (g/100 gram örnek)</b>
<b>Toplam doymuş yağ asitleri</b>	0,449
<b>Tekli doymamış yağ asitleri</b>	0,589
<b>Çoklu doymamış yağ asitleri</b>	1,071

#### **2.2.4 Polifenoller**

Kahverengi ve beyaz teff tanelerinin toplam fenolik içeriği (TPC) 600-700 mg CE (kateşin eşdeğeri)/100 g aralığında bulunmuştur. TPC değerinin; kırmızı sorgum ve börülce ile

karşılaştırıldığında daha düşük olduğunu söylenebilir. Teff örneğinin TPC değeri (123,6 GAE (gallik asit eşdeğeri) / 100 g KM), mısır ve buğday gibi bazı Etiyopya temelli tahıllardan çok daha yüksek bulunmuştur. Kahverengi teff, beyaz tefften daha yüksek toplam flavonoid ve toplam fenolik madde içeriğine sahiptir. Yedi farklı teff çeşidi kullanılarak yapılan bir çalışmada serbest fenolik madde içeriği 37-71 mg GAE/100 g (KM); bağlı fenolik madde içeriği 226-376 mg GAE/100 g (KM) arasında bulunmuştur. Serbest ve bağlı flavonoid içeriği ise sırasıyla 36- 64 ve 113-258 mg CE / 100 g (KM) arasında değişmiştir [11].

Kateşin, ferulik ve rosmarinik asitler teffin serbest (çözünabilir) fraksiyonunda majör polifenoller iken; ferulik, rosmarinik ve p-kumarik asitler bağlı fraksiyonda çoğunluktadır. Protokateşik, vanilik, şirincik, sinapik ve naringenin yanısıra gallik, kafeik ve salisilik asitler bulunduğu da tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada trans-p-kumarik, protokansik, ferulik ve gallik asitlerin kahverengi teffte majör serbest fenolikler olduğu; rutin, ferulik ve protokseköoik asitlerin ise beyaz teffte majör olduğu gösterilmiştir. Ferulik ve gallik asitler, kuersetin ve kateşin kahverengi teff içindeki ana bağlı fenolikler iken, ferulik asit, rutin, kateşin ve kuersetin ise beyaz tefflerde çoğunluktadır. Bu nedenle, polifenol bileşimi teff çeşidine çok bağlıdır. Naringenin, naringenin-40-metoksi-7-O-a-rhamnoside ve eriodictyol-30,7-dimetoksi-40-O-b-d-glukozit gibi farklı fenolik maddeler de teffte tanımlanmıştır. İçerdiği antosiyantinler bakımından teffin bazı polifenollerin kaynağı olabileceğini göstermiştir [11].

### **2.2.5 Fitosteroller**

Teff tanesinde sterol kompozisyonu ile sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Teff tanesinde  $\beta$ -sitosterol ve  $\beta$ -sitosterol-3-O- $\beta$ -D-glukozit bulunmuştur [13]. Bu değerlerin, Gebremariam ve ark. tarafından yapılan çalışma sonuçlarından farklı olduğu görülmektedir. Bu durum, farklı analitik teknikler ve teff genotiplerine bağlanabilir [11].

### **2.2.6 Fitik asit**

Fitik asit, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ve genellikle çocuklarda minerallerden biyoyararlanımı engelleyen önemli bir tahıl bileşenidir [5]. Teffin 1,54 g/100 g fitik asit içerdiği belirtilmektedir [11]. İşleme sırasında fitik asit içeriğini azaltma konusunda çalışmalar halen sürmektedir. Örneğin teff ve beyaz sorgumdan hazırlanan karışım “injera” (krep) yapımında kullanılmaktadır [2]. Dolayısıyla, diyet liflerinin de biyoyararlılığı etkileyebileceği, teff ile hazırlanan gıdalarında fitik asit gibi anti-nütrüsyonel bileşen konsantrasyonların azaltılması, mineral emiliminin artırılması için yeni hazırlama yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapılması gerekmektedir.

### **2.2.7 Kontaminantlar**

Etiyopya’ da yetiştirilen teff ve sorgum örneklerinde yapılan mikotoksin analizleri sonucunda, deoksinivalenol (DON), nivalenol (NIV), zearalenone (ZEN), fumonisinler (FUM) gibi *Fusarium* mikotoksinlerinin sorgumda bulunduğu halde teffte rastlanmadığı bildirilmektedir. Aflatoksin B1 ve okratoksin A ise yaygın olarak teff örneklerinde ortaya çıkmıştır. Bu durum, teff için hasat sonrası işleme ve depolama koşullarına dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir [11].

### **2.2.8 Amino Asit Kompozisyonu**

Teff tohumları besin değerleri açısından buğday ile benzerlik göstermekle beraber Amerika Ulusal Bilimler Akademisi’nin 1996 yılında hazırladığı rapora göre, buğdaydan daha besleyici ve içerik olarak temel amino asit miktarı bakımından daha değerlidir [1,7]. Yapılan bir araştırmada teffin elzem (esansiyel) amino asitler açısından mükemmel bir dengeye sahip olduğu ve bunun yumurta ile karşılaştırılabileceği rapor edilmiştir [14]. Tefin aminoasit içeriği genel amino asit çeşitliliği bakımından diğer tahıllar ile kıyaslandığında dengeli olduğu kabul edilmektedir. Özellikle, lizin içeriğinin arpa ile beraber diğer hububatlarla kıyasla daha yüksek; izolizin, serin, valin, tirozin, treonin, metiyonin, fenilalanin, alanine, aspartik asit ve histidin içeriğinin ise arpa, buğday ve diğer pek çok tahıldan daha yüksek olduğu görülmektedir. Tef tohumlarının bu içeriği, alkollü içecekler için önemli kriterlerden biri olan stabilite özelliğinin yüksek olduğunu göstermektedir [8]. Çizelge 4’de teffin amino asit bileşimi; glutensiz ve gluten içeren tahıllarla karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 4.** Teff (*Eragrostis tef*) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle amino asit içerikleri açısından karşılaştırılması (gr/100 gr) (USDA, 2016) [9].

Aminoasit (g/100 g)	Gluten İçermeyen Tahıllar				Gluten İçeren Tahıllar		
	Teff	Mısır	Çeltik	Sorgum	Buğday	Arpa	Çavdar
Triptofan	<b>0.14</b>	0.07	0.10	0.12	0.16	0.21	0.11
Treonin	<b>0.51</b>	0.35	0.29	0.35	0.37	0.42	0.29
Izolösin	<b>0.50</b>	0.34	0.34	0.43	0.46	0.46	0.21
Lösin	<b>1.07</b>	1.16	0.66	1.49	0.85	0.85	0.56
Lizin	<b>0.38</b>	0.27	0.30	0.23	0.34	0.47	0.29
Metiyonin	<b>0.43</b>	0.20	0.18	0.17	0.20	0.24	0.15
Sistein	<b>0.24</b>	0.17	0.10	0.13	0.32	0.28	-
Fenilalanin	<b>0.70</b>	0.46	0.41	0.55	0.59	0.70	0.44
Tirozin	<b>0.46</b>	0.38	0.30	0.32	0.39	0.36	0.20
Valin	<b>0.69</b>	0.48	0.47	0.56	0.56	0.61	0.32
Arjinin	<b>0.52</b>	0.47	0.60	0.36	0.60	0.63	0.45
Histidin	<b>0.30</b>	0.29	0.20	0.25	0.29	0.28	0.19
Alanin	<b>0.75</b>	0.71	0.46	1.03	0.45	0.49	0.41
Aspartik asit	<b>0.82</b>	0.66	0.74	0.74	0.64	0.78	0.56
Glutamik asit	<b>3.34</b>	1.77	1.62	2.44	4.00	3.26	2.29
Glisin	<b>0.48</b>	0.39	0.39	0.35	0.53	0.45	0.42
Prolin	<b>0.66</b>	0.82	0.37	0.85	1.29	1.48	0.80
Serin	<b>0.62</b>	0.45	0.41	0.46	0.59	0.53	0.46

### 2.2.9 Mineral İçeriği

Teffin mineral içeriği, bazı durumlarda buğday, arpa ve diğer pek çok hububattan daha yüksektir [1]. Genel olarak diğer tahıllarla karşılaştırıldığında teff kalsiyum, çinko, magnezyum, demir, fosfor ve bakır gibi mineraller bakımından zengindir [8]. Kemik ve dişlerin gelişimi ve sağlığının korunmasında, kanın pıhtılaşmasında, hücre içi uyarıların iletilmesinde görev alan kalsiyum; kas fonksiyonu, sinir iletimi ve kalp atımının denetiminde de önemli role sahip bir mineraldir [15]. Diğer tahıllar ile kıyaslandığında teff bitkisinin kalsiyum oranının

mükemmel bir değere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Bunun yanı sıra demir eksikliği anemisi dünya genelinde en sık görülen anemi sebebidir. Gelişmekte olan ülkelerde % 30'dan % 70'e kadar değişen oranlarda demir eksikliği olduğu görülmektedir [16]. Büyüme geriliği, bozulmuş zihinsel ve psikomotor gelişimi, çocuk ve anne ölümleri ile düşük bağışıklık ve iş performansı, demir eksikliğini olumsuz etkilerinden bazılarıdır. Diğer temel tahıllar ile kıyaslandığında daha yüksek demir oranına sahip olan teff bitkisi, lokal ya da küresel boyutta demir eksikliğini giderilmesinde önemli bir alternatif bitki olarak görülmektedir.

Teffin miktar olarak diğer tahıllara göre üstünlük sağladığı bir diğer mineral olan magnezyum (Mg), insan vücudunda bulunan miktar açısından dördüncü (70 kg'lık bir insanda 2000 mEq), intrasellüler alanda bulunan miktar açısından potasyumdan sonra ikinci sırada bulunan ve üç binden fazla enzimin fonksiyon göstermesi için gerekli olan esansiyel bir elementtir [17]. Kasların güçlenmesi, protein sentezi ve enzim sistemi aktivitesinde, hücrelerin büyümesinde ve yenilenmesinde önemli rol oynar [17]. Ayrıca önemli bileşenlerden biri olan fosfor da kalsiyumla birlikte kemiklerin ve dişlerin oluşumunda, besin öğelerinin metabolizmasında görev alan enzimlerin yapısında bulunur ve hücre çalışması için önemli göreve sahiptir. Ayrıca fosfor vücut sıvılarının asit ortama dönüşümünü engeller, hücre içi ve dışı sıvıların dengede tutulmasını sağlar [18].

Mineral miktarları incelendiğinde; teffin kalsiyum (180 mg), demir (7,63 mg), magnezyum (184 mg), fosfor (429 mg), potasyum (427 mg), sodyum (12 mg) ve çinko (3,63 mg) içerdiği tespit edilmiştir. Protein ve enerji değerleri birbirine oldukça yakın olmasına rağmen, 100 gram beyaz un ve aynı miktarda teff unu karşılaştırıldığında; teff ununda kalsiyum miktarı beyaz undan 12 kat; demir miktarı 6 kat; magnezyum miktarı 8 kat; fosfor miktarı 238 kat; çinko 5 kat; lif miktarı ise 4 kat fazladır [11]. Çizelge 5'de teff bitkisi glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle mineral içerikleri açısından karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.** Teff (*Eragrostis tef*) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle mineral içerikleri açısından karşılaştırılması (USDA,2016) [9].

Mineral Değerleri (mg/ 100 g)	Gluten İçermeyen Tahıllar				Gluten İçeren Tahıllar		
	Teff	Mısır	Çeltik	Sorgum	Buğday	Arpa	Çavdar
<b>Kalsiyum (Ca)</b>	180.0	7.0	9.0	130.0	29.0	33.0	24.0
<b>Demir (Fe)</b>	7.6	2.7	1.3	3.4	3.2	3.6	2.6
<b>Magnezyum (Mg)</b>	184.0	127.0	116.0	165.0	126.0	133.0	110.0
<b>Fosfor (P)</b>	429.0	210.0	311.0	289.0	288.0	264.0	332.0
<b>Potasyum (K)</b>	427.0	287.0	250.0	363.0	363.0	452.0	510.0
<b>Sodyum (Na)</b>	12.0	35.0	5.0	2.0	2.0	12.0	2.0
<b>Çinko (Zn)</b>	3.6	2.2	2.1	1.7	2.7	2.8	2.7
<b>Bakır (Cu)</b>	0.8	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4
<b>Mangan (Mn)</b>	9.2	0.5	2.9	1.6	4.0	1.9	2.6
<b>Selenyum (Se)*</b>	4.4	15.5	17.1	12.2	70.7	37.7	13.9

\*mikrogram / 100 gram.

### 2.2.10 Vitamin İçeriği

Vitaminler, mineraller ile birlikte; kemik, diş ve tırnak gibi dokularda hücrelerin önemli bir kısmını oluşturan, koenzim veya enzimlerle birlikte çalışan ve organizmada gerçekleşen enzimatik reaksiyonları hızlandıran besin öğeleridir [18]. Vitaminler, kalp problemleri, yüksek kolesterol seviyeleri, göz rahatsızlıkları ve cilt bozuklukları gibi çeşitli hastalıkları önlemek ve tedavi etmek için gereklidir ve bunların çoğu vücut mekanizmasını düzenler ve başka hiç bir besin tarafından uygulanmayan işlevleri yerine getirir [18]. Tef, vitamin içeriği artırılmış gıdaların üretilmesinde ve geliştirilmesinde önemli bir alternatif bitki olarak gözükmektedir. Çizelge 6'da teff bitkisi glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle vitamin içerikleri açısından karşılaştırılmıştır. Buna göre teff; tiamin (0,39 mg), riboflavin (0,27 mg), niasin (3,363 mg), B6 vitamini (0,482) mg, A vitamini (9 IU), E vitamini (0,08 mg) ve K vitamini (1,9 mg) içermektedir.

**Çizelge 6.** Teff (*Eragrostis tef*) bitkisinin diğer glutensiz ve glutence zengin tahıl bitkileriyle vitamin içerikleri açısından karşılaştırılması (USDA, 2016)'dan uyarlanarak hazırlanmıştır [9].

Vitamin Değerleri (mg/100 g)	Gluten İçeren Tahıllar				Gluten İçermeyen Tahıllar		
	Teff	Mısır	Çeltik	Sorgum	Buğday	Arpa	Çavdar
<b>Tiamin (B1)</b>	<b>0.4</b>	0.4	0.5	0.3	0.4	0.6	0.3
<b>Riboflavin (B2)</b>	<b>0.3</b>	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3
<b>Pantotenik asit (B5)</b>	<b>0.9</b>	0.4	1.1	0.4	1.0	0.3	1.5
<b>Niasin (B3)</b>	<b>3.4</b>	3.6	6.5	3.7	5.5	4.6	4.3
<b>Vitamin B-6</b>	<b>0.9</b>	0.6	0.5	0.4	0.3	0.32	0.29
<b>Kolin Vitamin</b>	<b>13.1</b>	-	21.5	-	31.2	-	30.4
<b>Betain</b>	<b>2.3</b>	-	-	-	-	-	146.1
<b>Beta Karoten*</b>	<b>5.0</b>	97.0	-	-	5.0	13.0	7.0
<b>A Vitamini , IU</b>	<b>9.0</b>	214.0	-	-	9.0	22.0	11.0
<b>Lütein + Zeaksantin*</b>	<b>66.0</b>	1355.0	-	-	220.0	160.0	210.0
<b>Vitamin E</b>	<b>0.1</b>	0.5	0.6	0.5	1.0	0.6	0.9
<b>Tokoferol, gamma</b>	<b>5.0</b>	-	0.2	-	-	-	-
<b>Vitamin K *</b>	<b>1.9</b>	0.3	0.6	-	1.9	2.20	5.9

\*, mikrogram/100 gram.

### 2.2.11 Diyet lif

Diyet lifi “insan ince bağırsağında tam veya kısmi fermentasyon ile sindirime ve emilmeye dirençli bitki veya benzer karbonhidratların yenilebilir kısımları” olarak tanımlanmaktadır. En son Gıda Kodeksinde, diyet liflerinin “sağlığa faydasının kanıtlanmış fizyolojik etkilerinin” olması gerektiği de eklenmiştir. Bu fizyolojik etkilerden bazıları fekal hacim arttırmayı (laksasyon), yemekten sonra kan şekeri seviyelerini düşürmeyi ve plazma LDL-kolesterolü düşürmeyi içerir [9].

Ham lif, toplam ve çözünür teff diyet lifi içeriği buğday, sorgum, pirinç ve mısıra göre birkaç kat daha yüksektir. Çünkü kepekli tahıllar, kabukları ayrılanlardan daha yüksek lif içeriğine sahiptir ve bunun yanında küçük taneler lif bakımından daha yüksek bir kepek oranına sahiptir [9]. Bu nedenle, artan teff tüketimi ile daha yüksek diyet lifi alımı ve buna bağlı sağlık yararları beklenmektedir.

Teff tahılının diyet lifi içeriği konusunda yapılan çalışmalarda diyet lifi içeriği % 9,8 olarak bulunmuştur. Bir başka çalışmada, Wolter, Jacob ve arkadaşları tarafından teffin toplam ve çözüner diyet lifi içeriği sırasıyla % 4,5 ve % 0,85 olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık, buğday, tam buğday, pirinç, yulaf, kinoa, karabuğday, sorgum ve mısırın toplam diyet lifi içeriği sırasıyla % 3,4; 11,4; 0,43; 4,05; 7,14; 2,18; 4,51 ve % 2,62 olarak belirtilmiştir [11].

### **2.3 Yem Bitkisi Olarak Teff**

Teff genellikle gıda olarak tüketilmek amacıyla yetiştirilse de yapılan araştırmalar, teffin hayvanlar için de besleyici değeri olduğunu ortaya koymuştur. Günümüzde teff birçok ülkede yetiştirilebilmektedir. Bazıları uzun zamandır Yemen, Kenya (Marsabit yakınlarında), Malavi ve Hindistan'da gıda için üretilirken, Güney Afrika ve Avustralya'da hayvanlar için bir yem bitkisi olarak da yetiştirilmektedir. Bununla beraber, teff tahılının hayvanlar tarafından sevilerek tüketildiği, yaprak/sap oranının (73/27) oldukça yüksek olduğu ve otunun % 65 oranında sindirilebildiği 1996' da 'National Academy Press' tarafından rapor edilmiştir. Ham protein oranı buğdaydan daha yüksek olan teff bitkisinde, selüloz oranı da kabul edilebilir derecede yüksektir. Nötral Deterjan Lif (NDF) miktarı, karşılaştırıldıkları diğer tahıllardan daha yüksek, Asit Deterjan Lif (ADF) miktarı yonca otuna ve diğer tahıllardan daha yakındır. Bakım ve gübreleme işlemi olması gerektiği şekilde yapılan ve çiçeklenme öncesi dönemde hasat edilen teff bitkisinde % 13-16 civarında bulunan ham protein, tohum bağlama döneminde % 6,5'e gerilemektedir [19]. Her türlü toprağa uyum sağlaması ve kısa sürede hasat edilebilir olması nedeniyle teff, ikinci ürün olarak da kullanılmaktadır [19]. Birim alan başına kazancı oldukça yüksek, üretim maliyetleri düşük alternatif bir tarla bitkisi olması, kaliteli kaba yem açığımızın giderilmesine katkı sağlayabilecek bir bitkidir [19]. Teffin; özellikle diğer sıcak iklim yem bitkileri olan millet, sorgum, sorgum-Sudan otu melezi gibi bitkiler ile karşılaştırıldığında, ince-narin gövde yapısı ve bol yapraklı olması nedenleri ile hayvan beslenmesi açısından birincil derecede ot amaçlı kullanılabileceği, ancak silaj bitkisi olarak da kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir [8]. Çizelge 7'de teff bitkisinin yem kalite kriterleri açısından diğer bazı yem bitkileri ve tahıllar ile karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 7.** Teff (*Eragrostis tef*) bitkisinin yem kalite kriterleri açısından diğer bazı yem bitkileri ve tahıllar ile karşılaştırılması (Mosi ve Butterworth, 1985) [9].

Bileşenler*	Yonca kuru ot	Mısır Koçanı	Yulaf Samanı	Teff Samanı	Buğday Samanı
<b>Kuru Madde (%)</b>	90.1	91.0	91.9	91.1	92.4
<b>Organik madde</b>	89.5	88.2	91.9	90.8	89.5
<b>Ham protein</b>	20.1	5.1	6.2	3.6	2.3
<b>Nötral Deterjan Lif</b>	44.4	75.5	71.2	77.5	76.1
<b>Asit Deterjan Lif</b>	36.6	51.3	46.6	44.3	51.7
<b>Lignin</b>	4.8	4.8	6.6	5.1	6.4
<b>Hemi-selüloz</b>	7.8	24.2	24.6	33.3	24.3
<b>Selüloz</b>	31.8	46.5	40.0	39.2	45.3
<b>ADF-kül</b>	-	5.2	3.6	3.4	6.9
<b>Fosfor</b>	0.30	0.17	0.15	0.25	0.22
<b>Metabolik enerji (Mj/kg<sup>''</sup>)</b>	19.0	16.7	17.9	17.6	18.8

\*kg da<sup>-1</sup>

## 2.4 Teffin Sağlık Üzerine Etkileri

Tahıl ürünlerinin kimyasal kompozisyonu tahıl türüne göre değişiklik göstermektedir. Bu değişim aynı zamanda yetiştirme şartları, iklim ve toprak özellikleri ile gübreleme ve sulama gibi uygulamalara da bağlı olarak değişmektedir [9]. Tahıllar, insan beslenmesinde karbonhidrat ve ana enerji kaynağı olduğu kadar, metabolizma ve hücre dengesi için de önemli bir yere sahiptir. Teff bitkisini buğday, arpa ve çavdar gibi diğer tahıl ürünlerden ayıran ve öne çıkmasını sağlayan en önemli özelliği ise gluten içermemesidir [9]. Glutensiz gıdalara olan talep, çölyak hastalığı tanısı ve diğer glutene hassas hastalıkların artışına bağlı olarak her geçen gün artmaktadır [9]. Amerikan Tarım Bakanlığı 2016 yılı raporunda, teff tohumunun yüksek miktarda (% 73,1) kompleks karbonhidrat içerdiğini belirtmiştir. Bu durum teffin glikemik indeksinin buğdaydan (beyaz) önemli derecede düşük olmasına, sorgum ve çavdar ile benzerlik göstermesine neden olmaktadır [8,19].

Diğer taraftan teff tohumları, bira üretiminde çok önemli olan yüksek ham lif oranı (8 g/100 g) ile glutensiz diğer tahıllar arasında dikkat çekmektedir. Una öğütülürken (rafınasyon) lif oranı

yüksek meyve ve tohum kabuğu (karyopsis) kısmının tohumdan ayrılması nedeniyle, beyaz un tüketimi, glutensiz gıdalarda yüksek miktarda nişasta bulunması gibi nedenler diyetle yetersiz lif alımına sebep olmaktadır [9]. Ancak teff tohumları çok küçük olmasından dolayı herhangi bir rafinasyon işlemine tabi tutulmadan, tam tahıl olarak (karyopsis, endosperm ve embriyo) kullanılabilir. Bu yüzden diğer tahıllar kullanılarak hazırlanan diğer çeşitlerle karşılaştırıldığında, teff içeriğine sahip gıdaların yüksek lif ve besin değerlerine sahip olduğu söylenebilmektedir [8].

Yapılan araştırmalar buğdayda bulunan fitokimyasalların antioksidan özelliğe sahip olduğunu ve bu fitokimyasallardan fenolik bileşiklerin, buğdayın toplam antioksidan aktivitesine katkıda bulunan temel bileşenler olduğunu göstermiştir [20]. Buğday antioksidanları, serbest radikaller ile reaksiyona girerek ve lipid peroksidasyonunu katalizleme yeteneğinde olan demir ve bakır gibi metaller ile şelat oluşturarak, antioksidan aktivite göstermektedirler. Tefin polifenoller bakımından zengin olması birçok sağlık faydaları ile ilişkilendirilebilir. İn vitro koşullarda antioksidatif etkisi gösterilmiş ve bununla beraber insan vücudunda hemoglobin seviyesini yükselterek sıtmaya karşı koruyabileceği, anemi ve diyabet oranını azaltabileceği vurgulanmıştır [12].

Geçtiğimiz yıllarda küresel sağlıklı besin pazarının yükselmesi ve aynı zamanda teffin doğu Afrika ülkeleri dışında yetiştirilmeye başlanması nedeniyle teff konusunda araştırma faaliyetleri yoğunlaşmıştır. Özellikle son yıllarda sağlık etkileri ve fonksiyonel besin öğeleri nedeniyle laboratuvar koşullarında teff bazlı çok farklı formülasyona sahip yiyecek ve içecek maddesi üretilmiştir [13,11]

Gluten bileşeni olan prolamin (gliadin), çölyak hastalığını ve gluten intoleransını tetikleyen protein olarak bilinmektedir [21]. Bir çalışmada, ana bileşen olarak prolamin, indirgen olmayan koşullarda SDS-PAGE analizine tabi tutulmuş ve sonuçlar göstermiştir ki, teff prolamini, sorgum prolaminiinden daha düşük polimerizasyon derecesine ve ayrıca daha düşük hidrasyon enerjisine sahiptir (-161,3 kcal/mol<-139,8 kcal/mol). Bunun yanında diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile yapılan analiz sonucunda, teff prolamini 70°C'de denatüre olurken, sorgum prolaminiinin termostabil olduğu görülmüştür. 2D elektroforez analizinde ise, teff proteininin sorgum ve mısıra göre daha fazla polipeptid içerdiği görülmüştür [22].

#### **2.4.1 Demir Eksikliği**

Anemi, bir kişinin kanının düşük sayıda alyuvar hücresine sahip olduğu veya bu alyuvar hücrelerinin yeterli hemoglobine sahip olmadığı bir durumdur. Hemoglobin, kana kırmızı

rengini veren, akciğerlerden vücudun geri kalan kısmına oksijen taşıyan, demir açısından zengin bir proteindir. Vücudun hemoglobini yapmak için demire ihtiyacı vardır. Anemisi olan kişilerde, kan, vücudun geri kalanı için yeterli oksijeni taşımamaktadır. Sonuç olarak, anemisi olan kişiler diğer semptomlarla birlikte yorgunluk hisseder [23]. Çünkü vücutları yeterli oksijeni alamaz. Şiddetli veya uzun süreli anemi vakalarında, kandaki oksijen eksikliği, kalbe ve vücudun diğer organlarına ciddi zararlar verebilir. Düşük demir içeriği, aneminin tek nedeni değildir. Folik asit veya B12 vitamini eksikliği de aneminin nedeni olabilir. Kadınlar ve kronik hastalıkları olan kişiler anemi için daha büyük risk altındadır. Birçok anemi tipi hafif, kısa ömürlü ve kolayca tedavi edilebilir. Bazı anemi formları sağlıklı bir diyetle önlenir ve diğer formlar diyet takviyeleri ile tedavi edilebilir. Bazı anemi tipleri tanı konulmadığı ve tedavi edilmediği takdirde şiddetli, uzun süreli ve hayatı tehdit edici olabilir.

Demir eksikliği, 2 milyardan fazla insanı etkilemekle beraber büyüme geriliği, zihinsel ve psikomotor gelişim bozukluğu, çocuk ve anne ölümleri, azalmış bağışıklık ve iş performansı da demir eksikliğinin yan etkileri arasındadır [24,3]. Demir eksikliği, aşırı kayba neden olan durumlara veya demirin malabsorbsiyonuna, düşük biyoyararlı demir alımına veya fizyolojik duruma (örneğin, hamilelik, bebekler ve küçük çocuklar) bağlı artan gereksinimlere neden olan hastalıkları içerir. Düşük ve orta gelirli ülkelerde, özellikle de bebekler ve küçük çocuklar ve hamile kadınlar arasında yetersiz demir alımı yaygındır. Gıda takviyesi ve besin takviyeleri ile demir eksikliğini önlemek için çalışmalar yapılabilir. Demir seviyesi, demir bakımından zengin gıdalarla ayarlanabilir ve teff bunun için iyi bir alternatif olabilir [9]. Alaunite ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, buğday ununa % 30 oranında teff karıştırdıklarında ekmeğin demir içeriğinin iki kattan fazla arttığını göstermişlerdir. Ortalama günlük 200 g teff ile zenginleştirilmiş ekmeğin tüketimi dikkate alındığında demir alımı için günlük ihtiyacı, kadınlarda % 42- 81 arasında ve erkeklerde % 72-138 arasında karşıladığı görülmektedir. Bununla birlikte, başka bir çalışmada, % 30 teff ile zenginleştirilmiş buğday ekmeğinin tüketiminin, gebe kadınlarda serum demir düzeylerini korumaya yardımcı olabileceği gösterilmiştir. Tefin yüksek demir içeriği göz önüne alındığında, tefin demir biyoyararlanımı hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bununla beraber teff sadece çölyak hastaları için gluten içermemesi değil aynı zamanda yüksek demir içeriği nedeniyle de çok iyi bir kaynak olabilir [9].

### 2.4.2 Çölyak Hastalığı

Çölyak hastalığı ince bağırsağın, gluten adlı proteine karşı ömür boyu süren ve kronikleşen alerjisi, hassasiyetidir. Buğday, arpa, çavdar ve yulaf gibi tahıllar gluten içermektedir [21]. Alınan gıda, ince bağırsakta bileşenlerine ayrıştırılıp bağırsak mukozası üzerinden kana karışır. Vücudumuzun yeterince gıda alabilmesi, ince bağırsakta çok sayıda bulunan ve villus çıkıntıları olarak adlandırılan kıvrımlar tarafından sağlanır. Çölyak hastaları glutenli yiyecekler tükettiklerinde bağırsak mukozasında alerji nedeniyle villus çıkıntıları ve kıvrımları tahrip olarak azalır ve küçülürler. Böylece bağırsak yüzölçümü gittikçe azalır ve alınan gıdalar emilemez hale gelir. Sonuçta beslenme yetersizliği, arkasından da hastalık belirtileri ortaya çıkar. Bu belirtiler hastalığın ciddiyetine ve derecesine bağlı olarak hastadan hastaya değişebilir [25].

Önceleri, çölyak hastalığının nadir görülen bir çocukluk çağı hastalığı olduğu düşünülmüş, ancak aslında her yaşta sık görülen bir durum olduğu ortaya çıkmıştır [21]. Çölyak hastalığı, çoğunlukla Avrupa ve Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Avustralya dâhil olmak üzere Avrupalıların göç ettiği ülkelerde yaygındır ve Kuzey Afrika, Orta Doğu ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde de giderek daha da artmaktadır [21]. Yapılan çalışmalarda çölyak hastalığının görülme olasılığının yaşla birlikte artış gösterdiği ve hastalığa kadınlarda erkeklerden daha çok rastlandığı, 65 yaş üstü erişkinlerde yeni tanı alma oranının arttığı bildirilmiştir [21]. Ayrıca hastalığın tek yumurta ikizlerinde ve birinci derece akrabalar arasında görülme oranının on kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [25]. Bağışıklık sistemi hastalığı olduğu için tip 1 diyabet, tiroidit, sjögren hastalığı, addison hastalığı, ayrıca osteoporoz, primer biliyer siroz, down sendromu gibi hastalıklarla da görülme olasılığının arttığı söylenmektedir [25]. Günümüzde, genel nüfusta tahmini olarak % 1–2'lik bir prevalansı vardır ve bu hastalar hayatları boyunca diyet yapmak zorundadırlar [26]. Çölyak hastaları için gluten içermeyen bir diyetle yer almasına izin verilmeyen gıdaların başlıcaları; buğday, arpa, çavdar, tritikale (buğday+çavdar melezi) ve yulaf unlarından hazırlanan ekmek veya diğer gıdalar ile bunlardan yapılan yan ürünler: sosisli sandviç, salata sosları, hazır çorbalar, işlenmiş peynir, krema sosları gibi buğday ve gluten türevlerinin kalınlaştırıcı ve dolgu maddesi olarak kullanıldığı işlenmiş gıdalar ile tabletlerde bağlayıcı olarak gluten kullanılan ilaçlardır [21]

Yapılan birçok araştırmada çölyak hastalarının diyetinde teff unu kullanılmış ve sonucunda hastalarda daha önce oluşan semptomların belirgin oranda azaldığı veya tamamen kaybolduğu gözlenmiştir [9].

Yapılan araştırmalar sonucunda, çölyak hastalığının görülme sıklığının tüm dünyada giderek artan bir eğri çizdiği görülmüştür. Avrupa kökenli toplumlarda 1/85- 1/300 (ortalama 1/100) arasında olduğu ve ölkemizde yapılan bölgesel bazdaki çalışmalarda çocuklarda % 1 civarında, yetişkinlerde ve sağlıklı kan vericilerinde % 0,8-1,3 arasında olduğu ortaya konmuştur [25]. Çizelge 8' de görüldüğü üzere çölyak hastalığı taramasında sağlıklı görünen okul dönemi çocuklarında hastalığın görülme olasılığı % 0,47 (1/212) olarak bulunmuştur [21]. Türkiye'de çölyak hastalığının görülme sıklığı, 2000 kan vericisi üzerinden yapılan tarama testi sonucunda % 1,3 olarak bulunmuştur. Çocuklarda ise bu oran % 0,87'dir [21].

Sağlık Bakanlığı'nın 2015 yılı verilerinde kayıtlı hasta sayısı 65 bin; 2019 verilerinde ise 88 bin kişi olsa da tanı konulamayan çölyak hastası sayısının 1 milyon 23 bin civarında olduğu tahmin edilmektedir. Başka bir deyişle, her sağlıklı 80 kişiden 1'i çölyak hastasıdır. Ne yazık ki bunların büyük bir çoğunluğu tanı konulmayı beklemektedir. Sağlık Bakanlığı tarafından STK'lar, üniversiteler ve özel sektör iş birliğinde hazırlanan 'Erişkin Bazı Metabolizma Hastalıkları ve Çölyak Hastalığı Kontrol Programı 2019-2023' kapsamında hastaların uygun ürünlere ulaşımının arttırılması; çölyak hastaları için marketlerde, halka açık yerlerde ve AVM'lerde uygun gıda satış noktaları oluşturulması ve farkındalık çalışmaları da devam etmektedir.

Bununla beraber son yıllarda artan sağlık algısı nedeniyle tüketicinin özellikle beslenme konusundaki kaygıları da her geçen gün artmaktadır. Bu durum tüm dünya ile paralel olarak Türkiye'de de besin intoleransı konusuna duyulan ilginin artmasını tetiklemektedir. Organik bir sebebi olmayan, fakat toplumda sıklıkla rastlanan fonksiyonel bir barsak hastalığı olan İrritable Barsak Sendromu, özellikle FODMAP (fermente oligosakkaritler, disakkaritler) gibi karbonhidratlarla beslenen insanlarda ortaya çıkmakta ve gluten intoleransında olduğu gibi sindirim sorunları yaratmaktadır. FODMAPler ozmotik özelliklerinden dolayı aşırı su çekerek sindirilememe, iyi emilememe gibi sorunlara bağlı olarak barsak florasındaki bakteriler tarafından fermente edilirler ve gaz, karın ağrısı, kramp gibi sıkıntılara sebep olmaktadır [33]. Pek çok kişi çölyak tanısı konmadığı halde gluten hassasiyeti yaşaması nedeniyle glutensiz beslenme biçimini tercih etmeye başlamıştır.

**Çizelge 8.** Türkiye ve Dünyadaki çölyak hastalığı görülme sıklığı [21].

Ülke /Şehir	Çalışma grubu	Sayı	Hastalık Sıklığı	Yıl
Türkiye	Çocuk (6-17 yaş okul çocuklarında)	20190	1/212	2010
Türkiye (Ankara)	Çocuk (2-18 yaş sağlıklı veya hastaneye başvuran çocuk hastalarda)	1000	1/111	2008
Türkiye (Erzurum)	Çocuk (6-17 yaş okul çocuklarında)	1263	1/158	2005
Türkiye (Kayseri)	Erişkin (hastaneye başvuran)	906	1/100	2005
Türkiye (Ankara)	Kan vericiler	200	1,3/100	2004
Türkiye (Ankara)	Kan vericiler	5054	1/140	2003
Avrupa (Finlandiya, Almanya, İtalya, İngiltere)	Çocuk ve erişkin	29212	1/100	2010
Yunanistan	Erişkin	2230	1/558	2007
Tunus	Çocuk (6-12 yaş okul çocuklarında)	6286	1/157	2007
İran	Erişkin	2799	1/104	2006
Meksika	Kan vericiler	1009	1/37	2006
Tunus	Kan vericiler	2500	1/335	2006
USA	Erişkin (Afrika kökenliler)	700	1/77	2006
Portekiz	Çocuk	536	1/134	2006
Brezilya	Kan vericiler	3000	1/273	2006
Rusya	Kan vericiler	1740	1/42	2006
Finlandiya	Çocuk	3654	1/99	2003
İsviçre	Çocuk(11-18yaşokulçocuklarında)	2000	1/132	2002
İngiltere	Erişkin	7550	1/100	2003
İspanya	Çocuk (okul çocuklarında)	3378	1/281	2002
Avusturalya	Erişkin	3011	1/251	2001
Macaristan	Çocuk (3-6 yaş)	427	1/85	1999
Sahra(Batı Afrika)	Çocuk	989	1/20	1999
İrlanda	Erişkin	300	1/122	1997
İtalya	Çocuk	17201	1/210	1996

### **2.4.3 Diyabet**

Küresel diyabet oranı endişe verici şekilde artmaktadır ve büyük bir halk sağlığı problemi haline gelmiştir [9]. 2010 yılında dünya genelinde tahminen 285 milyon kişi diyabet hastasıydı ve bu sayının 2030 yılında 439 milyona çıkacağı tahmin edilmektedir [9]. Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde bu hastalığın sosyo-ekonomik ve sağlıkla ilgili etkileri çok daha belirgindir. Diyabetin başlangıcı ve ilerlemesi, diyetin büyük bir kısmını oluşturduğu yaşam tarzı faktörlerini değiştirerek önlenebilir [4].

Düşük besinli gıdalar, yavaş sindirim ve emilimine bağlı olarak, kan şekeri ve insülin düzeylerinde kademeli artışlar meydana getirir ve sağlık için yararları kanıtlanmıştır. Düşük glisemik indeks diyetlerinin, diyabetli kişilerde (tip 1 ve tip 2) hem glukoz hem de lipit seviyelerini geliştirdiği gözlenmiştir.

Teffin bazı özellikleri, diyabetin önlenmesini veya kontrol altına alınabileceğini düşündürmektedir. Kepekli tahılların Tip 2 diyabet gelişme riskini % 20 ila 30 azalttığı düşünülmektedir [9]. Teffin tam tahıl olarak tüketildiği göz önüne alındığında, teff tüketiminden benzer etkiler beklenebilir. Tam tahılların tip 2 diyabetin önlenmesinde yardımcı olduğu mekanizma açık bir şekilde açıklanmamakla birlikte, temel makro ve mikro besinlerin ve fitoesterlerin sinerjik etkileri ile olduğu düşünülmektedir [9].

Teff düşük glisemik indekse sahip olması nedeniyle diyabetik hastalar için daha uygundur [12]. Buna ek olarak, diğer yaygın tahıllara göre teff içindeki nispeten yüksek diyet lifi, açlık kan glikoz seviyelerini azaltabilir ve bu nedenle diyabetin önlenmesine ve yönetimine katkıda bulunabilir [9]. Bununla birlikte, teff tüketiminin anti-diyabetik özelliğini değerlendirmek için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

### **2.4.4 Obezite**

Obezite günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin en önemli sağlık sorunları arasında yer almaktadır. Obezite genel olarak bedenin yağ kütesinin yağsız kütleyle oranının aşırı artması sonucu boy uzunluğuna göre vücut ağırlığının arzu edilen düzeyin üstüne çıkmasıdır. Sağlıklı bir yaşam sürdürmek için, alınan enerji ile harcanan enerjinin dengede tutulması gerekmektedir.

Yetişkin erkeklerde vücut ağırlığının % 15-18'i, kadınlarda ise % 20-25'ini yağ dokusu oluşturmaktadır. Bu oranın erkeklerde % 25, kadınlarda ise % 30'un üstüne çıkması obezitenin ortaya çıkmasına neden olur.

Dünya çapında milyonlarca insan aşırı kilolu veya obezdir. Aşırı kilolu veya obez olmak, birçok hastalık (kalp hastalığı, yüksek tansiyon, tip 2 diyabet, safra taşları, solunum problemleri ve bazı kanser türleri) için riski artırır.

Bir kişinin vücut ağırlığını birçok faktör belirler. Bu faktörler; çevre, aile öyküsü ve genetiği, metabolizma (vücudunuzun gıda ve oksijeni enerjiye dönüştürme şekli), davranış veya alışkanlıklar ile diğer faktörleri içerir.

Teff daha önce belirtilen sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanısıra, insanlarda obezitenin önlenmesinde de etkili olabileceği düşünülebilir. Farelerle yapılan bir çalışmada, iki gruba ayrılarak buğday unu ve teff unu ile beslenen hayvanlarda beklenen sürenin sonunda teff unu ile beslenen farelerde % 12,5 daha az kilo alımı gözlenmiştir [28].

## **2.5 Teffin Gıdalarda Kullanımı**

Teff, Afrika ülkelerinin çoğunda ve özellikle Etiyopya’da geleneksel olarak üretimi yapılan “injera” (gözleme), “kitta” (mayasız ekme) ve “tella” (opak bira) gibi gıda ve içecek olarak tüketilmektedir [11].

Teff, özellikle glutensiz ürünler olmak üzere birçok gıda ürünüde kullanılmaktadır. Buğday bazlı gıdalara teff ilave edilmesi, bu ürünlerin besin özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Teff ilavesinden dolayı gıda ürünlerinin kalite özelliklerinde meydana gelen değişiklikler izlenmiştir. Gluten gibi protein eksikliği nedeniyle, teff ürün kalitesini olumsuz etkilemiş ve bu tür değişikliklerle karşılaşmamak için çeşitli teknikler/katkı maddeleri kullanılmıştır.

### **2.5.1 Gluten İçeren Ürünler**

Teff tahılı aynı zamanda gluten içeren ürünlerde de kullanılmıştır. Teff ile buğday unu karıştırılarak yapılan çalışmalarda, ekme, kek, kurabiye ve bisküvi örnekleri incelendiğinde, genel olarak teff unu ilavesi sonucunda ürünlerin besin değerleri artarken, tekstür ve duysal kalitesinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Ekmekte hacim, yükseklik/genişlik oranı ile duysal kaliteyi azalttığı ve sertlik değerini arttırdığı görülmüştür [11]. Teff ilavesi ile diyet lifi, bazı mineraller (demir gibi), antioksidanlar ve protein oranında belirgin artış sağlandığı bildirilmiştir. Buna karşılık teff ilavesinin ekmeğin in vitro koşullarda sindirilebilirliğinin azaldığı gösterilmiştir [11]

Genel olarak, teff unu kurabiye ve bisküvi üretimi için uygundur. Bunun yanı sıra xylanase, amilaz, lipaz, glukoz oksidaz gibi enzimler kullanılarak teff eklenmiş ekmeğin kalitesi artırılabilir [11].

### 2.5.2 Glutensiz Ürünler

Ülkemizde teff ürünlerinin üretimi ve tüketimi olmamasına karşılık, teffin dünya genelinde popülerlik kazanmasıyla ürün çeşitliliği giderek artmaktadır. Teff kullanılan çok sayıda glutensiz ürün geliştirilmiştir [11].



Şekil 7. Teffin kahvaltılık ürünlerde kullanımı

Glutensiz ürünlerin kalitesini arttırmak için ekşi mayanın kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Çeşitli laktik asit fermantasyonu sonucunda (*Pediococcus pentosaceus* MF35, *Lactobacillus buchei* MF58), injeranın fitik asit içeriğinin % 70 oranında azaldığı buna karşılık demir biyoyararlılığının etkilenmediği görülmüştür. Bunların farklı glisemik indekse sahip olmaları kimyasal kompozisyonlarının farklı olmasına bağlanmıştır. Bunun yanında yapılan duyu analizler teff ekmeğinin buğday ve yulafa göre daha düşük kabul edilebilirliğe sahip olduğunu gösterse de; glutensiz olmasından dolayı visko elastik yapıyı kazandırmak ve ekmeklik özelliklerini geliştirmek için katkı kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu olumsuzluğa rağmen, teff bisküvisi, buğday bisküvisi ile karşılaştırıldığında kabul edilebilirliğinin benzer olduğu bildirilmiştir. Gluten eksikliğinin bisküvi ve kurabiye gibi ürünlerde bir sorun yaratmadığı bilinmektedir [11].

#### 2.5.2.1 İnjera

Etiyopya ve Eritre'ye özgü, teffin ana bileşen olduğu, geleneksel ekşi mayalı ince bir ekmek çeşididir (Şekil 8) [8]. Fermantasyonun injera'nın fitik asit içeriği ve ürünün besinsel özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Mineral adsorpsiyonunu olumsuz yönde etkileyen fitik asidin % 28'i injerada, arpa ve buğdayın yanı sıra buğday ve kırmızı teff ile yapılmış injeralarda ise

tamamının fermentasyon sonucu hidrolize olduğu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada, çeşitli laktik asit bakterileri (LAB) suşları (*Pediococcus pentosaceus*MF35 ve *Lactobacillus buchneri*MF5, *Pediococcus pentosaceus*) kullanılarak üretilen injeralarda fitik asit içeriği önemli oranda azaltılmıştır. Buna göre ekşi maya (LAB) fermentasyonunun, geleneksel fermantasyona kıyasla injeradaki fitik asit içeriğinin azaltılmasında daha etkili olduğu bildirilmiştir [11].



**şekil 8.** İnjera

#### **2.5.2.2 Makarna**

Teff, yulaf ve buğday ile üretilen spagettiler karşılaştırıldığında, teffin buğdaya göre daha yüksek diyet lifi ve mineral içeriğine ve daha düşük glisemik indekse (pGI) sahip olduğu tespit edilmiştir (şekil 9). Teff ve yulaf spagettilerinde elastikiyet azalmakla birlikte tekstür, buğday spagettisi ile benzer bulunmuştur. Teff spagettisi için pişirme süresi 12 dakika; yulaf ve buğday spagettilerinde ise 10 dk bulunmuştur. Optimum koşullar altında, teff (% 4), yulaf (% 3) ve buğday (% 3) spagettilerine ait pişirme kaybı değerleri benzer olmuştur. Teff spagettisinin duyuusal kalitesi, buğday ve yulafa göre daha düşük bulunmuştur [11].



**Şekil 9.** Teff makarnası

### 2.5.2.3 Ekşi Hamur Ekmeği

Teff unu ile ekşi maya fermentasyonu kullanılarak hazırlanan hamurlarda, laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalardaki biyoçeşitlilik araştırılmıştır [11]. *Lactobacillus*, *Kazachstania*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Candida*; *L. pontis*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *C. glabrata* tespit edilmiştir. Ekmek yapımında ekzopolisakkarid dekstranlar üreten zorunlu heterofermente *Weissella cibaria* MG1, teff ekşi hamurunda kullanılmıştır. Teff proteinlerinin moleküler ağırlıkları, fermentasyon sırasında azalmış, yüksek proteolitik aktivite sonucu hamur reolojisinde değişiklik gözlenmiştir. Buğday ekşi hamuruna kıyasla, teff ekşi hamurunun daha güçlü bir tamponlama kapasitesinin olduğu belirlenmiştir. Günümüzde teff ile hazırlanan ekşi hamur ürünlerinin geliştirilmesi çalışmalarına devam edilmektedir [11].



**Şekil 10.** Teff ekmeği

Pirinç ve karabuğday ekşi hamurları, ekmek yapımında teff ile beraber kullanıldığında % 20 oranında teff kullanılan ekmek, daha az ekmek hacmine sahip olsa da, görsel olarak kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Karabuğday ekmeği iğerdiği bazı bileşenler sebebiyle acı (bitter) bir tatta olsa da, bu tür ekmekler bazı tüketiciler tarafından bazı geleneksel ürünlere benzemelerinden dolayı kabul edilmişlerdir (Şekil 10). Laktik asit bakterisi (*L. plantarum* FST 1.7) kullanılarak hetero-fermantasyon ile teff mayası üretilmiştir [11]. Bu ekşi hamurun teff ile karıştırılması sonucunda, hamurun mukavemeti azalmış ve ekmek gözenekleri küçülmüştür. Bununla birlikte, bu ekmeğin mikrobiyal raf ömrü sadece 1 güne inmiş ve duyuşal kalitesi buğday ekmeğine kıyasla daha düşük olmuştur. Bu nedenle, raf ömrünü arttırmak için bazı antimikrobiyallerin eklenebileceği ve teff hamur mayası ekmeğinin kalitesinin artırılması için daha fazla çalışmanın gerekli olduğu bildirilmiştir [11].

#### **2.5.2.4 Ekmek**

Teff tahılıyla ilgili en çok incelenen gıda ürünü teffli ekmek olmuştur (Şekil 11). Hem ekşi olmayan hem de mayasız ekmekler formüle edilmiştir. Teffli ekmek diğer ekmek çeşitleriyle karşılaştırmıştır. Ekmek kalitesini arttırmak amacıyla mikrobiyal transglutaminaz (TGase) kullanılmıştır [11]. Ayrıca hidroksipropilmetilselüloz (HPMC) ve/veya ksantan, teff dahil olmak üzere glutensiz unların ekmek yapım özelliklerini geliştirmek için kullanılmıştır. Ksantan ilavesi, her türlü ekmek hacmini doğrusal bir şekilde azaltmıştır. HPMC ilavesi, pirinç ekmeği oranını doğrusal bir şekilde azaltırken, teff ve mısır ekmeklerinin hacmini arttırmıştır. Karabuğday ekmeği hacmi ise HPMC ilavesinden etkilenmemiştir. HPMC ilavesiyle teff,

karabuğday, pirinç ve mısır ekmeklerinin sertliği azalırken, ksantan ilavesi, teff ve karabuğday ekmeğinin sertlik miktarını arttırmış, mısır ekmeğinin sertlik miktarını azaltmış ve pirinç ekmeği üzerine etkisi olmamıştır. Bu nedenle, hidrokolloid ilavesinin bu glutensiz ekmeklerin dokusu üzerindeki etkisi, hem hidrokolloid hem de unun türüne ve analiz edilen dokusal parametrelere bağlıdır. HPMC ve ksantan'ın özellikleri, ısının yanı sıra pH ve iyonik kuvvette ekmek matriksini etkilemektedir [11].



**Şekil 11.** Teff unlu ekmek

#### **2.5.2.5 Bisküvi, Ekstrüde Ürün ve Yağ İkame Edici**

Şeker içeren bisküviler, teff dâhil olmak üzere farklı glutensiz unlardan yapılmıştır ve buğday unu bisküvisi ile karşılaştırılmıştır [11]. Teff, mısır ve karabuğday bisküvisi, buğday bisküvisinden daha yüksek sertlik oranlarına sahiptir. Teff kurabiyesi en koyu renkli, en geniş şekilli ve en sert bulunmuştur. Duyusal analiz, teff bisküvisinin buğday unu bisküvisine genel olarak benzer bir kabul olduğunu göstermiştir. Gerçekten de teffin glütensiz oluşu, kurabiye ve bisküvi gibi bazı fırın ürünlerinde uygunluğunu göstermektedir (Şekil 12).



**Şekil 12.** Teff bisküvisi

Teff dahil bir dizi glutensiz un, ekstrüzyon işlemine tabi tutulmuştur. Ekstrüzyon, nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu nedeniyle teff proteinlerinin suda çözünürlüğünü büyük ölçüde arttırmıştır. Teff ekstrüdatları en yüksek hücre yoğunluğuna ve kopma kuvvetine, en düşük ortalama hücre boyutuna ve sorgum, kinoa ve darıya benzer bir kesitsel genişleme indeksine sahip bulunmuştur. Teff örneğinin kesit genişletme indeksi, buğdaya göre daha düşük çıkmıştır. Ayrıca beyaz teff nişastasası, stearik asitle muamele edilerek düşük kalorili mayonez tipi emülsiyonlarda yağ ikame edici olarak da kullanılmaktadır [11].

#### **2.5.2.6 Malt**

Teff tahılının 5 ayrı türü hasat edildikten 1-3 yıl arası depolamadan sonra glutensiz içecek olan malt üretiminde kullanılmıştır. Kurutma sıcaklığı ve süresinin teff maltında  $\alpha$ -ve  $\beta$ -amilazların aktivitesine ve dekstrinazın yanı sıra dimetil sülfid (MDS) seviyesine etkisi incelenmiştir. Teff maltının standart arpa malt ile karşılaştırıldığında; daha düşük  $\alpha$ -amilaz aktivitesi, daha düşük veya benzer  $\beta$ -amilaz aktivitesi, daha sarı renkte ve daha az toplam fermente olabilir şeker içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Teff maltı kabul edilebilir duyu özellikleri ile alkollü içecek üretimi için uygun bulunmuştur [14].

Etiyopya'da sadece hayvansal kaynaklı değil, bunun yanına bitkisel kaynaklı da birçok fermente içecek çeşitleri bulunmaktadır. Bunlardan yaygın olarak 'tella, tej, areki, borde ve shamita' adı verilen geleneksel fermente ürünlerdir. Üretimleri için kullanılan substratlar yerel olarak temin edilebilen hammaddelerdir. Temel üretim yöntemleri aynı olsa da tat olarak farklılık göstermektedirler. Bunlardan en çok tüketilenlerinden biri bir alkollü fermente içecek olan 'tella'dır. Bölgeden bölgeye değişmekle beraber teff bu opak biranın üretiminde kullanılır. Ana fermentasyon mayası *Saccharomyces cerevisiae* olmakla birlikte fermentasyon derecesi düşüktür ve alkol içeriği % 2-6 arasında değişiklik göstermektedir. 'Areki' de tella ile aynı

prosesle üretilen renksiz başka bir alkollü içecek çeşididir. Tella açık ara en çok tüketilen alkollü içecek olmasıyla beraber, bu ve benzeri içecekler ticarileştirilememiş, üretim süreci standartlaştırılmamıştır [29].

### 2.5.2.7 Laktik asitli içecek

Laktik asit tipi içecek üretmek için *L. amylolyticus* kullanılmış ve fermentasyon koşulları optimize edilmiştir [11]. Fermentasyon için 42 ve 48 °C arasındaki sıcaklıklar uygun bulunmuştur. Optimum koşullar 42 °C, başlangıç pH değeri 5,4; başlangıç hücre konsantrasyonu  $1,86 \times 10^5$  hücre / mL ve 52 saatlik fermentasyon süresi ile elde edilen içeceğin pH'si 3,5; laktik asit konsantrasyonu 9,5 g / L ve laktik asit-şeker oranı 0,26 olmuştur. İçeceğin genel duyu kalitesi iyi olarak kabul edilmiş ve bu nedenle, teff maltının glutensiz laktik asit bazlı içecek üretimi için iyi bir seçenek olduğu belirtilmiştir (Şekil 13). Geleneksel olarak, ekşi bira gibi bazı içecekler, önemli miktarda laktik asit içerirler ve bu nedenle, laktik asit açısından zengin teff bazlı içeceğin, piyasada gittikçe daha popüler bir hale gelebileceği bildirilmektedir [14].



Şekil 13. Teff içeceği

## 2.6 Teffin Güncel Kullanımı

### 2.6.1 Etiyopya'da Teff

Gelişmekte olan birçok ülkede olduğu gibi birden çok alanda kullanılabilen mahsüller, tek alanda kullanılabilen mahsüllere tercih edilmektedir. Özellikle de teffte olduğu gibi insan ve hayvan beslenmesinde aynı anda kullanılan ürünler tercih nedeni olmaktadır. Kurak mevsimler boyunca hayvanlar ürün kalıntılarıyla beslenmektedirler. Etiyopya'da yetişen diğer farklı tahılların içinde teff bitkisi kalıntısı protein içeriğinin fazla olmasından dolayı hayvan beslenmesi için çok önemli bir besin kaynağıdır. Etiyopya'da teff hem hayvan hem insan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır [30].

Etiyopya'da teff, ana tahıl ürünlerinden biridir. Ekim yapılan bitkiler açısından düşünüldüğünde, yıllık  $1,34 \times 10^6$  hektar alan ile en önemli tahıl türünü oluşturmaktadır. Mısır, arpa, darı ve buğday sırasıyla, 0,92; 0,89; 0,84;  $0,64 \times 10^6$  hektar alana ekilmektedir.

Bu tahıl öncelikle injera adı verilen pankek benzeri ekmek yapımında kullanılmaktadır. Bunun dışında çorba ve alkollü içecek yapımında da önemli bir yer tutmaktadır. Etiyopya'da teff kalıntıları hayvan beslenmesinin yanında duvarların yapımında yapı malzemelerinin içlerine koyarak da değerlendirilmektedirler [30].

Etiyopyalı çiftçilerin teffin ekimini tercih etmelerinde sadece besinsel faydaları önemli değildir, bunun yanında birçok neden sıralanabilir. Bunlardan ilki; teff bitkisi su stresi olan ve güvensiz, aşırı yağış alan alanlarda kolaylıkla yetiştirilebilmektedir. Bu alanlarda genellikle kurtarıcı bir üründür. Mısır, sorgum gibi ürünler, kuraklık nedeniyle yetiştirilmelerinde çiftçilere sıkıntı yaratırlarken, teff iz miktarda toprak neminde, yağmur almadan da büyüüp olgunlaşabilmektedir. İkinci olarak; sulanan vertisollerde teff, geçici anaerobik koşullara sorgum ve diğer tahıllardan daha iyi dayanma yeteneği gösterirler. Üçüncüsü; teff hasat sırasında çoklu yöntemlerin kullanımı için uygundur. Dördüncü nedeni; teff tahılının en az 5 yıl boyunca normal bir tahıl için oldukça fazla sürelerde, geleneksel koşullarda depolama yapılabilmesidir. Tohumlar bu geleneksel koşullarda 3 yıla kadar ekim yapmak için uygun olarak saklanabilir. Tohumları yabani otlar gibi çok küçük olmalarına rağmen, depo zararlıları tarafından saldırıya uğramazlar. Ayrıca küf hastalıkları görülmez. Depolama için koruyucu kimyasal gerektirmediği için, hasat sonrası harcamaları düşük olmaktadır. Bu depolama avantajları da teffin kılığa karşı ideal bir gıda maddesi haline getirmektedir [30].

Beşinci olarak; teffin diğer tahıllara kıyasla daha az zararlı ve hastalık sorunu vardır. Verimi daha yüksektir.

Son olarak başka bir tercih nedeni de; hasat sonrası teffte oluşan kayıpların minimum olmasıdır. Tahmini kayıp teffte % 3 iken; mısırdaki % 25; buğdayda % 26 olmaktadır. Ayrıca teff taneleri öğütmede % 99'luk bir geri dönüş sağlarken, buğdayda bu verim % 60-80 arasındadır [30].

### **2.6.2 Güney Afrika'da Teff**

Güney Afrika'da teff öncelikle yem bitkisi, saman olarak kullanılmaktadır. Teff yüksek oranda yaprağa sahiptir ve bu yaprakların sindirilebilirliği de yüksektir. Atlar, süt sığırları ve koyunların beslenmesinde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra teff, toprağı tutan bir örtü gibi olduğundan, erozyonun kontrolünü de sağlamaktadır [30].

### **2.6.3 ABD'de Teff**

ABD'de teff, temel olarak sağlıklı gıda ve bunun yanında hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Çorbalarda koyulaştırıcı olarak ve et ve güveç yemeklerinde; yulaf lapası, kek, bisküvi, krep ve pudinglerde teff kullanılmaktadır. Hafif ve melas benzeri tatlı bir tada sahip olduğu rapor edilmiştir [30].

Teffin gluten içeriğinin düşük olması nedeniyle gluten intoleransı olan bireyler tarafından sıklıkla tercih edilmektedirler. Teff ekmeğinde, mayasız ekmeğe gibi sınırlı bir kabarma gözlenir, bu tip ekmeğe tüketiciler tarafından tercih edilmektedir.

### **2.6.4 Diğer Ülkelerde Teff**

20. yüzyılın başlarında Kiew'deki 'Royal Botanic Gardens'; Hindistan, Avustralya, Kaliforniya gibi birçok yere tohumu dağıtmıştır. 1916'da Sykes; Zimbabve, Mozambik, Kenya, Uganda ve Tanzania gibi ülkelere teff getirmiştir. 1940'da Horuity Filistin'e teff tanıtmıştır [30]. Ayrıca Güney ve Kuzey Yemen'de teff tahılının yetiştirildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra Avrupa, ABD ve Japonya'da teffin süs bitkisi olarak da yetiştirildiği görülmektedir. Bununla beraber injera ekmeğinin; Washington, New York, Chicago, San Fransisco, Londra, Roma, Frankfurt ve Tel Aviv gibi dünyanın birçok yerinde restoranlarda özel yiyeceklerden biri olarak servis edildiği bilinmektedir [30].



**Şekil 14.** Teff ekmeği (injera)

### **2.6.5 Küresel Pazarda Teff ve Kullanım Potansiyeli**

Son zamanlarda “glutensiz ürünler” özellikle çölyak hastaları için vazgeçilmez bir terim haline gelmiştir. Glutensiz ürünler pazarı, dünya çapında, 2015-2020 yılları arasında her yıl %10 büyüyeceği tahmin edilen 3,7 milyar sterlinlik bir endüstridir. Bazı araştırmalar ise bu pazarın 4-12 milyar dolar arasında olduğunu göstermektedir.

Bu glutensiz ürün pazarı tüketicileri çeşitli yeni ürünlerle tanıştırmıştır. Önceki yıllarda protein, lif, esansiyel amino asitler ve zengin mineralleriyle kinoa; batılı tüketiciler tarafından hızlı bir şekilde alternatif bir beslenme kaynağı haline gelmiştir.

Tohumun popüleritesi, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2013 yılını 'Uluslararası Kinoa Yılı' ilan etmesiyle artmıştır. Güçlü bir besin değeri ve alternatif bir gıda olarak tanınmasını ardından, kinoanın metalaşması, onun fiyatını piyasada benzeri görülmemiş seviyelere kadar arttırmıştır. Yerli halkın temel besin kaynağı iken, hem batının talepleri hem de fiyat artışı sebebiyle, yerli halkın da alım gücünü zorlamaya başlamıştır. Bu yüzden tüm dünya kinoanın yerini alabilecek bir süper tahıl arayışına girmiştir.

Teff konusundaki yaygın görüş, bir sonraki süper tahılın 'teff' olacağı yönündedir. Bu bağlamda 2004 yılında Huffington Post'un 'Yeni Süper Gıda mı?' isimli makalesi, teffin neredeyse her türlü iklim koşullarında yetişebilen, dayanıklı bir ürün olduğunu açıklamış; ekmeğe, kurabiye, krep gibi çeşitli alternatif kullanımlarını da ele almıştır. Makale aynı zamanda kahverengi pirince göre % 50 daha fazla proteini, 5 kat daha fazla lif ve 25 kat fazla Ca içerdiğini belirtmektedir. Sayısız faydaları sebebiyle Dünya, Etiyopya ülkesinin kalp hastalığı, obezite, şeker hastalığı riskini azaltan 'teff sırrı' konusunda hemfikirdir.

Teffin beslenme içeriği açısından zengin olması, günümüzde fırın, içecek, un, kahvaltılık gevrek, atıştırmalık ve diğer pek çok gıdada kullanılması nedeniyle dünya piyasasında teff talebi artmaktadır. Küresel pazarda teff talebinin artmasının bir başka nedeni de, buğday bazlı ürünlere ve özellikle glutensiz ve yüksek diyet lifi ürünlerine ihtiyaç duyan tüketiciler için yeni bir alternatif olmasıdır. Teff ürünlerine olan talep özellikle, Kuzey Amerika ve Batı Avrupa ülkeleri arasında daha çok artış göstermektedir.

Teff, Etiyopya' da 50 milyon kişinin temel gıda kaynağıdır. Etiyopya, teffin ana üreticisi olmasına rağmen, teff ihraç eden ilk on ülke arasında bile değildir. Ana ihracatçı ülkeler İspanya, ABD, Hindistan, Uganda, Kamerun ve Güney Afrika'dır.

Küresel piyasalara bakıldığında teff fiyatlarının sürekli arttığı görülmektedir. Etiyopya'da son 7 yılda teff fiyatının 1,00 birr'den (1 Br = 0.04 \$) aşağıya düşmediği, birinci sınıf teffin 1,40 birr ile 1,90 birr arasında değiştiği görülmektedir 20 yıl önce ise bu fiyatın 0,13 birr olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla bu durum, dış talep olmaksızın bile teff fiyatının sürekli olarak arttığını göstermektedir. Bu duruma göre, teff ürünlerine olan talebi yönlendiren başlıca faktörlerden bazıları gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerdeki yüksek gelir düzeyindeki grup ve kentsel nüfus sayısının artmasıdır. Tüketicilerin gelir düzeyindeki artış ve sağlıklı ürünlere daha fazla ilgi göstermesinden dolayı; tüketicilerin daha yüksek beslenme yönleri, organik, sertifikalı, zengin sağlık yararı özelliklerine sahip gıda ürünleri için ödeme yapma istekliliğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Son birkaç yılda organik ürünlere, diyet ve sağlıklı yiyeceklere olan talep büyük ölçüde artmıştır. Bu organik gıda trendinin, teff ürünlerinin talebini artırması da olasıdır. Diğer taraftan, gelişmekte olan ülkelerde kahvaltılık tahıllar, unlu mamüller ve atıştırmalık için artan talebin de yakın gelecekte teff ürünlerine olan talebi desteklemesi beklenmektedir. Teff, düşük kalorili gıdalar, vejeteryan yiyecekleri, sağlıklı atıştırmalıklara kolayca eklenebildiği için küresel pazarda glutensiz ve vegan dostu bir üründür.

Avrupa'da nüfusun % 1'inin çölyak hastalığı tanısı alması, glutensiz teffe olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır. Avrupa dışında İtalya ve İngiltere glutensiz gıda için lider pazarlardır. Almanya, İskandinav ülkeleri ve Polonya (şu anda gelişmekte olan bir glutensiz pazar) da tüketiciler teff gibi glutensiz ürünlere yönelmektedirler.

Küresel pazarın teffe olan bu ilgisi teff fiyatlarında ani yükselişlere sebep olmuştur. Her on kişiden birinin gıda yardımına ihtiyaç duyduğu Etiyopya'da fiyatların yükselmesiyle halkın zarar görmesini önlemek amacıyla 2006 yılında hükümet Teff ihracatını yasaklamıştır. Ancak son yıllarda farklı tekniklerle, çiftçilerin teff verimini % 50 arttırdıklarını ve yerli halk için

sorun yaratmayacağını bildirmeleri üzerine bu yasak kısmen kaldırılmıştır. Ambargo kaldırılrsa da, çiftçilerin hala tam tahılı ihraç etmesi mümkün değildir. Çiftçilerin bunları işlemesi ve paketlemesi gerekmektedir. Dolayısıyla işlenmiş bir ürün olmasından dolayı bu yasağa injera dâhil değildir. Avustralya, Norveç, İsveç, İngiltere, Kanada, Nijerya ve Kuveyt gibi ülkelere haftalık olarak; Washington ve New York'a da günde 30.000'den fazla injera ihraç edilmektedir. İnjera artık yalnızca Etiyopya'ya ait bir ürün olarak görülmediğinden talebi her ay % 10-15 oranında artmaya devam etmekte ve arz talebin altında kalmaktadır. Etiyopya'da teff üretimi 2015 yılında 4,2 milyon tona ulaşmıştır (Etiyopya Tarım Dönüşüm Ajansı, 2016). Ulusal pazarda ise teff; 150 dolar/ton fiyatından satılmaktadır.

### **2.6.6 Türkiye'de Teff**

Türkiye'de teff tahılının ticari anlamda üretimi henüz yoktur. Türkiye'de son yıllarda teff tahılı ve teff tam unu ithalatına başlamıştır. Eskişehir' de yem ve baklagil satışı yapılan Karacaşehir Ticaret sahibi İlhami Dayar tarafından, 2017 yılında 3 dönümlük bir arazide teffin deneme üretimlerine başlanmıştır. Bu alanda araştırmaların artırılması, tarım ülkesi olan Türkiye'nin hem ekonomik hem ticari yönden gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Bir çölyak hastasının ömrü boyunca glutensiz gıda tüketmek zorunda olduğu ve bu ürünlerin çoğunun yurtdışından geldiği düşünüldüğünde; yurt dışından gelen glutensiz ürünlerin fiyatlarının vergiler dolayısıyla çok yüksek olması, bunun yanı sıra ülkenin özellikle kırsal bölgelerinde pazarlamanın gelişmemiş olması da hastaların glutensiz ürünlere erişimini zorlaştırmaktadır. Normal bir insan için kraker 0,50 ₺ iken, çölyaklı bir hasta için ithal ürün 10 ₺ dir. Aynı şekilde 250 g makarna 8 ₺ olup, 1 kg un ise 10 ila 20 ₺ arasında değişmektedir.

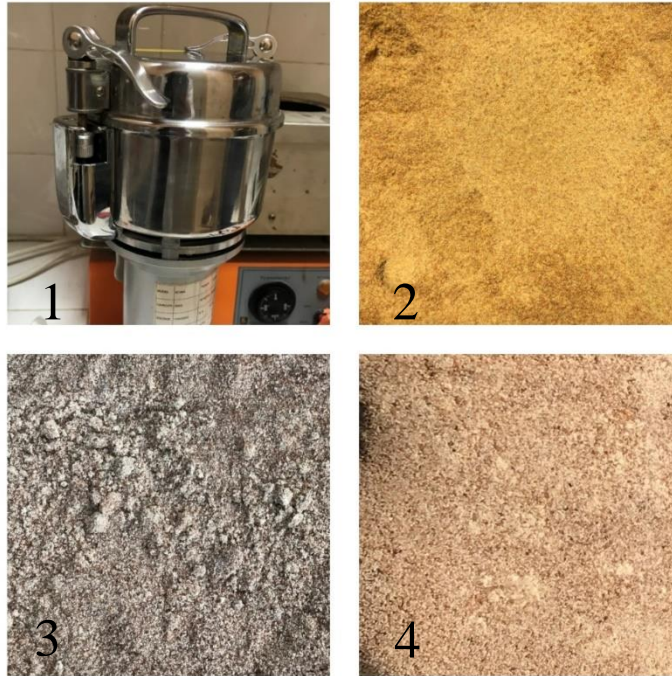
İthal ürünlere olan bağımlılığın azaltılması ve ürün çeşitliliğinin artırılması konusunda yeni ve yerli glutensiz ürünlere duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Glutensiz teff tahılının başta Afrika olmak üzere Amerika ve diğer Avrupa ülkelerinde değerinin hızla yükselmesi neticesinde, ülkemizde de üretiminin başlaması ve yaygınlaşması gerekmektedir. Bu nedenle bu tez kapsamında yerel çeşitlerin kimyasal kompozisyonu ve besinsel özelliklerine vurgu yapılarak, tahılın ülkemizdeki geleceği açısından önemine değinilecektir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan teff tohumları 2018-2019 hasat döneminde Eskişehir’ de yetiştirilen beyaz ve kırmızı teff örnekleri; yerli üretici İlhami Dayar’dan temin edilmiştir. Türkiye koşullarında yetişmiş olan örnekleri karşılaştırmak amacıyla bir kırmızı teff çeşiti ise İran’ın Urmiye kentinde bir üreticiden alınmıştır.

Bisküvi ve kek üretiminde kontrol olarak kullanılan bisküvilik un ve diğer ingrediyenler ‘Nefis Yörem Unlu Mamüller Gıda Taşımacılık İmalat San. Ve Tic. Ltd. Şti.’ (Ankara) firmasından, ekmek üretiminde kullanılan sert beyaz (HWW) bir çeşit olan Tosunbey ekmeklik buğday çeşidi ise Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü’nden temin edilmiştir. Buğday örnekleri Buhler laboratuvar tipi (MLU 202, Uzwil, Switzerland) kullanılarak % 69,3 verimle una öğütülmüştür (Approved Method 26-21, AACC International 2000). Teff örnekleri +4 °C’de buzdolabında muhafaza edilmiş, genel olarak analizlerden hemen önce öğütülerek kullanılmıştır. Teff örnekleri, çok fonksiyonlu yüksek hızlı parçalayıcıda (First Microcomputer Timer Switch, Çin), aynı miktarda teff, aynı sürede ve aynı öğütme hızlarında öğütülerek tam teff örnekleri elde edilmiştir. Aşağıda Şekil 15’ de deneylerde kullanılan öğütücü ve öğütülmüş örnekler gösterilmiştir.



**Şekil 15.** Deneysel çalışmada kullanılan öğütücü (1) ve öğütülmüş teff örnekleri (2-İran teff, 3-Yerli beyaz teff, 4-Yerli kırmızı teff)

## 3.2. Metot

### 3.2.1. Nem Miktarı Tayini

Kalitenin belirlenmesinde önemli bir kriter olan nem miktarı AACCI Metod 44-15'e göre etüvde kurutularak belirlenmiştir.

Etüvde (130 °C) kurutularak sabit tartıma getirilen örnek kabına yaklaşık 5 gram örnek tartılmıştır. Ardından kapakları açık olacak şekilde kaplar etüvde (130 °C ) 1 saat 30 dakika boyunca kurutulmuştur. Desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanan örnekler, tartılarak sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\%Nem = \frac{m2 - m3}{m2 - m1} \times 100$$

m1: Kurutulmuş boş kurutma kabı ve kapağının ağırlığı (g)

m2: Kurutma işleminden önce Analiz örneği + kurutma kabı ve kapağının ağırlığı (g)

m3: Kurutma işleminden sonra Analiz örneği + kurutma kabı ve kapağının ağırlığı (g)

### 3.2.2 Bisküvi Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Bisküvi üretimi tel keski bisküvi formülasyonu (Wire Cut Cookie Formulation) kullanılarak AACCI Metot No: 10.54 kullanılarak gerçekleştirilmiştir (AACC, 1990). Kullanılan bisküvi formülasyonu Çizelge 9' da verilmiştir.

#### Çizelge 9. Bisküvi Formülasyonu

Bileşenler	Ağırlık (g)
Sakaroz (ince granül halinde)	12,8
Granüle kahverengi şeker	4,0
Yağsız süttozu	0,4
Tuz	0,5
Sodyum bikarbonat	0,4
Yağ	16,0
Yüksek Fruktoz İçeren Mısır Şurubu (HFCS)	0,6
Amonyum bikarbonat	0,2
Deiyonize su, g=(40-g un)+8.8	değişken
Un (%13 rutubet esasına göre)	40,0

\*Bileşenler 25±1°C

Bisküvi üretiminde kullanılacak unlar genelde yumuşak buğdaylardan elde edilen ince unlardır. Bu unlarda protein oranı düşük, nişasta oranı yüksektir. İnce granüllü un daha çok su absorblamasının yanında bisküvinin ağızda dağılmasını sağlar. Düşük proteinli unlarda bisküvinin çatlak oluşumu ve yayılma oranı fazladır. Bununla beraber kepekli unlarda, buğday enzimlerinin çoğu kepekte yer aldığından birtakım enzimatik faaliyetler unun özelliğini bozacağından bisküvi kalitesini olumsuz etkiler [31,32].

Su, hamurda diğer bileşenlerin karışmasını sağlayarak hamura arzu edilen visko-elastik yapıyı kazandırır. Yağ zerrecikleri yoğurma esnasında içlerine hava kabarcıklarını ve karbondioksidi hapsederek hamura yayılır ve bisküvi içyapısının gevşekliğini sağlar. Son üründe ise gevreklik, yağın miktar ve yayılmasına bağlıdır [31,32].

Bisküvi üretiminde glikoz şurubu kullanılmasının en önemli sebepleri; renk vermesi, soğuma esnasında nem hareketlerini hızlandırması ve kılcal çatlamalara engel olmasıdır. Kristal şeker genelde dekor için kullanılsa da hamurda kolay erimesi açısından formülasyonda en yüksek miktar pudra şekerine aittir. Bisküvide kullanılan şeker, hem tat hem de renk üzerinde etkilidir.

Kahverengi şeker; bisküvide çap, aroma, renk, sertlik ve pişmiş üründe yüzey durumunu etkilemekle beraber sıcaklığa bağlı olarak Maillard reaksiyonları sırasında arzu edilen kahverenginin elde edilebilmesini sağlar [31,32].

Kimyasal kabartıcı olarak amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat asit dengesini sağlamak için kullanılır. Sodyum bikarbonatın tek başına kullanılması genellikle bisküvileri sertleştirir, renklerini sarartır, acı bir tat verdiği için amonyum bikarbonatla beraber kullanılır. Amonyum bikarbonat, fırın ısıyla amonyak ve CO<sub>2</sub> gazı çıkararak kabarmayı sağlar.

Süt ürünlerinden olan süt tozu kullanımı ürüne hoş bir aroma, güzel bir renk verir. Üründe yapı oluşumunu destekleyerek aynı zamanda yumuşak kalmasını sağlar. Hamura %1 oranında eklenen tuz ise lezzette rol oynayan bir başka bileşendir [31,32].

Formülasyonda belirtilen bileşenlerden, sakaroz, kahverengi şeker, sodyum bikarbonat, yağsız süt tozu ve tuz uygun bir kapta karıştırılmıştır. Kuru karışıma shortening eklenmiş, mikser (Kitchen Aid, St. Joseph, Michigan, ABD) 4 hızında çalıştırılarak; 3 dakika boyunca her dakikada bir kez mikser durdurulup sıyırma yapılarak krema elde edilmiştir. Su, HFCS (High Fructose Corn Syrup) ve amonyum bikarbonat ayrı bir kapta karıştırılıp, bu sıvı karışım kremaya eklenmiştir. Mikserde 4 hızında her 15 saniyede bir sıyırma işlemi yapılarak toplam 1 dakika karıştırılmıştır. Un ilave edildikten sonra 2 hızında her 10 saniyede bir sıyırma işlemi yapılarak toplam 30 saniye karıştırılmış ve bisküvi hamurları hazırlanmıştır. Dört eşit parçaya

bölünen bu hamur, dikdörtgen (oblong) şekil verilerek tepsiye yerleştirilmiş ve üzerinden oklava ile bir kez ileri, bir kez geri geçilip ardından çapı 6 cm olan kalıpla dairesel şekil verilmiştir. Şekil verilen bisküvi hamurları;  $205 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılan fırında (Şimşek Labortechnik, Ankara) 11 dakika pişirilmiştir. Bisküviler pişirildikten 5 dakika sonra tepside alınır, 30 dakika sonra çap ve kalınlık ölçümü yapılmıştır. Kontrol olarak bisküvilik un kullanılmıştır. Bisküvilik un ve teff karıştırılma oranları Çizelge 10'da verilmiştir.

**Çizelge 10.** Bisküvilik un ve teff karıştırılma oranları

Örnekler	Bisküvilik Un %	Teff %
1	100	0
2	90	10
3	75	25
4	50	50
5	0	100

### 3.2.3. Bisküvi Örneklerinde Yapılan Analizler

#### 3.2.3.1 Fiziksel Özellikler

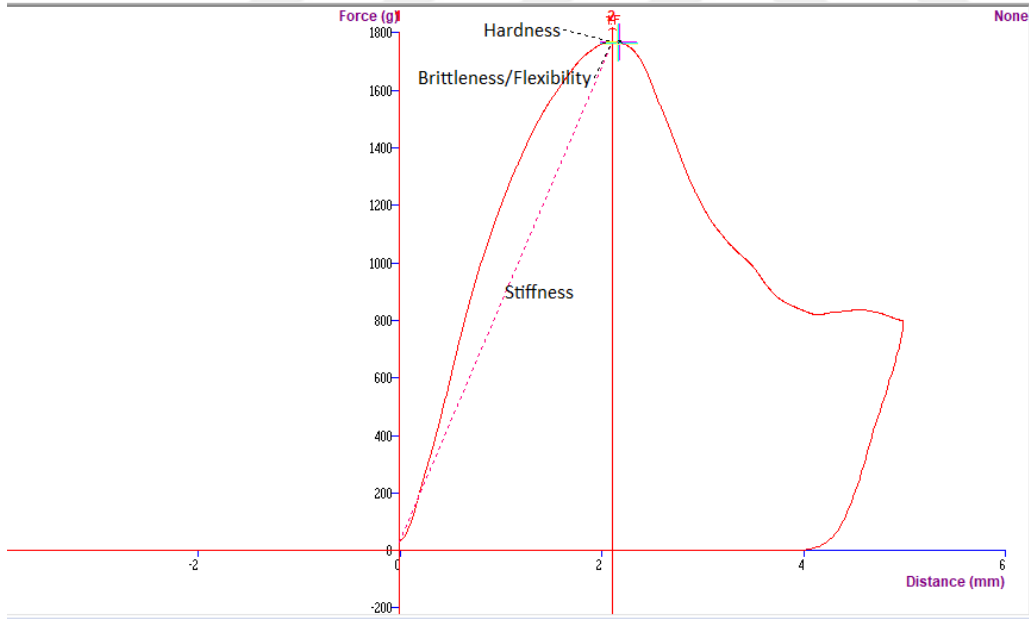
Üretilen bisküvilerde fiziksel özellikler (çap, kalınlık) AACCI Metot No: 10.54'e göre standart ekipman (kumpas) kullanılarak belirlenmiştir (AACCI 2000). Bisküvilerin yayılma oranı, her bisküvi için çapın kalınlığa oranı hesaplanarak tespit edilmiştir. Her bir bisküvi örneğinde 2 kez çap ve kalınlık ölçümleri yapılmış ve ortalama değerler verilmiştir.

#### 3.2.3.2 Tekstür Analizi

Üretilen bisküvilerin sertliği Texture Analyzer (TA-XTplus, İngiltere) cihazı ve üç noktada kırma başlığı (HDP/3PB 3-Point bending rig) kullanılarak belirlenmiştir. Bisküviler fırından çıkarıldıktan 24 saat sonra bisküviyi kırmak için gerekli olan maksimum kuvvet (N) ölçülüp sertlik değeri olarak belirlenmiştir (Şekil 16). Cihazda 1 mm/s pre test hızında, 3 mm/s test hızında ve 5 mm aralıkta ölçüm yapılmıştır (Trigger:25 gr). Her bir bisküvi örneği için değerler ve analiz grafikleri elde edilmiştir (Şekil 17).



Şekil 16. Bisküvi örneklerinin tekstür özelliklerinin belirlenmesi



Şekil 17. Texture analiz cihazı kullanılarak elde edilen bisküvilere ait sertlik, gevreklik grafiği

### 3.2.3.3 Renk Analizleri

Bisküvilerin renkleri Minolta Spectrophotometer (CM-3600d, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )'nden oluşan üçlü skalada yapılan değerlendirmede  $L^*=100$  beyaz ve  $L^*=0$  siyah; yüksek pozitif  $a^*$  kırmızı, yüksek negatif  $a^*$  yeşil; yüksek pozitif  $b^*$  sarı ve yüksek negatif  $b^*$  mavi olarak değerlendirilmiştir. Her pişirime ait 2 bisküvide 4'er kez renk değerleri alınmıştır.

### 3.2.4 Ekmek Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

#### 3.2.4.1 Hamurda Farinogram Özellikleri Tayini

Hamurun reolojik özellikleri hamurun işlenmesi ve elde edilen son ürün kalitesini etkilemesi bakımından önemlidir. Unun belirli kıvamda (500 BU) hamur meydana getirmesi için gerekli su miktarının (su kaldırması) tespitinde ve yoğurma sırasında hamurun yoğurucu paletlere gösterdiği direncin belirlenmesinde farinograf cihazı kullanılmıştır (AACC Metot No. 54-21, 1990).

Farinograf cihazının, termostatı 30 °C'ye ayarlanarak, boş çalışırken sıfır ayarı yapılmıştır. Cihazın yoğurucusuna 50 gram örnek alınarak 1 dak karıştırılmıştır. Daha sonra bütetten 500 BU çizgisini ortalayınca kadar su verilmiştir. Hamur oluşumu ile birlikte kabın kenarına yapışan hamurlar plastik spatula ile dikkatlice aşağıya indirilmiştir. Kabın üstü kapatılarak kurvenin tepe noktasının 500 BU çizgisini ortaladıktan sonra 12 dakika daha yoğurma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen farinogramlarda aşağıdaki parametreler elde edilmiştir.

Su Absorpsiyonu: Kurve 500 konsistens çizgisini ortaladığı noktada bütetten verilen su miktarı hamurun su absorpsiyonunu gösterir.

Gelişme (yoğurma) Süresi: Kurve başlangıcından kurvenin 500 konsistens çizgisini ortaladığı ve maksimum yüksekliği aldığı noktaya kadar geçen süredir, dakika olarak ifade edilir.

Hamur Stabilitesi: Yoğurma sırasında hamurun paletlere karşı gösterdiği direnç, bir süre değişmeden kalır. Kurvenin 500 konsistens çizgisine ulaştığı nokta ile 500 çizgisinden ayrıldığı nokta arasındaki süredir. Dakika olarak ifade edilir.

Yumuşama Derecesi: Kurvenin tepe noktasından itibaren 12 dakika sonra kurve ortasının 500 konsistens çizgisine olan uzaklığıdır. Brabender Ünitesi (BU) olarak ifade edilir.

Yoğurma Tolerans Sayısı: Kurvenin tepe noktasının 5 dakika sonunda düştüğü mesafedir. Brabender Ünitesi (BU) olarak ifade edilir. Ekmeklik kalitesi yüksek olan unlarda yoğurma toleransı düşüktür.

### 3.2.4.2 Ekmek Üretimi

Ekmek yapma denemeleri, AACCI Metot No. 10-10B'ye göre gerçekleştirilmiştir (AACC 1990). % 8'lik maya çözeltisi (40 gram maya 460 ml su), % 6'lık tuz çözeltisi (30 gramı 470 ml su) ve 5 ml askorbik asit (100 mg/100 ml) çözeltisi kullanılmıştır. %14 nem esasına göre 100 gram örnek, yoğurucuya alınmış (Kitchen Aid, St. Joseph, Michigan, ABD), üzerine 25 ml tuz çözeltisi ve 25 ml maya süspansiyonu ilave edilmiştir. Son olarak unun hacmini arttırmak, gözenek ve içyapısını kuvvetlendirmek için askorbik asit çözeltisi eklenmiştir. Farinografta belirlenen yoğurma süresince ingrediyenler karıştırılarak hamur elde edilmiştir. Elde edilen hamur, yağlanmış olan kaplara alınarak fermantasyon kabine (30 °C ve %75 nisbi rutubet) konulmuştur. 30 dakika sonra 1. havalandırma yapılmış, kenarlarından 5 kez üst üste katlanarak beze haline getirilen hamurlar tekrar kaplarda fermantasyona bırakılmıştır. 30 dakika fermantasyondan sonra 2. havalandırma işlemi yapılmış, bu kez hamur şekil vermek üzere şekil vericide (Şimşek Labortechnik, Türkiye) işlenmiş ve tavalanarak son fermantasyona bırakılmıştır. 55 dakikalık son kabarmadan sonra 230 °C'ye ısıtılmış fırında (Şimşek Labortechnik, Türkiye) 25 dakika pişirilmiştir. Ekmekler fırından çıkarılarak oda sıcaklığına soğutulduktan sonra analiz edilmiştir.

Kontrol olarak Tosunbey çeşidi undan üretilen ekmek kullanılmıştır. Ekmeklik un ve teff unu karıştırma oranları Çizelge 11' de gösterilmiştir.

**Çizelge 11.** Ekmeklik un ve teff karıştırılma oranları

Örnek numarası	Ekmeklik Un %	Teff %
1	100	0
2	90	10
3	75	25
4	50	50

**Çizelge 12.** Ekmek yapılacak un örneklerinin yüzde karışımları, tartılacak un miktarları ve eklenecek toplam su miktarı

<b>Un Örnekleri</b>	<b>Su absorpsiyonu(%)</b>	<b>Tartılacak ekmeklik un (g) *</b>	<b>Tartılacak teff (g) *</b>	<b>Toplam su (ml)</b>
Un (Tosunbey)	59,5	100	0	59,5
%10 İran teff	57	88,80	9,35	59,25
%25 İran teff	56	74,00	23,37	58,625
%50 İran teff	55,4	49,33	46,74	57,45
%10 beyaz teff	59	87,95	9,77	59,45
%25 beyaz teff	58	73,30	24,43	59,125
%50 beyaz teff	57	48,86	48,86	58,25
%10 kırmızı teff	59	88,80	9,64	59,45
%25 kırmızı teff	58	74,00	24,10	59,125
%50 kırmızı teff	57	49,33	48,21	58,25

\* Nem esasına göre düzeltme yapılmıştır.

### 3.2.5 Ekmek Örneklerinde Yapılan Analizler

#### 3.2.5.1 Ekmek Hacminin Belirlenmesi

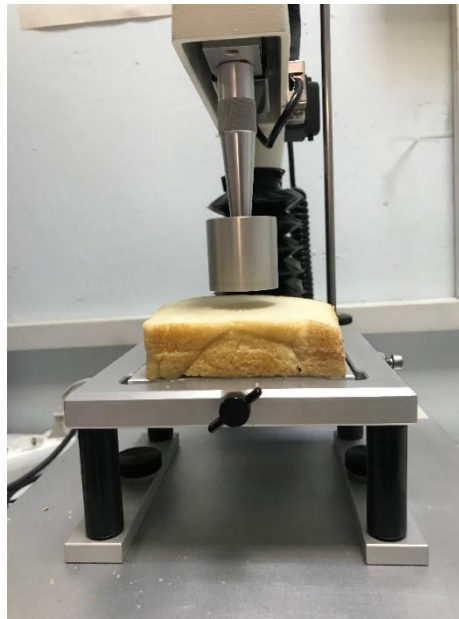
Ekmek hacmi, kolza tohumu ile yer değiştirme prensibine göre ölçüm yapan düzenek (şimşek Laborteknik, Türkiye) (şekil 18) kullanılarak ölçülmüştür ( $\text{cm}^3$ ).



şekil 18. Kolza tohumu ile ekmek hacminin belirlenmesi

#### 3.2.5.2 Ekmekte Tekstür Analizi

Ekmeklerin tekstür özellikleri (sertlik, yapışkanlık, esneklik) Tekstür Analiz Cihazı (TAPlus Texture Analyzer, Lloyd Instruments, İngiltere) belirlenmiştir. Her biri 12,5 mm kalınlığında 2 dilimin % 25 oranında sıkıştırılabilmesi için gerekli kuvvet (N) değerleri ölçülmüştür (şekil 19). Örnek tekstür profili şekil 19' de verilmiştir.



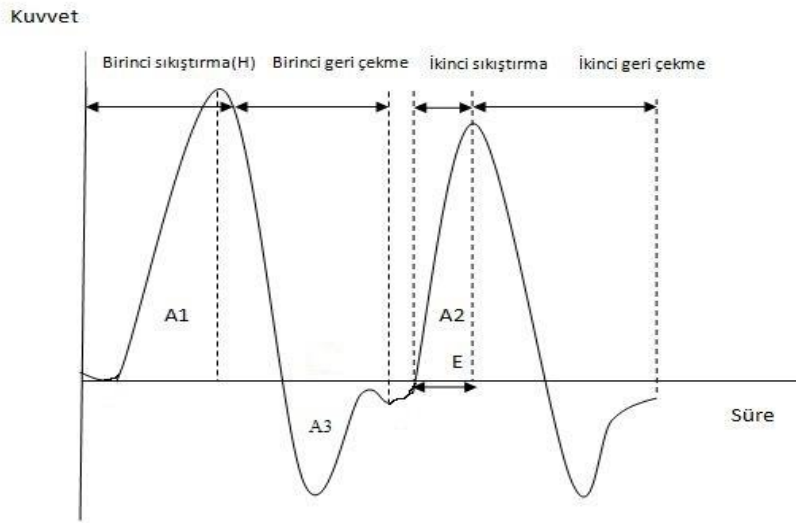
şekil 19. Ekmeklerin tekstür özelliklerinin belirlenmesi

Sertlik (Hardness): Gıda maddesinin yapısında belli bir deformasyonu sağlamak için uygulanması gereken kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Duyusal olarak, azı dişleri arasında gıdanın sıkıştırılması için gereken güçtür. Tekstür profil analizinde ise sıkıştırmanın bitip geri çekilmenin başladığı noktaya karşılık gelmektedir (H).

Yapışkanlık (Cohesiveness): Gıda maddesinin yapısını oluşturan iç bağların gücünü göstermektedir. Tekstür profil analizinde ikinci sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvetin (A2) ilk sıkıştırmada gözlenen pozitif kuvvete (A1) oranıdır.

Esneklik (Springiness): Gıda maddesinin üzerindeki deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendini toparlayarak deformasyondan önceki haline dönme hızı olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmanın bitimi ve bunu takiben ikinci sıkıştırmanın başlangıcı arasında geçen zaman aralığına karşılık gelmektedir (S).

Çiğnenebilirlik (Chewiness): Katı özellikteki bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli olan enerji değeridir. Bu değer, sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerlerinin çarpımı olarak ifade edilmektedir.



**Şekil 20.** Tekstür profil analiz grafiği

### 3.2.5.3 Ekmekte Renk Analizi

Ekmeklerde renk analizi Madde 3.2.3.3' e göre gerçekleştirilmiştir. Her pişirilen ekmekte kabuğun farklı yerlerinden ve iç kısmından 2'şer kez renk okuması yapılmıştır.

### 3.2.6 Kek Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Kek üretimi AACCI Metot No: 10.90 (High Ratio White Layer Cake) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (AACC, 1990). Kullanılan kek formülasyonu Çizelge 13'de verilmiştir.

**Çizelge 13.** Kek formülasyonu

Bileşenler	Ağırlık (g)
Sakaroz (ince granül halinde)	100,0
Yağsız Süt Tozu	12,0
Yumurta Akı Tozu	9,0
Tuz	3,0
Kabartma tozu	5,0
Yağ	40,0
Distile su	100,0
Un*	100,0

\*Bileşenler 25±1°C

\*/%14 nem esasına göre

Formülasyonda belirtilen bileşenlerden sakaroz, yağsız süt tozu, yumurta akı tozu, 30 °C'de bekletilmiş shortening ve 40 ml su mikser yardımıyla 2 hızında 1 dakika karıştırılmış ve mikser durdurularak kap sıyrılmıştır (Kitchen Aid, St. Joseph, Michigan, ABD). Sonrasında 4 hızında 4 dakika karıştırıldıktan sonra kabartma tozu, tuz ve 60 ml su eklenerek mikserde 2 hızında 1 dakika karıştırılmış ve kap sıyrılmıştır. Karışım 4 hızında 2 dakika karıştırılmış ve son kez sıyırma işlemi gerçekleştirilmiş, ardından 2 hızında 30 saniye ve 4 hızında 2 dakika karıştırılarak kek hamuru elde edilmiştir. Elde edilen kek hamuru 10 cm çaplı 3 adet kek kalıbına eşit (110 gr) miktarlarda dökülerek, 180 °C fırında (Şimşek Laborteknik, Ankara); 35 dakika pişirilmiştir. Kekler 30 dk sonra kalıplardan alınıp, 3 saat sonra ölçüm yapılmıştır.

Kontrol olarak bisküvilik ticari un kullanılmıştır. Teff ve bisküvilik un karışım oranları Çizelge 14'de gösterilmiştir.

**Çizelge 14.** Kek üretiminde kullanılan bisküvilik un ve teff karıştırılma oranları

Örnekler	Bisküvilik Un %	Teff %
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	0	100

### 3.2.7 Kek Örneklerinde Yapılan Analizler

#### 3.2.7.1 Renk Analizleri

Kek örneklerine ait renk ( $L, a, b$ ) değerleri Madde 3.2.3.3.' e göre tespit edilmiştir. Her pişirime ait 3 kek için 4 kez renk okuması yapılmıştır.

#### 3.2.7.2 Hacim Değerleri

Keklerin hacmi, Madde 3.2.5.1.' e göre tespit edilmiştir. Her bir üretimdeki 3 kek örneğinin her biri için 3 hacim ölçümü alınmış ve bu değerlerin ortalaması hesaplanmıştır.

#### 3.2.7.3 Ağırlık Kaybı Değerleri

Üretilen kekler oda sıcaklığında yaklaşık 30 dk soğutulduktan sonra tartılmış ve oluşan ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Kekte ağırlık kaybı aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir.

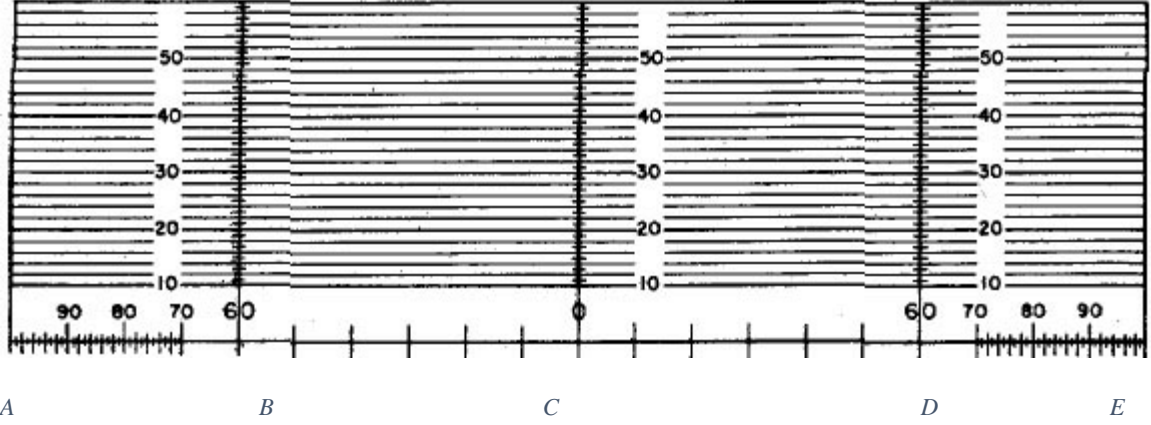
$$\text{Ağırlık kaybı} = \frac{W_i - W_s}{W_i} \times 100$$

$W_i$ ; kek hamuru ağırlığı,

$W_s$ ; kekin ağırlığı

#### 3.2.7.4 Hacim, Simetri ve Tekdüzelik İndeksi Değerleri

Kek örneklerine ait hacim, simetri ve homojenlik indeks değerleri AACCI Metod No: 10.91 (AACC,1990)' de verilen milimetrik kâğıt ile hazırlanmış ölçüm şablonu (Şekil 21) kullanılarak tespit edilmiştir. Ölçüm öncesi kekler dikey olarak kesilmiş ve kesilmiş yüzeyleri şablona gelecek şekilde yerleştirilerek, kekde belirlenen 5 nokta (A, B, C, D ve E değerleri) kullanılarak aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır. Her bir üretimde elde edilen 3 kek örneğinden alınan ölçümlerden ortalamalar kullanılarak hacim, simetri ve tekdüzelik indeksleri hesaplanmıştır (Anonymous, 1995).



**Şekil 21.** Kek ölçüm şablonu

Şablonun uzunluğu 20 cm olup, merkezde C noktası ve sırasıyla B ve D noktaları merkezin sol ve sağında olup merkeze 6 cm uzaklıktadır. A ve E noktaları da sırasıyla sol ve sağda merkeze 10'ar cm mesafede yer almaktadır. Kek ölçüm şablonu kullanılarak yapılan okumalar 0,1 cm yani 1 mm duyarlılıkta yapılmış ve yapılan okumalar hacim, simetri ve tekdüzelik indekslerini hesaplamada kullanılmıştır.

Hacim indeksi (mm): Keklerin gerçek hacimlerini ölçmemekle beraber keklerin hacimleri hakkında bilgi vermektedir.

$$HI= B+C+D$$

Simetri indeksi (mm): Keklerin üst kısımlarının yüzey profillerini belirlemek için kullanılmakta ve SI değerinin pozitif olması, kek üst yüzeyinin bombeli olduğunu; negatif olması ise kekin çöktüğünü göstermektedir.

$$SI= (2\times C)-B-D$$

Tekdüzelik indeksi (mm): Kekin yanal simetrisini göstermekle beraber bu indeks değeri, kek merkezine 6'şar cm uzaklıkta yer alan iki noktadan alınan dikey ölçüm değerlerinin farkından oluşmaktadır. Başka bir deyişle kekin tekdüze olması için bu iki noktadan alınan ölçümlerin farkının 0 (sıfır) olması, yani kekin yanal simetrilerinin birbirine eşit olması istenmektedir.

$$TI= B-D$$

### 3.2.7.5 Tekstür Analizi

Kek örneklerinin tekstür özellikleri TAPlus Texture Analyzer (LLOYD Instrument, UK) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Analizde 35 mm çapında alüminyum disk (plunger) kullanılmıştır. Teff unu katılan kek örnekleri kolayca parçalandığı için iç kısmından 1,5x2x2 cm boyutlarında parçalar kesilememiş bu nedenle analizler bütün kek üzerinde yapılmıştır. Bütün kekin farklı

noktaları için % 25 oranında sıkıştırılması için gerekli olan kuvvet (Newton) ölçülmüştür. Cihazın maksimum yükü (load cell) 50 N ve yaklaşma hızı (crosshead speed) 55 mm/dk'dır.

### 3.2.8 Unda Kimyasal Analizler

#### 3.2.8.1 Yağ Miktarının Belirlenmesi

Yağ miktarı Sokselet (Soxhelet) ekstraksiyonu yöntemi (AOAC Metot No: 2003.06) kullanılarak tespit edilmiştir. Yöntem numunenin bir çözücü ile ekstrakte edilip daha sonra çözücünün uzaklaştırılması ve kalıntının tartılması prensibine dayanmaktadır. Ekstraksiyon işleminde çözücü olarak n-hekzan kullanılmıştır. Teff unu örneklerinden 2' şer gram örnek tartılmış ve filtre kâğıdı ile hazırlanan kartuşlar içine koyularak kapatılmıştır. İşlemden önce otomatik Soxhelet cihazında kullanılan 6 adet cam krozelerin daraları kaydedilmiştir. Örnekler; otomatik soxhelet cihazına (Velp Scientifica Soxhlet Extractor, İtalya) yerleştirilmiş ve 2 saat içinde ekstraksiyon işlemi tamamlanmıştır (Şekil 22). İşlem sonunda cam krozeler içlerinde biriken yağ ile birlikte tartılmış ve aşağıdaki formül kullanılarak yağ miktarı hesaplanmıştır. Sonuçlar, 2 değerın ortalaması olarak kuru madde üzerinden verilmiştir.

$$\% Yağ \left( \frac{g}{100g km} \right) = \frac{M2 - M1}{m} \times 100$$

M1= Sabit tartıma getirilmiş cam kroze ağırlığı, g

M2=Krozenin son tartımda toplam yağ ile birlikte ağırlığı, g

m= Örnek ağırlığı, g



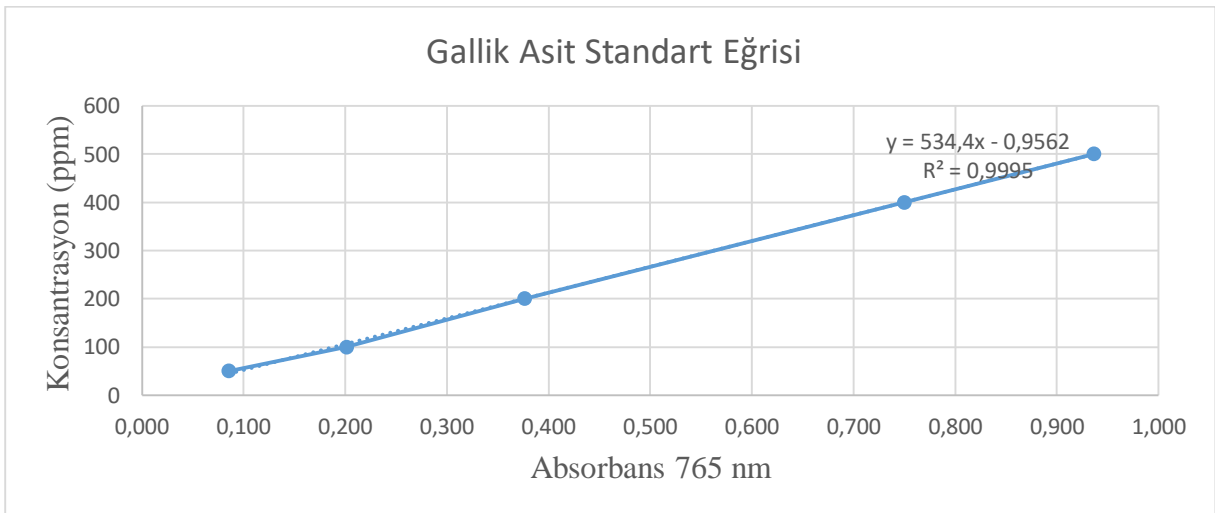
Şekil 22. Otomatik sokselet ekstraktör cihazıyla yağ ekstraksiyonu

### 3.2.8.2 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Otomatik Sokselet cihazı kullanılarak yağı alınan örneklerden (yağsız) 50 ml'lik falcona yaklaşık 2' şer gram tartılmıştır. Üzerine 20 ml HCl:MetOH:H<sub>2</sub>O (1:80:10) ilave edilmiştir. Çözelti çalkalayıcıdan (2500 rpm, 2 saat) sonra santrifüj edilmiştir (3500 rpm, 4°C, 10 dk). Çözelti (supernatant) kısmı falkon tüpüne (15 ml) alınarak - 20 °C'de depolanmıştır (Serbest fenoller). Kalıntı üzerine 20 ml MetOH: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10:1) ilave edildikten sonra 75 °C'de 20 saat su banyosunda bekletilmiş ve oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler 3500 rpm ve 4 °C'de 10 dk santrifüj edilmiş ve 15 ml'lik falcona dökelti (supernatant) toplanıp -20 °C'de depolanmıştır (Bağlı fenoller).

Serbest fenoller için, 100 µl serbest fenolik ekstraktı üzerine 400 µl MeOH ilave edilerek 500 µl'ye tamamlanmıştır. Bağlı fenoller için ise 25 µl bağlı fenolik ekstraktı üzerine 475 µl MeOH ilave edilerek 500 µl'ye tamamlanmıştır. Seyreltilmiş ekstrakttan 0,5 ml, 15 ml'lik falkon tüpe alınarak üzerine 2,5 ml deiyonize su ve 0,5 ml 1 M Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenmiştir (Şahit örnek için ekstrakt yerine metanol kullanılmıştır). Çözelti 10 dk vortekslelendikten sonra 30 dk beklemeye bırakılmıştır. Üzerine 1,5 ml % 7,5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi eklenmiş ve 30 dk daha beklemeye bırakılmıştır. Son olarak spektrofotometrede (Thermo Scientific Genesys 10S UV-Vis Spectrophotometer, USA) 750 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur.

Kalibrasyon eğrisi ise metanolde hazırlanmış 50, 100, 200, 400, 500 ppm gallik asit çözeltileri ile oluşturulmuş ve sonuçlar "mg gallik asit eşdeğeri/kg kurumadde" cinsinden ifade edilmiştir (Şekil 23).



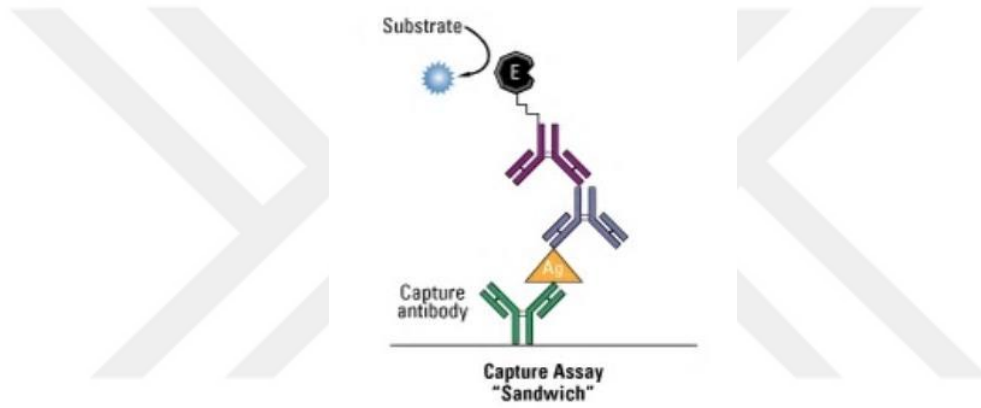
Şekil 23. Gallik asit standart eğrisi

### 3.2.8.3 Gluten Analizi

Teff örneklerinde gluten analizi, ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) metodu; AOAC 2012.01 metodu ve Biopharm test kiti kullanılarak belirlenmiştir.

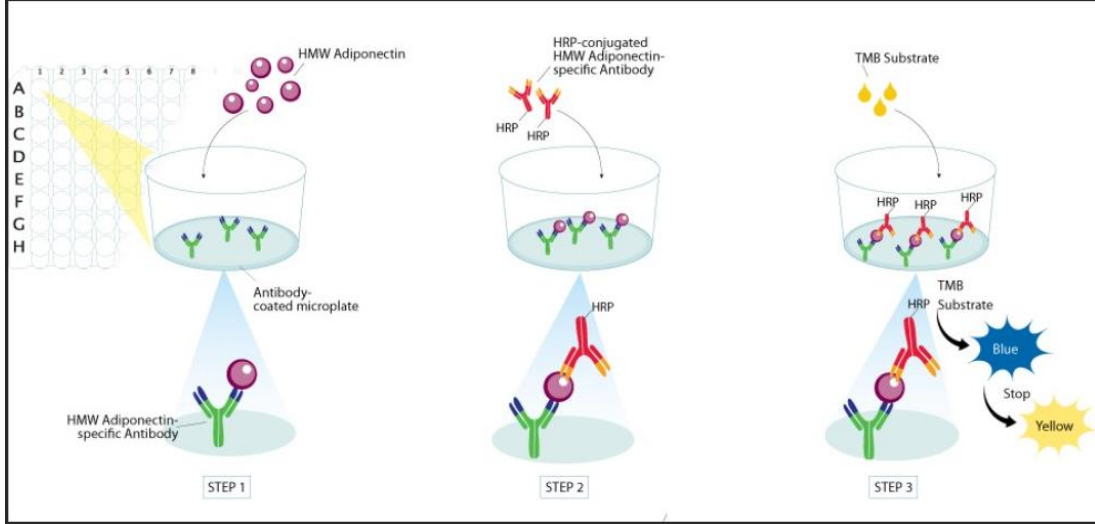
ELISA peptidler, proteinler, antikorlar ve hormonlar gibi maddelerin saptanması ve ölçülmesi için tasarlanmış, plaka bazlı bir analiz tekniğidir. Düşük gluten seviyelerini belirlemek için tasarlanan, spesifik bir antikorun kullanıldığı ve glutenin, gliadin fraksiyonlarını tanıyan bir yöntem olan ELISA metodu; 5-80 ppm arasında miktar tayini için standart bir eğri oluşturur.

ELISA testinde her zaman bir enzim etiketli veya antikor içeren çeşitli antijen-antikor kombinasyonları kullanılır. En sık kullanılan enzim etiketleri, yaban turpu peroksidazı (HRP) ve alkalın fosfatazıdır (AP).



Şekil 24. Gluten ELISA methodunda kullanılan sandwich yöntemi

Gluten miktarı analizinde en yaygın yöntem olan Sandviç yöntemi kullanılmıştır (Şekil 24). Analizde, spesifik antikor, oyuklu plakanın (microtiter plate) çukurlarına sabitlenir. Kuyuya örnek veya standart eklendiğinde mevcut glutene bağlanır. Bağlanmamış materyaller ilk yıkama sırasında uzaklaştırılır. HRP enzimine bağlanmış aynı antikoru içeren bir çözelti olan gluten konjugatı ilave edilir ve kuyucuklarda mevcut olan glutene bağlanmasına izin verilir. İkinci yıkama aşamasında bağlanmamış olan gluten konjugatı uzaklaştırılır. Son olarak, kuyucukta bulunan HRP miktarıyla orantılı olarak mavi renk değişimine neden olan renk substratı (TMB) eklenir. Eklenen TMB reaksiyonu durdurur. Bu sırada mavi renk sarıya döner ve sarı rengin yoğunluğu bir plaka okuyucuda okunur (Şekil 25).



**Şekil 25.** Gluten ELISA methodu çalışma prensibinin şematik gösterimi

Örnekler (1 gr) ve test kitinde bulunan pozitif ve negatif kontrol unları 10 ml ekstraksiyon çözeltisi (100 ml etanol  $\geq$  % 99 saflıkta, 150 ml saf su) kullanılarak 45 °C'ye ısıtılmıştır (15 dakika) daha sonra 2 dakika boyunca kuvvetlice karıştırılmış ve partiküllerin çökmesi için 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Üstte kalan berrak kısımdan alınarak dilüsyon tamponuyla 10 kat seyreltilmiştir. (Örneğin 450  $\mu$ l dilüsyon tamponuna 50  $\mu$ l ekstrakt eklenir). Her bir standarttan ve seyreltilmiş olan kontrol ve örnek ekstraktları (100  $\mu$ l) plakanın oyuklarına uygulanmıştır. Plaka oda sıcaklığında 1 saat inkübe edilmiştir. Kuyular 6 kez saf su ile yıkanmıştır. Her kuyucuğa gluten konjugatı (100  $\mu$ l) eklenmiş ve plaka oda sıcaklığında 1 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra plaka tekrar 6 kez saf su ile yıkanmıştır. Her oyuğa TMB substratı (100  $\mu$ l eklenmiş) ve sonrasında plaka oda sıcaklığında 10 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra reaksiyonu durdurmak için durdurma çözeltisi (100  $\mu$ l) eklenmiş ve 450 nmde okuma yapılmıştır. Aynı şekilde oluşturulan standart kalibrasyon eğrisi kullanılarak gluten miktarları (ppm) belirlenmiştir.

#### 3.2.8.4 Mineral Madde Kompozisyonu

Örneklerin mineral madde içeriklerinin (Ca, Na, K, Mg, Zn, Mn, Fe) belirlenmesinde atomik absorpsiyon spektroskopisi (Thermo Scientific iCE 3000 Series, USA) kullanılmıştır. Teff örneklerinin analize hazırlanması aşamasında mikrodalga kullanılarak yaş yakma (Microwave Accelerated Reaction System, MARS, CEM Corporation, USA) yapılmış (Şekil 26) ve nitrik asit yardımı ile organik kısımlar tamamen yakılarak kalan inorganik kısımdaki mineraller belirlenmiştir.



**Şekil 26.** Mikrodalga yaş yakma ünitesi (Microwave Accelerated Reaction System, MARS, CEM Corporation, USA)

Teff ununun organik kısmının yakılma işlemi öncesinde 1 gram teff unu tartılarak mikrodalga tüpüne konulmuştur. Üzerine 7 ml derişik (% 65) nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ilave edilmiştir. Tüplerin kapakları kapatılarak mikrodalga ünitesine yerleştirilmiş ve 30 dk yakma işlemi yapılmıştır. Yakma işlemi bittiğinde kapaklar açılmadan duman çıkışı bitene kadar çeker ocak altında bekletilerek, daha sonra kapakları açılmış ve teflon kap iç duvarı deiyonize su ile yıkanarak, tüplerde kalan çözelti filtre kâğıdı yardımıyla süzölmüştür. Süzölen çözeltiler 100 ml'lik balon jodelere alınmıştır. Filtre kâğıdı deiyonize su ile yıkanarak balon jodenin hacim çizgisine kadar su ile tamamlanmıştır.

Kalsiyum analizi, diğer minerallerden farklı olacak şekilde; 100 ml'lik çözeltileri % 0,1 (w/v) stronsiyum klorür içerecek şekilde hazırlanmıştır. Analizi yapılan mineralin lambası, alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresine takıldıktan sonra, cihaz o minerale ait absorbands değerinin dalgaboyuna ayarlanmıştır (Şekil 27).

Dalga boyları, demir için 248,3 nm, sodyum için 589,1 nm, kalsiyum için 422,7 nm, potasyum için 766,5 nm, magnezyum için 285,2 nm, manganez için 279,5 nm, çinko için 213,9 nm'dir. Örnekler asidik olduğu için standartların hazırlanmasında da % 5'lik  $\text{HNO}_3$  çözeltileri kullanılmıştır.



Şekil 27. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi

1000 ppm'lik standartlardan (Ca, Na, K, Mg, Zn, Mn, Fe standartları, Chem-Lab NV, Zedelgem, Belçika) istenen aralıktaki çalışma standartları hazırlanmıştır (kalsiyum için 20 ppm, diğer mineraller için ise 5 ppm). Bu standartların hazırlanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

M1: 1000 ppm'lik stok standart çözeltisi

V1: 1000 ppm'lik standarttan alınması gereken miktar (ml)

M2: Hazırlanması istenen standart konsantrasyonu (ppm)

V2: Hazırlanması istenilen standart konsantrasyonunun hacmi (ml)

Standart çözeltilerin absorbansları belirtilen dalga boylarında okunarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Örneklerdeki mineral madde miktarı, oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak ppm düzeyinde belirlenmiş ve aşağıdaki formüllere göre gerekli hesaplamalar yapılarak mg/100g km örnek cinsinden ifade edilmiştir.

$$\text{Mineral miktarı} \left( \frac{\text{mg}}{100 \text{ g km}} \right) = \frac{C \times V \times SF}{m}$$

C: Örneğin konsantrasyonu (mg/L)

V: Örneğin yakma işleminden sonra süzüldüğü balon jojenin hacmi (100ml)

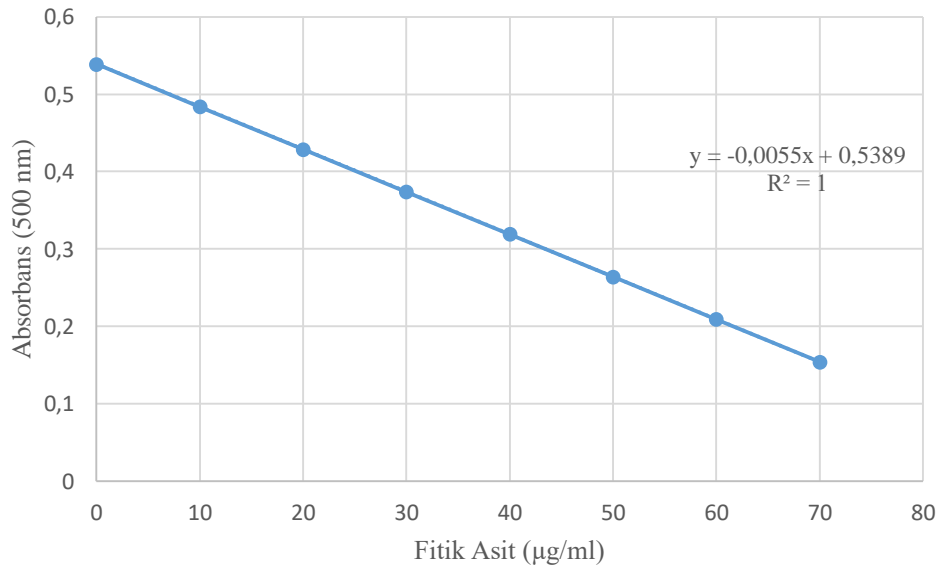
SF: Seyreltme faktörü (yapılmışsa)

m: Tartılan örnek miktarı (g)

### 3.2.8.5 Fitik Asit Miktarı

Gelişmekte olan ülkelerde ve genellikle çocuklarda biyoyararlanımı engelleyen bir tahıl bileşeni olan fitik asitin tayininde Lehrfeld (1989) yöntemi kullanılmıştır. Falcon tüpü içerisine 250 mg örnek tartılarak üzerine 5 ml (500 µl) % 2,4'lük HCl çözeltisi eklenmiş ve vortekslenerek karışması sağlanmıştır. 2 hızında 2 saat boyunca, oda sıcaklığında yatay çalkalayıcıda ekstraksiyona bırakılmıştır. Ekstraksiyon sonrasında santrifüj (18550 g, 30 dk) edilmiştir (SIGMA 3-18K, Almanya). Santrifüjden sonra supernatant 1:25 oranında seyreltilip (80 µl supernatant + 1920 µl saf su) vortekslenmiş ve elde edilen çözelti Wade ayıracı ile muamele edilerek yeniden vortekslenmiştir (0,75 ml seyreltik çözelti + 0,25 ml Wade çözeltisi). Son olarak oluşan çözelti 10000 rpm'de 10 dk santrifüj edilerek 500 nm'de UV spektrofotometrede (Thermo Scientific Genesys 10S UV-Vis Spectrophotometer, USA) okuma yapılmıştır.

Fitik asit standart eğrisi oluşturmak için farklı konsantrasyonlarda (0, 1:2, 1:3, 1:4, 1:6, 1:8, 1:16) fitik asit çözeltileri % 0,1'lik HCl kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 28).



Şekil 28. Fitik asit kalibrasyon eğrisi

Örneklere ait fitik asit miktarları Şekil 27’de çizilen kalibrasyon eğrisinden yola çıkarak aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$$A_{500nm} = a [\text{Fitik asit}] + b$$

$$\text{Fitik Asit} \left( \frac{\text{mg}}{\text{g}} \text{ örnek} \right) = \frac{A_{500nm} \times b}{a \times dm} \times D$$

A : Absorbans

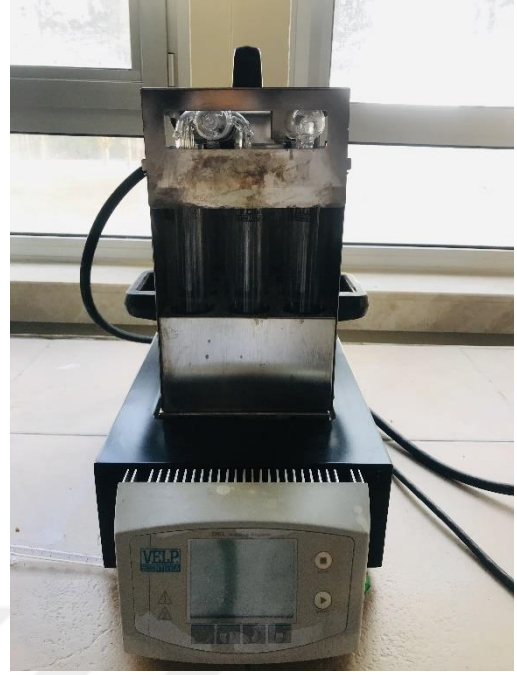
b: Denklem sabiti

D : Seyretme faktörü = 5 \* 25

dm : örnek miktarı (kuru madde esasına göre, mg)

### 3.2.8.6 Protein Miktarı Tayini

Protein miktarı tayininde AACC Metot No: 46.12-01; Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, organik bileşik halinde bulunan azotun (N) derişik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile yaş yakma sonucunda indirgenmesi ve amonyum azotu haline dönüşmesi ilkesine dayanmaktadır. Örnek içerisinde bulunan azot, amonyum azotu haline dönüştükten sonra kuvvetli alkali ortamda damıtıldığında açığa çıkan amonyak, bir asit içinde tutulur ve titrasyon yapılarak miktarı belirlenir. Titrasyon sonucunda hesaplama yapılır ve bulunan azot miktarı bir katsayı ile çarpılarak örnekteki protein miktarı belirlenir. Bu katsayı teff tahıl ürünleri için 6,25’dir [34]. Kjeldahl yönteminde protein olmayan amin, amid ve amonyum gibi azotlu bileşikler de protein gibi belirlendiğinden bu azotlu bileşikler için ‘ham protein’ ifadesi kullanılır. Fakat miktarlarının çok az olduğu bilindiğinden protein ifadesinin içinde yer alırlar. Bu yöntem; yakma, damıtma ve titrasyon aşamalarından meydana gelmektedir (Şekil 29).



**Şekil 29.** Kjeldahl yönteminde yakma tüplerine örneklerin koyulması ve yakma ünitesine yerleştirilmesi

Kjeldahl yöntemiyle protein miktarının belirlenmesi deneyinde ilk olarak bir filtre kağıdına 1-1,5 g un tartılmıştır. Katlanan filtre kâğıdı 250 ml'lik kjeldahl balonuna konmuş ve üzerine 5g katalizör karışımı (sodyum sülfat, bakır II sülfat karışımı) ve 25 ml derişik sülfürik asit koyularak iyice karıştırılmıştır. Balon dumansız yakma ünitesine yerleştirilmiş (Velp Scientific DHL Heating Digester, İtalya) ve 420 °C'da 1 saat, kütle kömürleşinceye kadar ısıtıldıktan sonra soğumaya bırakılmıştır. Destilasyon işlemi ise destilasyon ünitesinde (Velp Scientific UDK139 Semi Automatic Destillation Unit, İtalya) cihazında yapılmıştır. Destilasyon işleminde % 33 (w/v) sodyum hidroksit, %4 (w/v) borik asit çözeltisi ile tashiri indikatörü (metilen kırmızısı indikatörü) kullanılmıştır. Titrasyon 0.1 M HCL çözeltisi ile yapılmıştır (Şekil 30).



(a)



(b)

Şekil 30. Kjeldahl yönteminde damıtma ünitesi (a) başlangıç (b) son

$$\%N (KM) = \frac{(Vs - Vb) \times 1,4 \times M}{m}$$

Vs: Titrasyonda son durumda HCl hacmi

Vb: Titrasyonda ilk durumda HCl hacmi

M: HCl çözeltisinin molaritesi

m: Kullanılan örnek miktarı

% Protein= %N x 6,25 katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır.

### 3.2.8.7 Kül Miktarı Tayini

Kül; organik maddelerde yakma sonucu elde kalan minerallerden oluşan kalıntıdır. Unda kül miktarı randıman (un verimi) ve unun teknolojik kalitesi bakımından önemli olup, un tipleri hakkında fikir vermektedir.

Teff örneklerinde kül miktarı tayininde ilk olarak yıkanmış temiz porselen krozeler 200-250 °C'de etüvde 30 dk tutularak sabit tartıma getirilmiş ve darası alındıktan sonra içine 3-5 gram örnek tartılmıştır. Örnek ıslanacak kadar saf alkol eklenmiş ve kroze fırının kapak kısmında ön yakma işlemi uygulanmıştır. Fırın sıcaklığı kademeli olarak arttırılarak ya da 900 +/- 20 °C' ye çıkarılmış ve en az 2 saat yakma işlemine devam edilmiştir (Örnekler bembeyaz kül renginde

olmalıdır ve siyahlıklar iyi yanmadığını göstermektedir). Tamamen yanan örnekler fırının ön kapak kısmında biraz soğutulduktan sonra desikatörde alınmış ve soğuduktan sonra tartılmıştır. Örneklerdeki kül miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kül miktarı(KM)} = \frac{M1 \times 100}{M2} \times \frac{100}{100 - R}$$

M1: Kalıntının Ağırlığı (g)

M2: Örnek ağırlığı (g)

R : Örneğin nem miktarı (% ağırlık olarak)

### 3.2.8.8 Toplam Diyet Lif Miktarı

Toplam diyet lifi analizi Metot AOAC 991.43'e göre tayin edilmiştir. Bu metoda göre, toplam diyet lifi analizinde ilk olarak enzimatik parçalanma aşaması gelmektedir. Bu amaçla 50 ml falkon tüplerine 1 gram örnek tartılarak üzerine 40 ml MES/TRIS çözeltisi eklenip vortekslenir (MES/TRIS tamponu; 19,52 gram 2(N-morfolin) etan sülfonik asit (MES) ve 14,2 gram tris (hidroksimetil) aminometan (TRIS) 1,7 litre deiyonize suda çözülür. Çözeltinin pH'sı 6 N NaOH ile 8,2 ye ayarlanarak son hacim saf su ile 2 litreye tamamlanır). Çözelti karıştırıldıktan sonra 50 µl α-amilase çözeltisi eklenip, 95-100 °C'de 30 dakika bekletilir ve 60 °C'ye soğutulur. 50 µl proteaz çözeltisi eklenerek vortekslenir ve 60 °C'de 30 dakika bekletilir. 0,561 N HCl eklenerek (5 ml) çözeltinin pH'sı 4,1-4,8 aralığına ayarlanır (0,561 N HCl; 700 ml saf su üzerine 93,5 ml 6 N HCl asit koyularak 1 lt'ye tamamlanır). Bu aşamada son olarak 150 µl amiloglukozidaz çözeltisi eklenerek vortekslenir ve 60 °C'de 30 dakika bekletilir. Enzimatik parçalanma işlemi bittikten sonra toplam besinsel lif analizi için bir erlene 60 °C sıcaklıktaki 220 ml etanol ile yıkanarak aktarılır ve ağzı kapatılarak 1 saat bekletilir. Daha sonra çözelti, vakum yardımı ile sabit tartıma getirilmiş gooch krozesinden süzülür. Çökelek 78'lik etanol (3x15 mL) , %95'lik etanol (2x10 mL) ve aseton (3x10 mL) ile yıkanarak 105 °C'de 1 gece etüvde bekletildikten sonra tartılır (M2). Paralellerden birinde kül, diğerinde protein analizi yapılır. Toplam diyet lif miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Toplam diyet lif (KM)} = \frac{(M2 - M1) - (k + p)}{m} \times 100$$

k: Kül miktarı

p: Protein miktarı

m: Alınan örnek miktarı

### 3.2.9. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi için SPSS 25.0 programı kullanılmıştır. Grup ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Önemli farklılıklar bulunduğu, bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu tespit etmek amacıyla Tukey karşılaştırma testi uygulanmıştır. Uygulanan testlere göre  $p < 0,05$  için (%95 güven aralığında) sonuçlar istatistiki olarak önemli kabul edilmiştir.



## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Un Örneklerinin Kimyasal, Fizikokimyasal Özellikleri

Örneklere ait nem, protein, yağ, kül, gluten, diyet lif ve fitik asit değerleri Çizelge 15' de verilmiştir. Minimum nem değeri %  $8,0 \pm 0,00$  değeriyle İran koşullarında yetişmiş teff örneğine ait iken, maximum nem değeri %  $13,5 \pm 0,02$  değeri ile bisküvilik una aittir. Örneklere ait nem değerleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ( $p < 0,05$ ). Tukey testi sonuçlarına göre tüm teff örnekleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Analiz sonuçlarına bakıldığında, en düşük kül içeriğinin %  $1,9 \pm 0,07$  değeri ile kırmızı teff örneğine ait olduğu, en yüksek kül içeriğinin ise %  $3,7 \pm 0,14$  değeri ile İran teff örneğine ait olduğu görülmektedir. Örneklere ait kül miktarları arasındaki farklar önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Unda kül miktarı randımanla ilgilidir. Kül miktarı arttıkça unun randımanı azalır. Kül miktarı az olan unlarda randıman fazladır ve bu ekmeklerde hacim ve stabilite yüksektir. Buna göre, kullanılan bisküvilik unda stabilite en düşüktür ve bisküvi yapımına daha uygundur.

En yüksek protein miktarının %  $16,2 \pm 1,71$  ekmeçlik una (Tosunbey) ait olduğu görülmektedir. Kırmızı teff örneği %  $13,8 \pm 0,63$ ; beyaz teff örneği ise %  $8,5 \pm 0,08$  protein miktarına sahip olup, İran teff örneği ise %  $2,7 \pm 0,08$  protein içermektedir. Bisküvi ve kek yapımında kullanılan bisküvilik unda ise protein miktarı %  $7,3 \pm 0,35$  bulunmuştur. İstatistiksel olarak incelendiğinde teff örnekleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Daha önce yapılan çalışmalarda yurt dışında yetişen teff örneklerinde protein miktarlarının % 8-13 arasında değiştiği görülmektedir. Beyaz teff için protein oranının % 11,1; kırmızı teff için % 10,5; karışık teff için ise % 13,3 olduğu bildirilmiştir [8]. Buna göre ülkemiz koşullarında yetişmiş teff örneklerine ait protein miktarlarının literatür bilgileriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Diğer tahıllarla karşılaştırıldığında (mısır, çeltik, sorgum, buğday, arpa, çavdar) ülkemiz koşullarında yetiştirilen kırmızı teff örneğinin protein oranının daha yüksek olduğu söylenebilir.

Teff örneklerinin yağ miktarlarına bakıldığında kırmızı ve beyaz teff örneklerine ait yağ miktarlarının %  $2,4 \pm 0,15$  ila %  $3,8 \pm 0,35$  arasında değiştiği görülmektedir. Bulunan bu değerler literatür değerleriyle benzerlik göstermektedir. Teff çeşitleri arasında yağ miktarı bakımından önemli fark olduğu görülmektedir ( $p < 0,05$ ). İran koşullarında yetişen teffin; Türkiye koşullarında yetişen teff örneklerinden çok daha fazla miktarda yağ içerdiği tespit edilmiştir. Ülkemizde yetiştirilen teff örnekleri birbiri ile karşılaştırıldığında; beyaz teffin kırmızı teffe göre daha yüksek yağ miktarına sahip olduğu görülmektedir.

Teff gluten içermeyen bir tahıl olması nedeni ile gluten miktarının 20 ppm'den düşük olması beklenmektedir. İran koşullarında yetişmiş teff örneği ve kırmızı teff örneğinde gluten tespit edilememiştir. Beyaz teff örneğinde ise gluten miktarı 57 ppm olarak tespit edilmiştir. Teff tahılının gluten içermediği göz önüne alınacak olursa; beyaz teff örneğinde tespit edilen eser miktarda glutenin, öğütme ve/veya analiz sırasında kontaminasyon kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Analiz sonuçlarına göre, İran teff örneğinde diyet lif miktarı  $5,7 \pm 0,01$ ; kırmızı teff örneğinde ise  $7,6 \pm 0,07$  ve beyaz teff örneğinde  $8,7 \pm 0,11$  olarak bulunmuştur. Aralarındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda, beyaz teffte  $3,0$ ; kırmızı teffte  $3,1$ ; karışık teffte ise  $8,0$  olarak bulunmuştur [11]. Yapılan bazı diğer analizlerde teff örneğinde diyet lifi içeriğinin  $9,8$ 'e kadar çıktığı görülmüştür [11]. Bu değer buğday, tam buğday, pirinç, yulaf, kinoa, karabuğday, sorgum ve mısırdaki sırasıyla  $3,4$ ;  $11,4$ ;  $0,4$ ;  $4,1$ ;  $7,1$ ;  $2,2$ ;  $4,5$  ve  $2,6$ 'dır [11]. Sonuçlara göre, teff örneklerinin lif içeriğinin tam buğday ve kinoa'ya yakın olduğu görülür.

Teff örneklerine ait fitik asit içerikleri  $1,1 \pm 0,02$  ile  $1,2 \pm 0,03$  arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara bakıldığında literatürle uyumlu olduğu söylenebilir. İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında ise teff örnekleri ile buğday unları arasında farkın önemli olduğu görülmüştür ( $p > 0,05$ ). Teff örneklerine bakıldığında fitik asit içeriğinin diğer unlardan bir miktar yüksek olduğu görülmektedir. Buğday unları ile teff örnekleri arasında oluşan bu farklılıklar teff örneklerinin tam tahıl olarak kullanılmasından kaynaklanmıştır. En fazla fitik asitin yer aldığı kepek kısımlarının teff örneklerinde ayırılmadan kullanılması bu örnekler için fitik asit içeriğini arttırmıştır. Fitik asitin bu önemi minerallerin biyoyararlılığını azaltmasından kaynaklanmaktadır. Bu bileşen, kalsiyum, magnezyum, çinko, demir ve fosfor gibi esansiyel minerallerle kompleks hale gelerek, onların çözünürlük ve sindirilebilirliklerini olumsuz etkileyerek mineral yetersizliğine sebep olmaktadır.

**Çizelge 15.** Teff ve buğday unu örneklerine ait kimyasal ve fizikokimyasal değerler (%)

Un Örnekleri	Nem (%)	Protein*(%KM)	Yağ (%KM)	Kül (%KM)	Gluten Miktarı (ppm)	Gluten miktarı (%)	Diyet lif miktarı (%KM)	Fitik asit miktarı (% KM)
İran teff	8,0 ± 0,00 e	2,7 ± 0,08 c	28,8 ± 1,59 a	3,7 ± 0,14 a	<20 ppm	-	5,7 ± 0,01c	1,2 ± 0,03 a
Beyaz teff	12,1 ± 0,01 c	8,5 ± 0,08 b	3,8 ± 0,35 b	3,0 ± 0,81 b	57,22 ppm	-	8,7 ± 0,11a	1,2 ± 0,04 a
Kırmızı Teff	10,8 ± 0,04 d	13,8 ± 0,63 a	2,4 ± 0,15 bc	1,9 ± 0,07 c	<20 ppm	-	7,6 ± 0,07b	1,1 ± 0,02 bc
Bisküvilik Un	13,5 ± 0,02 a	7,3 ± 0,35 b	1,1 ± 0,23 c	0,7 ± 0,73 e	-	% 25,9	-	1,0 ± 0,04 c
Ekmeklik Un (Tosunbey)	12,8 ± 0,00 b	16,2 ± 1,71 a	0,7 ± 0,56 c	0,8 ± 0,63 d	-	% 33,4	-	1,0 ± 0,01 c

Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

\* N×6,25

KM: Kuru madde

#### 4.1.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Teff örneklerine ait bağlı ve serbest fenoller tespit edilerek, toplam fenolik madde miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 16 'da gösterilmiştir.

**Çizelge 16.** Teff örneklerine ait bağlı fenol, serbest fenol ve toplam fenol değerleri

	Bağlı Fenoller (ppm)	Serbest Fenoller (ppm)	Toplam Fenoller (ppm)
İran teff	393,2 ± 49,50 a	380,3 ± 6,42 a	773,5 ± 55,92 a
Beyaz teff	199,2 ± 83,51 a	52,0 ± 10,58 b	251,1 ± 94,09 b
Kırmızı teff	248,1 ± 86,91 a	63,2 ± 3,77 b	311,2 ± 90,69 b

\*Sonuçlar 2 değer in ortalaması olup, mg gallik asit eşdeğeri/kg kuru madde cinsinden verilmiştir.

\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).

Teff örneklerine ait toplam fenolik madde miktarlarının  $251,1 \pm 94,09$  ila  $773,5 \pm 55,92$  mg gallik asit eşdeğeri/kuru madde arasında değiştiği ve bu değerlerin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir [11]. Teff örneklerinde bağlı fenol miktarının, serbest fenol miktarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Kırmızı teff örneğinde toplam fenolik madde içeriğinin, beyaz teff örneğinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Teff örneklerine ait bağlı fenol miktarları bakımından farklar önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ). Bununla beraber serbest fenol ve toplam fenol miktarlarına bakıldığında Türkiye koşullarında yetişen teff örnekleri arasındaki farkın önemli olmadığı fakat bunların İran teffi ile arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür ( $p < 0,05$ ). Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen ekmeklik buğday örnekleri arasında yapılan bir çalışmada tespit edilen toplam fenolik bileşik miktarları  $102,46$ - $211,85$   $\mu\text{g GAE/g}$  arasında değişmiştir [32]. Teff örneklerinde elde edilen sonuçlar bu bilgilerle karşılaştırıldığında teff örneklerinin fenolik bileşik miktarlarının Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen bazı buğday türlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca İran teff örneğinde toplam fenolik madde içeriğinin kırmızı ve beyaz teff örneklerinin 2 katından fazla olduğu tespit edilmiştir. Fenolik bileşikler tat ve kokunun yanında antioksidatif özelliklere de sahiptir. Bu sonuçlara göre, İran teff ununun fenolik bileşiklere bağlı sağlık etkisinin daha fazla olduğu söylenebilir.

#### 4.1.2 Mineral Madde Kompozisyonu

Beyaz, kırmızı ve İran teff örneklerine ait mineral madde (Na, K, Mg, Zn, Fe ve Ca) miktarları Çizelge 17' de verilmiştir. İstatistiksel olarak sonuçlar karşılaştırıldığında, teff örneklerinin her üç çeşidinde de tüm mineraller için farklar önemli bulunmuştur.

Sonuçlara bakıldığında sodyum (Na) miktarı en yüksek  $12,1 \pm 0,02$  mg değeri ile beyaz teff örneğine aitken; en düşük değer  $10,7 \pm 0,98$  ile kırmızı teff örneğine aittir. Sodyum miktarı bakımından teff örnekleri arasında önemli fark bulunmaktadır. Bu değerler Bölüm 2.2.9'da belirtilen ( $12,0$  mg/100 gram) literatür bilgilerinde ile uyumlu olup, buğdaya göre 6 kat fazladır. Teff örnekleri ile buğday unları arasındaki sodyum (Na) miktarındaki bu fark, sağlık açısından tansiyon hastalarının teff tüketiminde dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

Potasyum (K) değerlerine bakıldığında; en yüksek değer  $605,0 \pm 3,43$  mg ile İran teff örneğine; en düşük değer ise  $354,1 \pm 0,34$  mg ile kırmızı teff örneğine ait olduğu görülmektedir. Literatürde teff örneğinde potasyum (K) miktarı  $427,0$  mg /100 gram olarak belirtilmiştir. Buna göre kırmızı ve beyaz teff örneklerinin bu değerle uyumlu olduğu, İran teff örneğinde ise bir miktar daha yüksek olduğu görülmüştür. Teff örneklerinde ortalama potasyum miktarının buğdaya göre yaklaşık iki kat daha fazla olduğu ( $363,0$  mg /100 gram) söylenebilir.

Magnezyum (Mg) değerlerine bakıldığında; en yüksek değer  $316,4 \pm 2,35$  mg ile İran teff örneğine ait olduğu ve en düşük değer ise  $159,7 \pm 4,56$  mg ile kırmızı teff örneğine ait olduğu görülmektedir. Literatüre göre teff örneğinde magnezyum (Mg) miktarı  $184,0$  mg /100 gram olarak belirtilmiştir. Buna göre kırmızı ve beyaz teff örneklerinde Mg miktarı bu değerle uyumlu bulunurken, İran teff örneğinde ise biraz daha yüksek bulunmuştur. Teff örneklerinde ortalama magnezyum miktarının, buğdaya göre ( $126,0$  mg/ 100 gram) fazla olduğu söylenebilir.

Çinko (Zn) değerlerine bakıldığında; en yüksek değer  $4,8 \pm 0,98$  mg ile beyaz teff örneğine ait olduğu ve en düşük değer ise  $3,8 \pm 0,77$  mg ile kırmızı teff örneğine ait olduğu görülmektedir. Literatür bilgilerinde teff örneğinde çinko (Zn) miktarı  $3,6$  mg /100 gram olarak belirtilmiş ve bu değerlere bakıldığında tüm teff örnekleri bu değerle uyumlu bulunmuştur. Teff örneklerinde çinko miktarının buğdaya göre ( $2,7$  mg/ 100 gram) fazla olduğu söylenebilir.

Demir (Fe) değerlerine bakıldığında; en yüksek değer  $23,8 \pm 3,45$  mg ile beyaz teff örneğine ait olduğu ve en düşük değer ise  $4,0 \pm 0,89$  mg ile kırmızı teff örneğine ait olduğu görülmektedir. Literatür bilgilerinde teff örneğinde demir (Fe) miktarı  $7,6$  mg /100 gram olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm teff örneklerinde Fe miktarı literatürdeki değerlerden farklı bulunmuştur. Genel olarak teff örneğinde demir miktarının, buğdaya göre ( $3,2$  mg/ 100 gram) daha fazla olduğu söylenebilir.

Kalsiyum (Ca) değerlerine bakıldığında; en yüksek değer  $246,6 \pm 6,71$  mg ile İran teff örneğine ait olduğu ve en düşük değer ise  $126,8 \pm 9,87$  mg ile beyaz teff örneğine ait olduğu görülmektedir. Literatür bilgilerine göre teff örneğinde kalsiyum (Ca) miktarı  $180,0$  mg /100

gram olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm teff örneklerinde Ca miktarının literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir. Genel olarak teff örneklerinde Ca miktarının, buğdaya göre (29,0 mg/ 100 gram) fazla olduğu görülmektedir.



**Çizelge 17.** Unların mineral madde kompozisyonları

<b>Örnekler</b>	<b>Na (mg)</b>	<b>K (mg)</b>	<b>Mg (mg)</b>	<b>Zn (mg)</b>	<b>Fe (mg)</b>	<b>Ca (mg)</b>
İran teff	11,1± 0,76 b	605,0± 3,43 a	316,4 ± 2,35 a	4,1 ± 0,04 b	11,9 ± 1,34 b	246,6± 6,71 a
Beyaz teff	12,1± 0,02 a	456,6± 0,65 b	228,4 ± 2,34 b	4,8 ± 0,98 a	23,8 ± 3,45 a	126,8± 9,87 c
Kırmızı teff	10,7± 0,98 c	354,1± 0,34 c	159,7 ± 4,56 c	3,8 ± 0,77 c	4,0 ± 0,89 c	137,6± 5,68 b

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır

\*\*Değerler mg /100 gram cinsinden verilmiştir.

\*\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

#### 4.2 Bisküvi Üretimi ve Bisküvi Ürünlerinin Kalite Özelliklerinin İncelenmesi

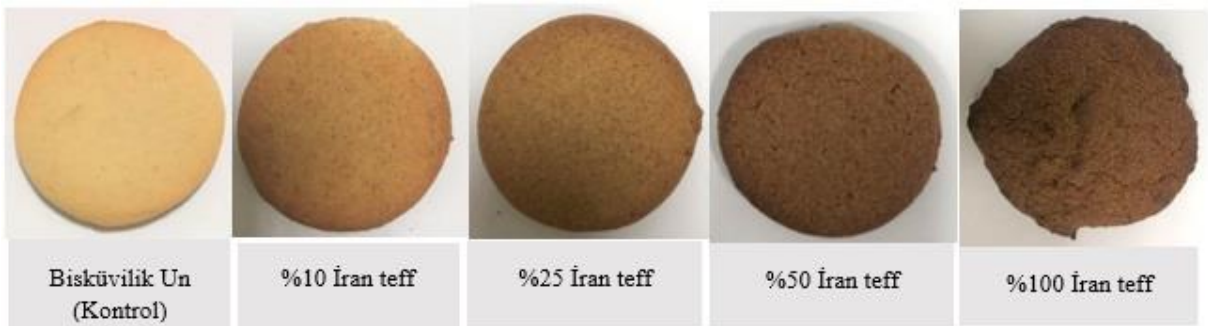
Farklı oranlarda İran, beyaz ve kırmızı teff ilave edilerek elde edilen bisküvi örneklerine ait görüntüler Şekil 31, Şekil 32, Şekil 33' de verilmiştir.



Şekil 31. Değişen oranlarda (% 0, 10, 25, 50 ve 100) beyaz teff örneği kullanılarak üretilmiş bisküvi örnekleri



Şekil 33. Değişen oranlarda (% 0, 10, 25, 50 ve 100) kırmızı teff örneği kullanılarak üretilmiş bisküvi örnekleri



Şekil 32. Değişen oranlarda (% 0, 10, 25, 50 ve 100) İran teff örneği kullanılarak üretilmiş bisküvi örnekleri

#### 4.2.1 Fiziksel Özellikler (Yayılma Oranı)

Bisküvilerin çapının kalınlığına oranı ile elde edilen yayılma oranı değerleri Çizelge 18'de verilmiştir.

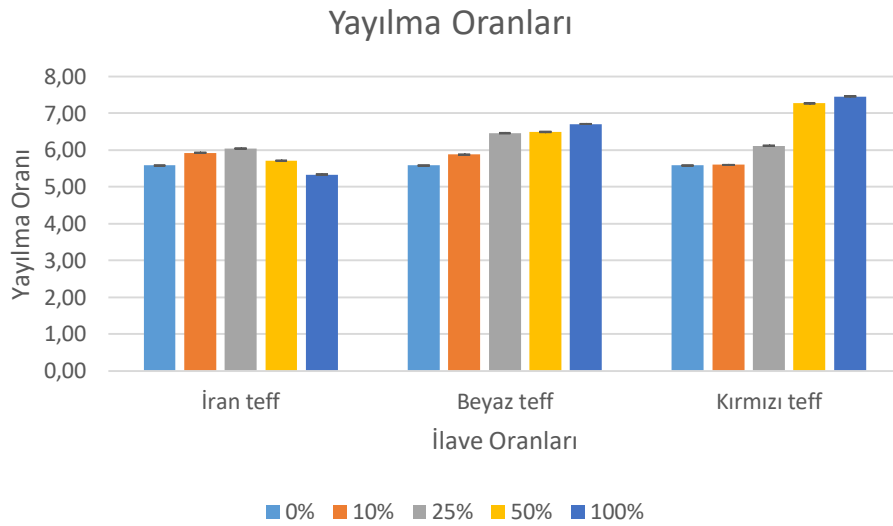
**Çizelge 18.** Bisküvi örneklerine ait yayılma oranı değerleri

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	5,58 ± 0,021 d, A	5,58 ± 0,021 e, A	5,58 ± 0,021 e, A
10	5,92 ± 0,020 b, A	5,88 ± 0,053 d, B	5,60 ± 0,004 d, C
25	6,04 ± 0,035 a, C	6,46 ± 0,002 c, A	6,11 ± 0,001 c, B
50	5,71 ± 0,004 c, C	6,49 ± 0,007 b, B	7,27 ± 0,021 b, A
100	5,33 ± 0,004 e, C	6,71 ± 0,006 a, B	7,45 ± 0,021 a, A

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

\*\*\* Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).



**Şekil 34.** Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin yayılma oranı üzerine etkisi

Teff ilavesinin bisküvinin yayılma oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Teff miktarı arttıkça bisküvilerin yayılma oranlarının kırmızı ve beyaz teff örneklerinde arttığı görülmektedir. En yüksek yayılma oranı %100 teff kullanılarak üretilen bisküvi örneklerinde elde edilmiştir. Hadinezhad ve Butler (2009) yaptıkları çalışmada, bisküvilerin yayılma oranlarının hamurun vizkozitesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Düşük viskoziteye sahip hamurlar daha hızlı yayılmaktadır. Fustier ve diğ. (2008) bisküvilik unda yüksek gluten miktarının, laminasyon ve şekil vermede hamuru daha hızlı topladığını açıklamışlardır. Bu sonuçlar teff ilavesi ile glutenin üç boyutlu ağ yapısının yeterince güçlü

oluşmadığını göstermektedir. Kırmızı teff bisküvelerinde daha yüksek yayılma oranları tespit edilmiştir. Beyaz ve kırmızı teff örneklerinde teff ilavesi arttıkça düzenli olarak yayılma oranı artarken, İran teffinde % 25 den sonra düzenli artış görülmemiştir. Teff ilavesi arttıkça İran teff kullanılan hamurların viskozitesi fazlasıyla artmış ve yapışkan, şekil verilemeyen bir hamur elde edilmiştir. Hamurun bu aşırı yapışkan ve dağılan yapısı, kullanılan alet ve ekipmanlardan zorlukla çıkartılarak tepsiye alınmıştır. Bu nedenle tam olarak doğru sonuçlar elde edilememiştir.

#### **4.2.2 Tekstür Analizi**

Bisküvelerin tekstür analiz sonuçları Çizelge 19, Çizelge 20’de verilmiştir. Tekstür analiz sonuçlarına ait grafikler ise Şekil 35, Şekil 36’da verilmiştir. Bisküvide teff miktarı arttıkça sertlik değerinin belli bir artış trendi olmamakla beraber genel olarak artış olmasının beklendiği söylenebilir. Bisküvi örnekleri arasında sertlik değerlerindeki değişim düzenli olmamakla birlikte genel olarak, % 10, % 25 ve % 50 teff içeren örneklerin sertlik değerlerinin kontrol ve % 100 teff içeren örneklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. % 100 teff içeren örneklerde ise sertlik değerinin aniden azaldığı ve yayılma oranının artmasıyla beraber, bisküvi örneklerinin tekstür analizinde hemen kırıldığı, buna bağlı olarak sertlik değerlerinin hatalı çıktığı düşünülmektedir. Pareyt ve arkadaşlarının (2008) çalışmasında bisküvilik unlarda gluten içeriğinin artmasıyla kabarma ve yoğunluk değişimiyle beraber sertliğin azaldığını vurgulamışlardır. Buna göre teff ilave miktarının artmasıyla bisküvilik un miktarının azalması sonucunda sertlik değerlerinin artması beklenmelidir. Wang ve arkadaşlarının (2002) yaptığı çalışmada ise hamurun deformasyona karşı direncinin lif katkısıyla arttığını belirtmişlerdir. Analizlerde kullanılan teff tahılı, tanelerinin çok küçük olmasından dolayı kavuzlarıyla beraber öğütülerek kullanılmıştır. Bu nedenle lif içeriği yüksek olmasından dolayı, teffin ilave miktarı arttıkça sertlik değerinde ve yüzey çatlaklarında artış gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler neticesinde sertlik değerlerine bakıldığında teff yüzdeleri arttıkça kırmızı ve beyaz teff unları arasında görülen farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır yani teff örnekleri aynı yüzdelerde benzer sonuçlar göstermektedir.

Tekstür analiz sonuçlarına bakıldığında sertlik arttığında gevrekliğin azaldığı gözlenmiştir (Çizelge 20, Şekil 36). Bu durum da teffin gluten içermemesi ve lif miktarının yüksek olması sebebiyle beklenen bir sonuçtur. Fakat sertlik değerlerinde de olduğu gibi gevreklik değerlerinde de İran teff kullanılan örneklerde hamurun teff ilavesiyle viskozitesinin daha fazla artmasına bağlı olarak yeterince düzgün sonuçlar elde edilememiştir.

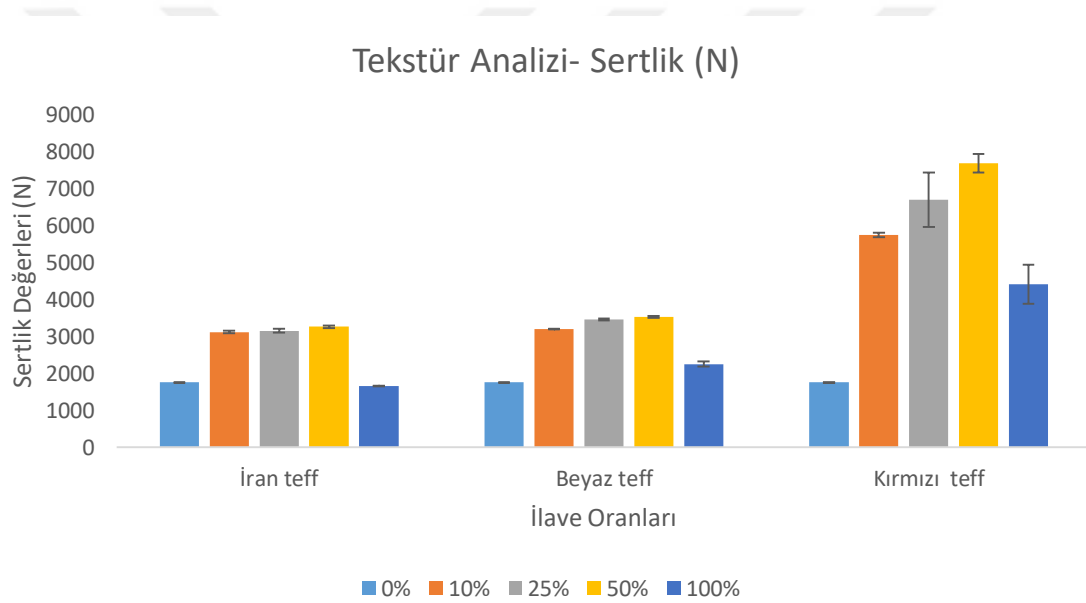
**Çizelge 19.** Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin sertlik değerleri üzerine etkisi (N)

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	1753,30 ± 22,319 b, A	1753,30 ± 12,880 b, A	1753,30 ± 12,880 c, A
10	3117,00 ± 54,565 a, B	3195,26 ± 6,703 a, B	5737,82 ± 86,012 b, A
25	3152,55 ± 67,097 a, B	3451,66 ± 50,080 a, B	6696,09 ± 1279,361 a, A
50	3265,00 ± 49,497 a, B	3530,00 ± 42,426 a, B	7686,75 ± 444,243 a, A
100	1655,32 ± 15,757 b, B	2248,44 ± 114,011 b, B	4873,46 ± 922,188 b, A

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).



**Şekil 35.** Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin sertlik değerleri üzerine etkisi

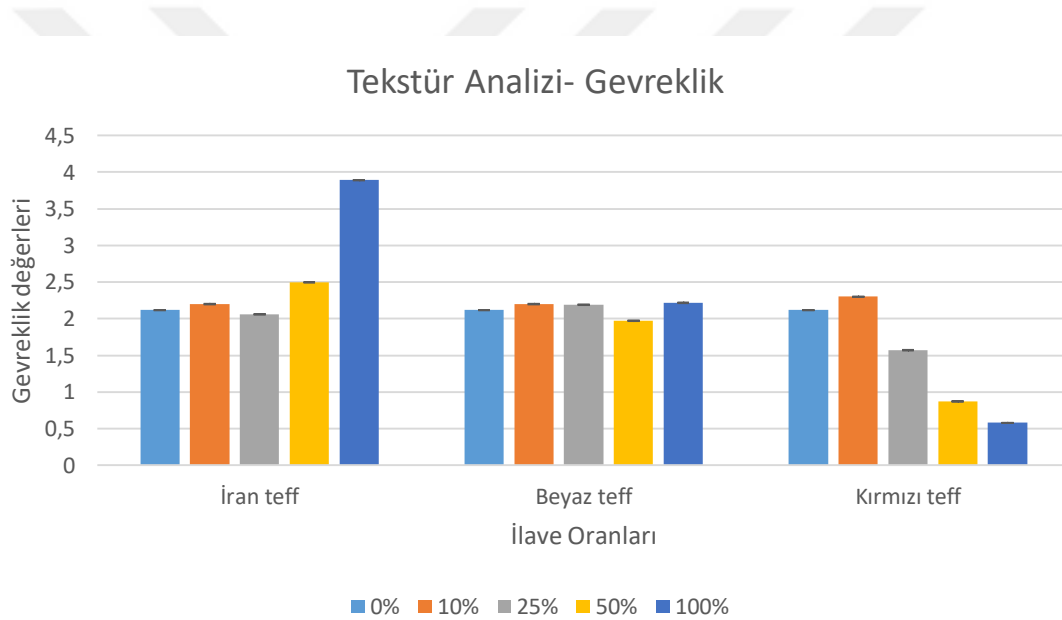
**Çizelge 20.** Bisküvi örneklerine ait gevreklik değerleri

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	2,12 ± 0,180 d, A	2,12 ± 0,180 d, A	2,12 ± 0,180 b, A
10	2,20 ± 0,192 c,B	2,20 ± 0,074 b,B	2,30 ± 0,376 a,A
25	2,06 ± 0,178 e,B	2,19 ± 0,198 c,A	1,57 ± 0,028 c,C
50	2,50 ± 0,485 b,A	1,97 ± 0,326 e,B	0,87 ± 0,076 d,C
100	3,89 ± 0,522 a,A	2,22 ± 0,133 a,B	0,58 ± 0,044 e,C

\*Değerler iki tekrarı ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).



**Şekil 36.** Teff ilavesinin bisküvi örneklerinin gevreklik değerleri üzerine etkisi

### 4.2.3 Renk Analizleri

Kontrol olarak kullanılan bisküvilik un örneği ve farklı oranlarda teff ilavesiyle hazırlanmış bisküvi örneklerine ait  $L^*$ (parlaklık),  $a^*$ (kırmızılık),  $b^*$ (sarılık) değerleri Çizelge 21, Çizelge 22, Çizelge 23' de gösterilmiştir. Bu değerlere ait grafikler ise Şekil 37, Şekil 38, Şekil 39'da verilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında kontrol ve farklı oranda teff örnekleri kullanılarak hazırlanmış bisküvi örnekleri karşılaştırıldığında, teff ilavesi arttıkça  $L^*$  (parlaklık) değerinin azaldığı;  $a^*$ (kırmızılık-yeşillik) değerinin arttığı ve  $b^*$ (sarılık-mavilik) değerinin bir istisna dışında azaldığı görülmektedir. Beyaz ve kırmızı teff kullanılan bisküvi örnekleri kontrol ile karşılaştırıldığında, sonuçlar paralel olmakla beraber  $L^*$  (parlaklık) değerinin azaldığı;  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik) değerinin arttığı ve  $b^*$  (sarılık-mavilik) değerinin azaldığı görülmektedir.

Burada  $a^*$  değerlerindeki artış ve  $b^*$ değerlerindeki azalmanın nedeni teff örneklerinin koyu renkli olmasıdır. Bisküvilik una katıldığı orana bağlı olarak bisküvilerde rengin koyulaşması beklenen bir durum olup, İran teff örneği ve kırmızı teff örneğinde  $a^*$  değerindeki artış ve  $b^*$  değerindeki azalış çok daha belirgin olmuştur. Bunun sebebi de bu teff örneklerinin renginin kırmızı veya kırmızıya çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

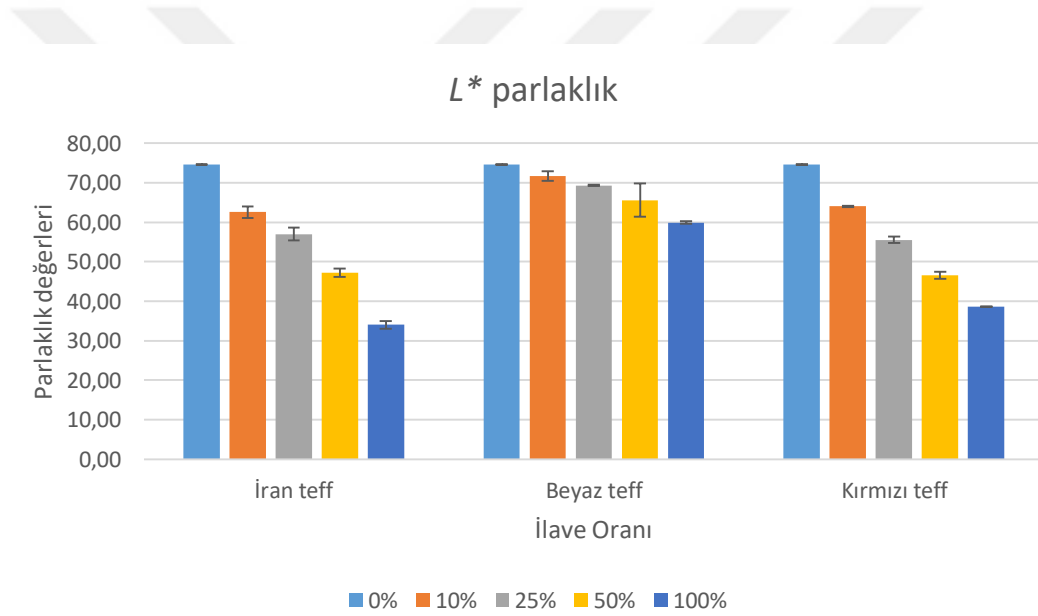
**Çizelge 21.** Bisküvi örneklerine ait  $L^*$  (parlaklık) değerleri

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	74,66 ± 0,040 a, A	74,66 ± 0,040 a, A	74,66 ± 0,040 a, A
10	62,60 ± 1,446 b, B	71,69 ± 1,196 ab, A	64,03 ± 0,192 b, B
25	56,98 ± 1,623 c, B	69,31 ± 0,191 b, A	55,58 ± 0,784 c, B
50	47,23 ± 1,036 d, B	65,61 ± 4,242 c, A	46,54 ± 0,916 d, B
100	34,05 ± 1,003 e, C	59,96 ± 0,334 d, A	38,57 ± 0,105 e, B

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).

\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 37.** Bisküvi örneklerinde  $L^*$  (parlaklık) değerlerinin değişimi

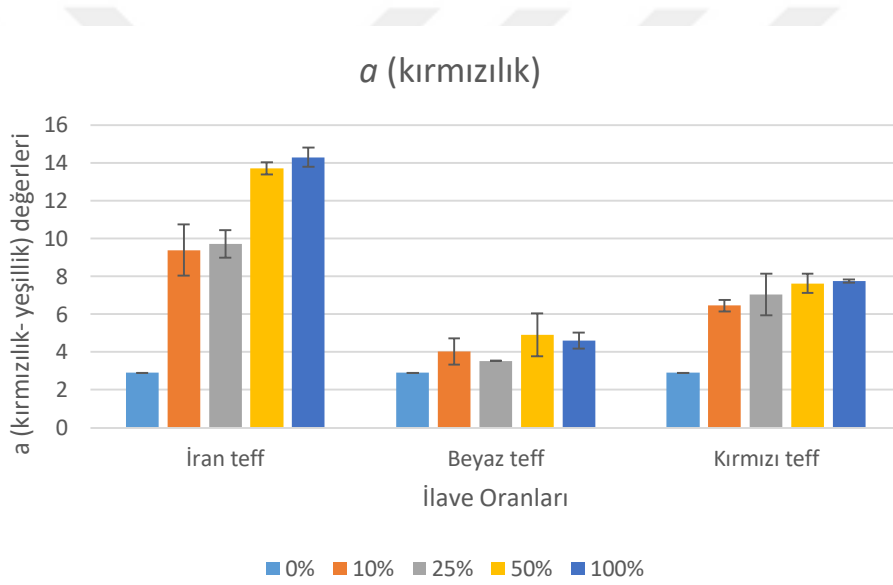
**Çizelge 22.** Bisküvi örneklerinde  $a^*$ (kırmızılık) değerleri

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	2,90 ± 0,080 c, A	2,90 ± 0,080 b, A	2,90 ± 0,080 b, A
10	9,38 ± 1,361 b, A	4,02 ± 0,703 ab, C	6,45 ± 0,166 a, B
25	9,72 ± 0,573 b, A	3,53 ± 0,001 ab, C	7,03 ± 0,684 a, B
50	13,70 ± 0,330 a, A	4,92 ± 1,138 a, C	7,63 ± 0,515 a, B
100	14,29 ± 0,892 a, A	4,61 ± 0,427 a,C	7,74 ± 0,087 a, B

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).



**Şekil 38.** Bisküvi örneklerinde  $a^*$ (kırmızılık) değerlerinin değişimi

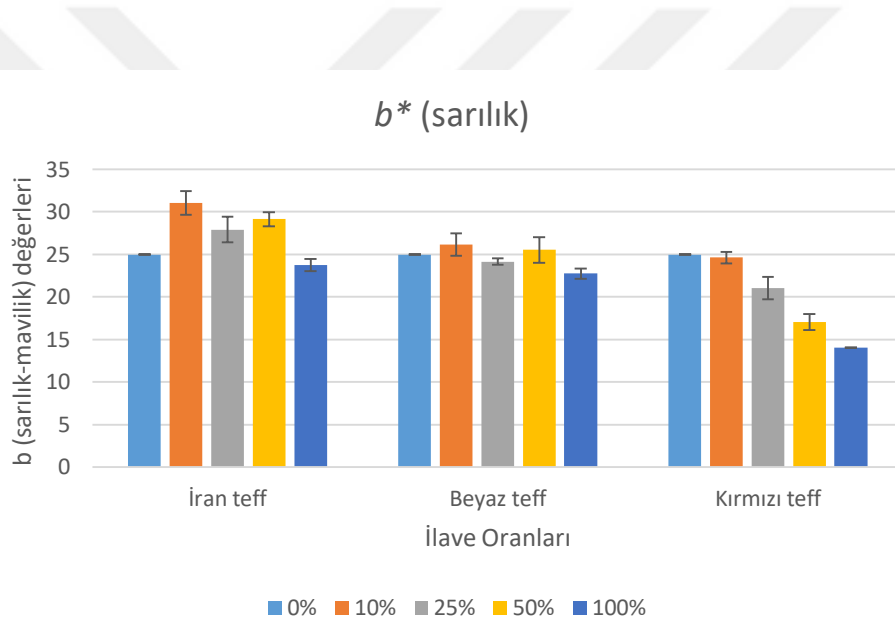
**Çizelge 23.** Bisküvi örneklerinin  $b^*$  (sarılık) değerleri

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	24,98 ± 0,781 c, A	24,98 ± 0,781 ab, A	24,98 ± 0,781 a, A
10	31,02 ± 1,372 a, A	26,15 ± 1,294 a, B	24,61 ± 0,690 a, C
25	27,90 ± 1,484 b, A	24,13 ± 0,377 ab, B	21,04 ± 1,307 b, C
50	29,14 ± 0,846 ab, A	25,51 ± 1,503 a, B	17,06 ± 0,955 c, C
100	23,77 ± 0,721 d, A	22,74 ± 0,622 b, B	14,03 ± 0,634 d, C

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 39.** Bisküvi örneklerinde  $b^*$  (sarılık) değerlerinin değişimi

### **4.3 Ekmek Üretimi ve Ekmek Kalite Özelliklerinin İncelenmesi**

Sert beyaz (HWW) Tosunbey çeşidi buğdaydan öğütülerek hazırlanan una, farklı oranlarda (% 10, % 25 ve % 50) İran, beyaz ve kırmızı teff örnekleri ilave edilmiş ve farinografta belirlenen su absorpsiyonu ve yoğurma süreleri esas alınarak ekmekler üretilmiştir (Şekil 40).

#### **4.3.1 Ekmekte Hacmin Belirlenmesi**

Farklı oranlarda teff ilavesi ile yapılan ekmeklerin hacimleri kıyaslandığında, %10, %25, %50 beyaz teff ve kırmızı teff ilavesinde edilen ekmeklerin hacimlerinin, kontrol ekmeğinin hacminden küçük olduğu ve teff ilavesi arttıkça ekmek hacim değerlerinde azalma görülmektedir (Çizelge 24, Şekil 40). Buna göre teff miktarının ekmek hacmi üzerine etkisinin önemli olduğu söylenebilir ( $p < 0,05$ ). En küçük ekmek hacmi  $212 \pm 3,5$  değeri ile % 50 İran teff örneği ve % 50 ekmeklik un karışımından oluşan ekmektedir. En yüksek hacim değeri ( $430 \pm 7,0$  cm<sup>3</sup>) kontrol olarak kullanılan ekmeklik buğday çeşidine (Tosunbey) aittir. Teff örnekleri birbiriyle kıyaslandığında kırmızı teff ilave edilen ekmeklerde hacim değerlerinin, beyaz teff ilave edilen ekmeklerden yüksek olduğu söylenebilir. Gluten içermediği için teff ilavesinin ekmek gaz tutma kapasitesinin düşük olması nedeniyle hacim değerlerinde de azalma gözlemlendiği söylenebilir.

Elde edilen ekmeklerin iç görünüşleri Şekil 41; Şekil 42; Şekil 43'de verilmiştir. Ekmek örneklerinin renk özellikleri üst kabuk ve ekmek içi kısımlarında incelenmiştir. Ayrıca ekmeklerin hacmi, ekmek içi rengi saptanmıştır.



**Şekil 40.** Teff ilave edilerek hazırlanan ekmek örnekleri  
(1. Grup; İran teff, 2. Grup; Beyaz teff, 3. Grup; Kırmızı teff)

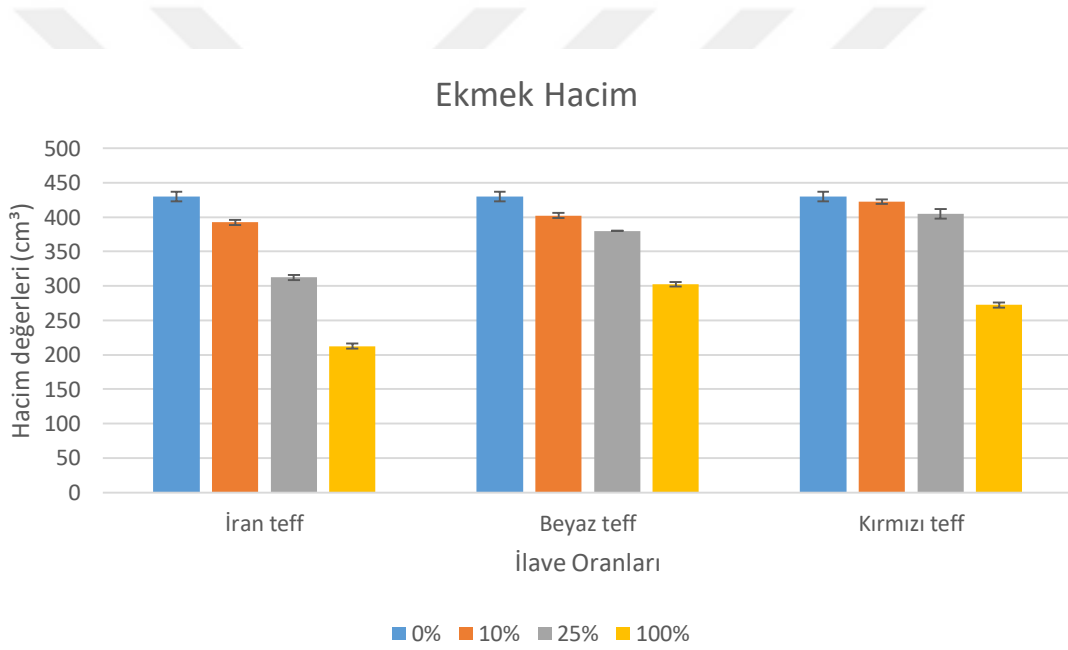
**Çizelge 24.** Ekmeklerin hacimleri (cm<sup>3</sup>)

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	430 ± 7,0 a, A	430 ± 7,0 a, A	430 ± 7,0 a, A
10	393 ± 3,5 b, C	403 ± 3,5 b, B	423 ± 3,5 b, A
25	313 ± 2,8 c, C	380 ± 0,0 c, B	405 ± 7,0 c, A
50	213 ± 3,5 d, C	303 ± 3,5 d, A	273 ± 3,5 d, B

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler önemli fark vardır (p<0,05).



**Şekil 41.** Ekmek örneklerinde hacim değerlerinin değişimi

Şekil 42’de farklı oranlarda İran teff örneği ilavesinin ekmeğin iç yapısında ve renginde meydana getirdiği değişiklikler görülmektedir. Kontrol (Tosunbey) ekmekleri ile İran tefi ile hazırlanan ekmekleri karşılaştırıldığında; teff miktarı arttıkça ekmek renginin koyulaştığı ve ekmek iç yapısındaki gözeneklerin azaldığı görülmektedir.

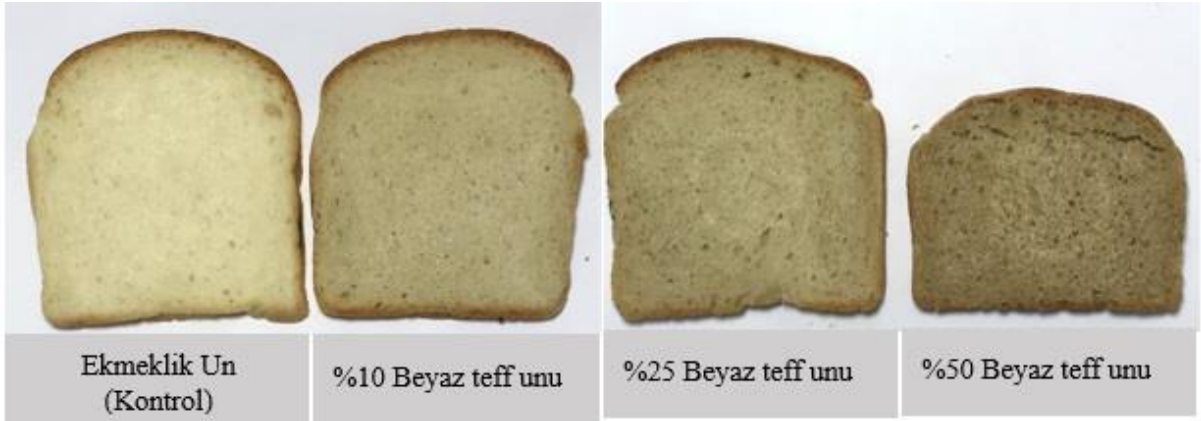
İran koşullarında yetişmiş teff örneği kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinde teff ilavesi arttıkça kabuğun iç kısımdan ayrılması ve ekmek iç yüzeyinde gözeneklerin belirgin oranda azalması gözlenmiştir.

Şekil 43’de beyaz teff ilavesi ile ekmek renginin koyulaştığı, ekmek iç yapısındaki gözeneklerin homojen dağılımının kısmen de olsa bozulduğu, gözeneklerinin irileştiği görülmüştür. Beyaz teff miktarı arttıkça ekmeklerin dış görünüşlerinde hacim farkı dışında belirgin farklılıklar gözlenmemiştir.

Şekil 44’de kırmızı teff ilavesi arttıkça ekmek renginin belirgin şekilde koyulaştığı ve ekmek iç yapısındaki gözeneklerin homojen dağılımının bozulduğu, gözeneklerinin irileştiği tespit edilmiştir. Kırmızı teff miktarının artmasıyla ekmek dış yüzeyinde gözeneklerin sayısında da artış gözlenmiştir.



Şekil 42. İnan teff kullanılarak üretilen ekmeç örnekleri



Şekil 43. Beyaz teff kullanılarak üretilen ekmeç örnekleri



Şekil 44. Kırmızı teff kullanılarak üretilen ekmeç örnekleri

### 4.3.2 Ekmekte Tekstür Analizi

Farklı oranlarda (% 10, % 25 ve % 50), İran, beyaz ve kırmızı teff ilavesi ile yapılan ekmeklerin tekstür analizine ait sertlik değerleri Çizelge 25 ve Şekil 45' de verilmiştir. Ekmeklik buğday (Tosunbey) unundan (kontrol) imal edilmiş ekmeğin sertlik değeri  $843,68 \pm 49,910$  N olarak bulunmuştur. Kontrol ununa ilave edilen teff miktarı arttıkça her üç teff çeşidinde de sertlik değerinin arttığı görülmüştür. Sertlik değerlerinden en yüksek olanı ise  $2848,29 \pm 364,103$  N ile % 50 İran teff ile üretilen ekmeğe aittir. Bu sonuçlara göre, hacim azalması ile ekmeğin sıkıştırılması için gereken kuvvetin artışı arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Farklı teff örnekleri kendi aralarında karşılaştırıldığında, teff miktarı arttıkça ekmeğin sıkıştırılması için gerekli olan kuvvetin artmış olması daha küçük ve sert ekmekler elde edildiğini göstermektedir. % 10 teff ilave edilen örneklerde tüm teff örnekleri arasındaki önemli bir fark bulunmamaktadır. Yine % 25 teff ilave edilen örneklerde İran ve beyaz teff örnekleri arasındaki önemli bir fark bulunmazken, kırmızı teff örneği ile aralarındaki fark önemli bulunmuştur. Yüksek ilave oranında (% 50) ise teff çeşitlerinin sertlik değeri üzerine etkileri bakımından aralarında önemli fark olduğu tespit edilmiştir.

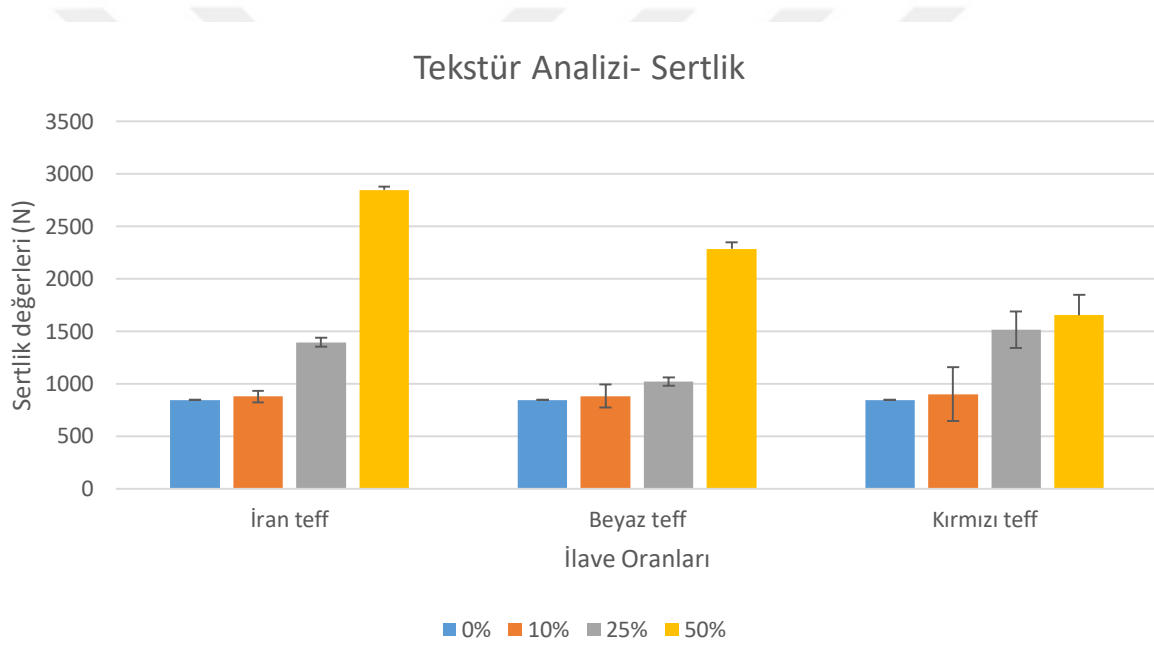
**Çizelge 25.** Ekmek örneklerine ait ortalama sertlik (hardness) değerleri

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	843,68 ± 41,910 c, A	843,68 ± 41,910 b, A	843,68 ± 41,910 b, A
10	878,30 ± 79,436 c, A	882,53 ± 61,129 b, A	900,326 ± 42,426 b, A
25	1394,37 ± 153,58 b, B	1021,70 ± 55,847 b, B	1513,456 ± 89,095 a, A
50	2848,29 ± 364,103 a, A	2284,37 ± 245,762 a, B	1653,805 ± 279,040 a, C

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

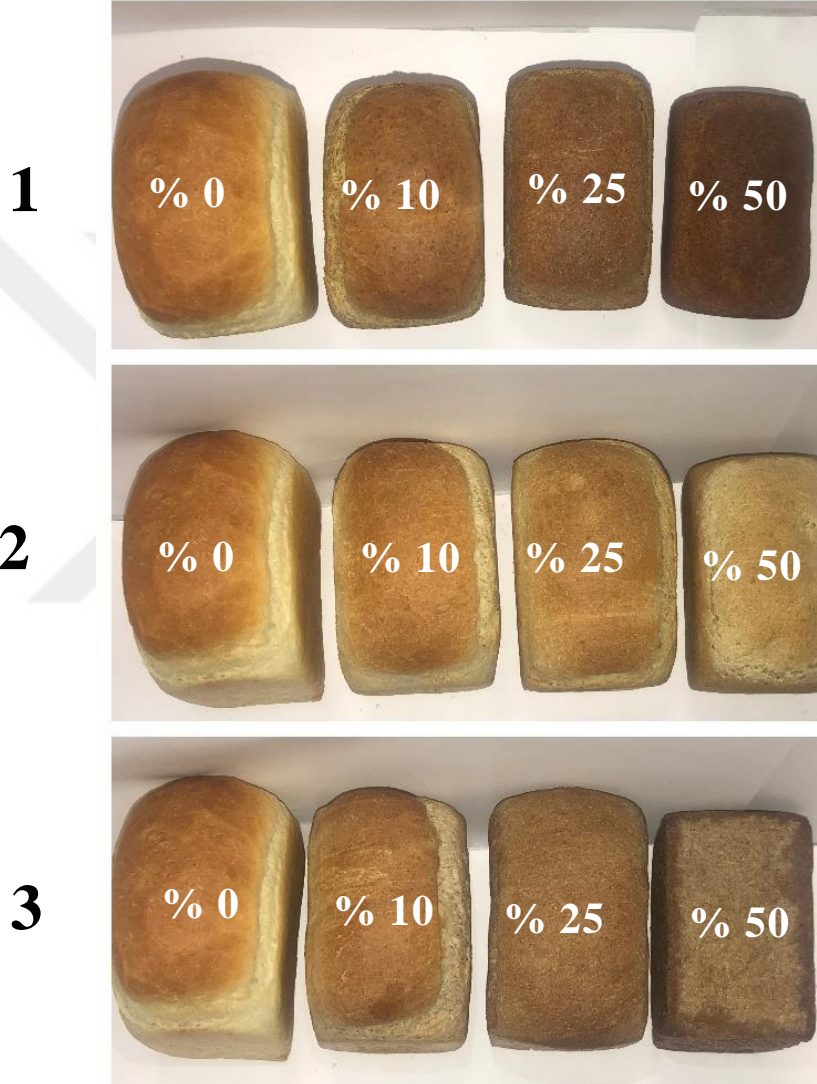
\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).



**Şekil 45.** Ekmek örneklerine ait sertlik değerleri grafiği

### 4.3.3 Ekmekte Renk Analizi

Kontrol olarak kullanılan ekmeklik un örneğine (Tosunbey) farklı oranlarda teff (İran, beyaz ve kırmızı) ilave edilerek ile hazırlanmış ekmek örneklerinde; üst kabuk ve ekmek içi renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) değerleri Çizelge 26; Çizelge 27; Çizelge 28’ da verilmiştir. Ekmek kabuklarına ait renk değerleri ise Şekil 46 ‘da görülmektedir.



**Şekil 46.** Teff ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin üst kabuk renkleri

(1. Grup; İran teff, 2. Grup; Beyaz teff, 3. Grup; Kırmızı teff)

Teff ilave edilerek elde edilen ekmekler ile Tosunbey unundan (kontrol) üretilmiş ekmekler karşılaştırıldığında; dış kabukta en yüksek parlaklık değerinin  $43,47 \pm 0,031$  ve ekmek içinde en yüksek parlaklık değerinin de  $78,04 \pm 1,257$  değeri ile kontrol unundan yapılmış ekmek içi değerine ait olduğu görülmektedir (Çizelge 26). Dış kabuğa ait en yüksek kırmızılık değerinin  $10,85 \pm 0,073$  ve ekmek içine ait en yüksek kırmızılık değerinin de  $0,105 \pm 0,122$  değeri ile yine kontrol unundan yapılmış ekmeğe ait olduğu görülmektedir (Çizelge 27). Dış kabuğa ait en yüksek sarılık değerinin  $16,24 \pm 0,042$  değeri ile kontrol ekmeğe ve ekmek içine ait en yüksek sarılık değerinin ise  $15,75 \pm 0,204$  değeri ile %10 İran teff kullanılarak yapılmış ekmeğe ait olduğu görülmektedir (Çizelge 28).

İran teff kullanılan örneklerde teff miktarı arttıkça dış kabuk ve iç  $L^*$  (parlaklık) değerlerinin kademeli olarak azaldığı görülmektedir (Çizelge 26). Yine aynı ekmeklerde  $a^*$  (kırmızılık) değerinin de dış kabukta azaldığı fakat iç renginde  $a^*$  değerinin arttığı gözlenmektedir (Çizelge 27). İran teff kullanılan örneklerde  $b^*$  (sarılık) değerinin dış kabukta teff miktarı arttıkça azaldığı, fakat ekmek içinde belirgin etkisi olmadığı görülmüştür (Çizelge 28).

Beyaz teff kullanılan örneklerde teff miktarı arttıkça ekmek içi  $L^*$  (parlaklık) değerlerinde kademeli olarak küçük azalmaların olduğu fakat dış kabuk renginde belirgin bir değişim olmadığı görülmüştür (Çizelge 26). Yine aynı ekmeklerde  $a^*$  (kırmızılık) değerinde dış kabukta kademeli olarak küçük azalmaların olduğu, ancak ekmek içi  $a^*$  değerinde belirgin değişim olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 27). Beyaz teff kullanılan örneklerde  $b^*$  (sarılık) değeri dış kabukta ve ekmek içinde belirgin bir şekilde değişmemiştir (Çizelge 28).

Kırmızı teff ilavesi ekmek kabuğu  $L^*$  (parlaklık) değerlerinde belirgin bir artış veya azalışa neden olmazken, beyaz teff ilavesiyle birlikte parlaklığın azaldığı görülmüştür (Çizelge 26). Ekmek kabuğunda ise  $a^*$  değeri düzenli olarak azalırken, ekmek içinde düzenli olarak artmıştır (Çizelge 27). Ayrıca  $b^*$  (sarılık) değerleri teff ilavesiyle ekmek kabuğunda ve ekmek içinde düzenli olarak azalmaya sebep olmuştur.

İlave teff oranları farklı un örnekleri için karşılaştırıldığında; %10 ve % 25 teff kullanıldığında ekmek kabuğu parlaklık değerlerinde İran teff ve kırmızı teff kullanılan örnekler arası fark önemsizken, beyaz teffin diğer örneklerden farkı önemli bulunmuştur (Çizelge 26). % 50 teff kullanıldığında ise ekmek kabuğu parlaklık değerlerinde her üçü için de farklar önemli bulunmuştur. Ekmek kabuğunda  $a^*$  (kırmızılık) değeri arasındaki farklar tüm yüzdeler arası önemsiz bulunmuştur (Çizelge 27). Ekmek kabuğunda  $b^*$  (sarılık) değerlerine bakıldığında, her ilave oranında tüm çeşitler için farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 28).

**Çizelge 26.** Ekmek örneklerine ait  $L^*$  (parlaklık) değerleri

	Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz Teff	Kırmızı Teff
Ekmek Kabuğu	0	43,47 ± 0,031 a, A	43,47 ± 0,031 a, A	43,47 ± 0,031 a, A
	10	35,12 ± 0,953 a, B	42,96 ± 0,015 a, A	39,11 ± 1,986 a, B
	25	31,86 ± 0,145 a, B	40,32 ± 0,984 a, A	33,94 ± 0,846 b, B
	50	24,39 ± 0,932 b, C	43,84 ± 3,358 a, A	41,96 ± 0,123 a, B
Ekmek İçi	0	78,04 ± 1,255 a, A	78,04 ± 1,257 a, A	78,04 ± 1,257 a, A
	10	59,25 ± 0,847 a, B	70,14 ± 0,400 a, A	60,08 ± 0,909 a, B
	25	46,09 ± 0,414 b, B	63,96 ± 0,529 b, A	43,39 ± 1,312 b, B
	50	36,06 ± 0,155 c, B	54,51 ± 2,396 c, A	31,40 ± 0,222 c, C

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).

**Çizelge 27.** Ekmek örneklerine ait  $a^*$  (kırmızılık) değerleri

	Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz Teff	Kırmızı Teff
Ekmek Kabuğu	0	10,85 ± 0,073 a, A	10,85 ± 0,073 a, A	10,85 ± 0,073 a, A
	10	9,22 ± 0,036 a, A	9,76 ± 0,024 a, A	8,78 ± 0,146 b, B
	25	7,76 ± 0,092 b, A	8,55 ± 0,055 b, A	7,26 ± 0,142 c, B
	50	6,51 ± 0,254 c, A	6,59 ± 0,055 c, A	5,19 ± 0,016 d, B
Ekmek İçi	0	0,105 ± 0,112 d, A	0,105 ± 0,122 b, A	0,105 ± 0,14 c, A
	10	3,29 ± 0,067 c, A	0,97 ± 0,054 b, B	3,02 ± 0,163 c, A
	25	5,54 ± 0,021 b, A	1,63 ± 0,168 a, C	4,78 ± 0,124 b, B
	50	6,75 ± 0,056 a, A	1,63 ± 0,127 a, C	5,28 ± 0,197 a, B

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p < 0,05$ ).

**Çizelge 28.** Ekmek örneklerine ait  $b^*$  (sarılık) değerleri

	Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
Ekmek Kabuğu	0	16,24 ± 0,042 a, A	16,24 ± 0,042 a, A	16,24 ± 0,042 a, A
	10	12,2 ± 0,355 b, C	15,71 ± 0,059 a, A	13,81 ± 0,558 b, B
	25	10,12 ± 0,206 c, B	14,36 ± 0,355 b, A	10,99 ± 0,265 c, B
	50	6,6 ± 0,286 d, C	14,24 ± 0,353 b, A	10,96 ± 0,042 c, B
Ekmek İçi	0	12,87 ± 0,053 c, A	12,87 ± 0,053 b, A	12,87 ± 0,053 a, A
	10	15,75 ± 0,204 a, A	13,28 ± 0,084 a, B	11,05 ± 0,410 b, C
	25	15,05 ± 0,176 a, A	13,83 ± 0,083 a, B	9,76 ± 0,019 c, C
	50	13,05 ± 0,083 b, A	13,72 ± 0,114 a, A	7,89 ± 0,268 d, B

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

#### 4.4 Kek Üretimi ve Kek Ürünlerinin Kalite Özelliklerinin İncelenmesi

Kontrol olarak kullanılan bisküvilik una, farklı oranlarda (% 25, % 50 ve % 100) İran, beyaz ve kırmızı teff örnekleri ilave edilerek kekler üretilmiştir (Şekil 47).

##### 4.4.1 Kekte Hacmin Belirlenmesi

Kek örneklerine ait hacim değerleri Çizelge 29'da ve Şekil 47' de verilmiştir.

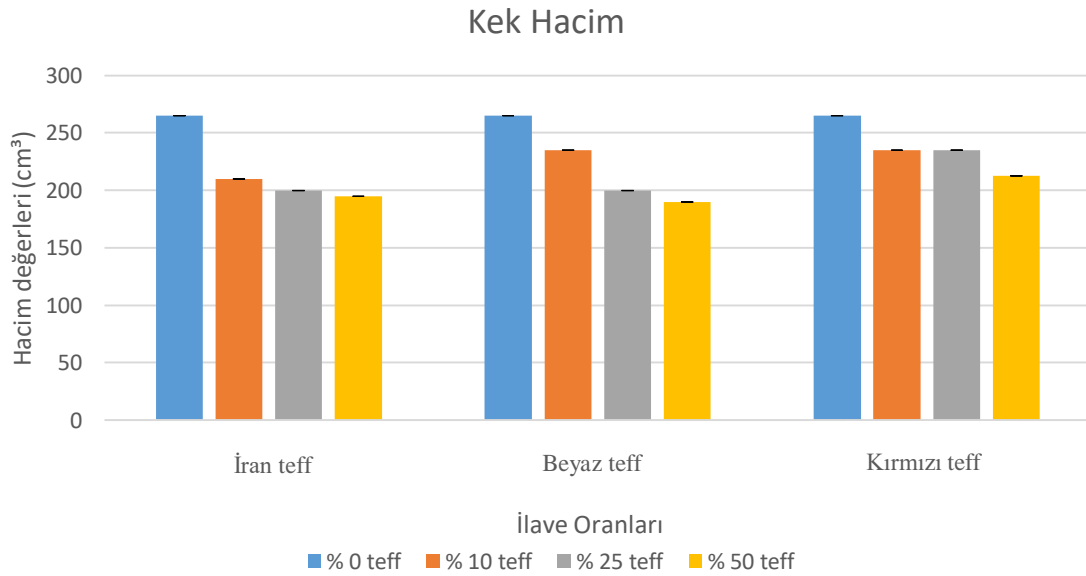
Çizelge 29. Kek örneklerine ait ortalama hacim değerleri (cm<sup>3</sup>)

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	265 ± 0,0 a, A	265 ± 0,0 a, A	265 ± 0,0 a, A
25	210 ± 0,0 b, B	235 ± 0,0 b, A	235 ± 0,0 b, A
50	200 ± 0,0 c, B	200 ± 0,0 c, B	235 ± 0,0 b, A
100	195 ± 7,0 c, A	190 ± 0,0 d, B	212 ± 3,5 c, A

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

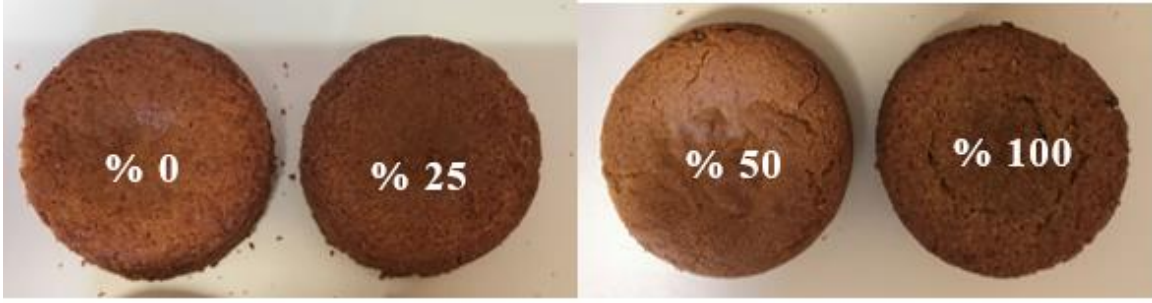
\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).



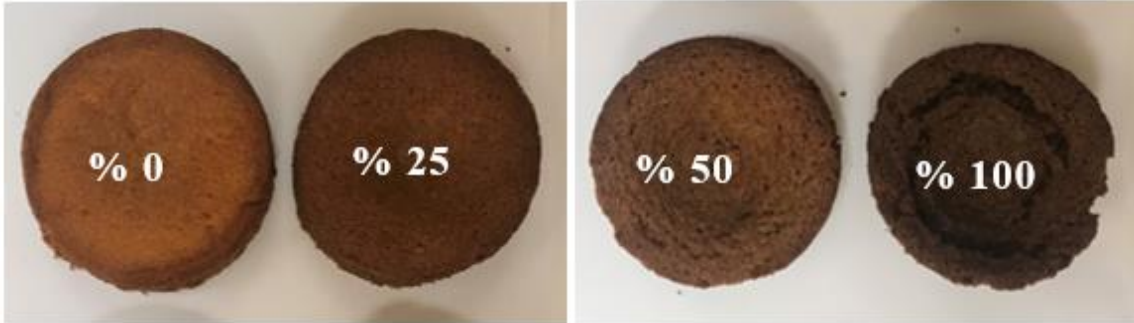
Şekil 47. Kek örneklerinin hacim değerleri grafiği



**Şekil 48.** İran teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri



**Şekil 49.** Beyaz teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri



**Şekil 50.** Kırmızı teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri

Bisküvilik undan elde edilmiş kek örneğinin hacmi  $265 \pm 0,0 \text{ cm}^3$  olarak bulunmuştur. % 25 teff kullanılan örneklerde ise en yüksek hacim Türkiye koşullarında yetişmiş kırmızı ve beyaz teff örneklerinden yapılmış kek örneklerine aittir ( $235 \pm 0,0 \text{ cm}^3$ ). % 50 ve % 100 teff kullanılan örnekler bakıldığında yine en yüksek hacim değerlerinin ( $235 \pm 0,0 \text{ cm}^3$  ve  $212 \pm 3,5 \text{ cm}^3$ ) kırmızı teff örneğinden yapılmış kek örneklerine ait olduğu ve kek örnekleri kendi içlerinde karşılaştırıldığında her üç örnekte de teff miktarı arttıkça hacmin azaldığı görülmektedir. Teff keklerinin hacim değerlerindeki bu azalmaların, tahılın gluten içermemesi nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

#### 4.4.2 Ağırlık Kaybı Değerleri

Kek hamuru ağırlıkları ve keklerin son ağırlıkları arasındaki farklardan yararlanarak keklerde meydana gelen ağırlık kaybı değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 30' da gösterilmiştir. Örneklerdeki ağırlık kaybı değerlerine ait grafik ise Şekil 51' de gösterilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında, bisküvilik undan (kontrol) yapılmış kek örneğinde ağırlık kaybının  $14,01 \pm 0,501$  gram olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında en yüksek ağırlık kaybı % 25 İran teff kullanılan örnekte oluşurken, en düşük ağırlık kaybı ise % 100 kırmızı teff kullanılan örnekte gözlenmiştir.

Kek hamurunda pişirme kaybı, hamurun yoğunluğunun azalmasıyla beraber artış gösterir. Teff örneklerinde lif miktarının fazla olması, su tutma kapasitesini arttırdığından dolayı; teff ilavesinin artmasıyla beraber ağırlık kaybının azalması beklenmelidir. Bunun yanında çeşitlerin nişasta yapıları, su bağlama özelliklerinden dolayı ağırlık kaybında etkilidir. Kırmızı teff kullanılarak üretilen kek örneğinde ilave edilen teff yüzdesi arttıkça ağırlık kaybı azalmıştır. Diyet lifi içeriğinin fazla olmasından dolayı su kaldırma kapasitesinin artması ve buna bağlı olarak ağırlık kaybının azalması beklenen bir durumdur. İran teff kullanılarak üretilen örnekte başlangıçta ağırlık kaybında artış görünse de teff ilavesi arttıkça ağırlık kaybında kademeli olarak azalma meydana geldiği görülmektedir. İran teff örneğinin lif içeriği kırmızı teff örneğinden kısmen az olduğundan ağırlık kaybında kırmızı teff kadar bir azalma olmamıştır. Beyaz teff örneği incelendiğinde ise başlangıçta teff ilavesi arttıkça ağırlık kaybında azalma meydana gelse de, teff ilave oranı daha da arttırıldığında ağırlık kaybında artış meydana gelmiştir.

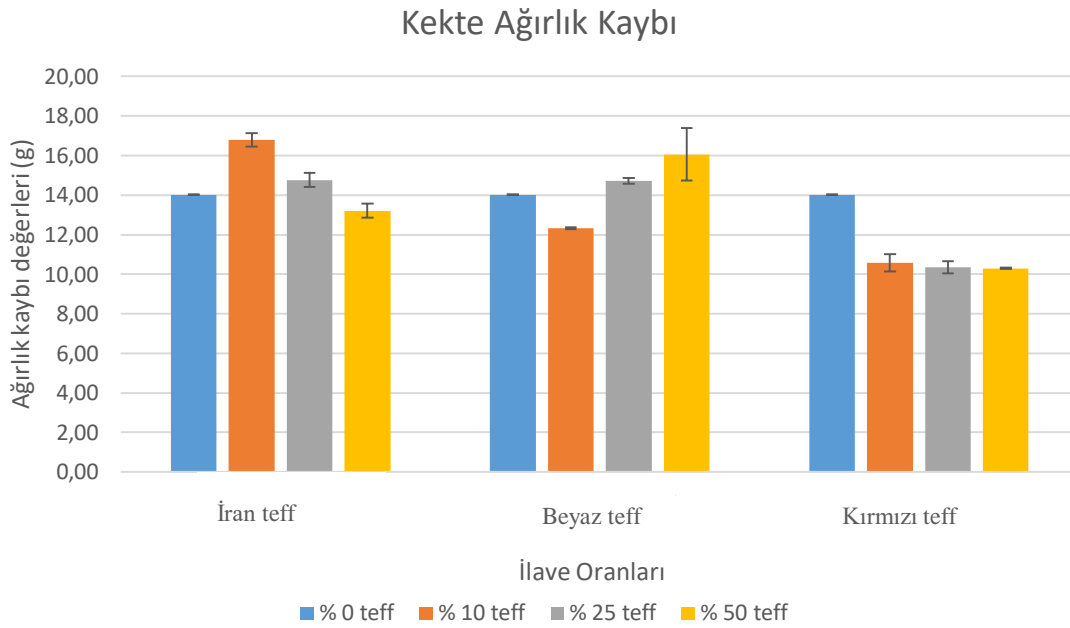
**Çizelge 30.** Teff unu ile üretilen kek örneklerine ait ağırlık kaybı değerleri (g)

Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
0	14,01 ± 0,501 b, A	14,01 ± 0,501 ab, A	14,01 ± 0,501 ab, A
25	16,79 ± 0,574 a, A	12,32 ± 0,205 ab, B	10,58 ± 3,297 ab, B
50	14,76 ± 2,081 ab, A	14,72 ± 0,456 ab, A	10,35 ± 0,032 b, B
100	13,20 ± 0,597 ab, AB	16,05 ± 3,696 a, A	10,30 ± 1,028 b, B

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).



\*Grafiklerde barlar standart sapmayı göstermektedir.

**Şekil 51.** Kek örneklerinde ağırlık kaybı değerlerinin değişimi

#### 4.4.3 Hacim, Simetri ve Tekdüzelik İndeksi Değerleri

Keklere ait hacim indeksi, simetri indeksi ve tekdüzelik indeksi değerleri Çizelge 31’de verilmiştir. Keklerin hacim indeksi değerleri keklerin gerçek hacimlerini ölçmemekte, bununla birlikte keklerin hacmi hakkında bir fikir vermektedir. Bu değerlere göre bisküvilik undan üretilen kekler en yüksek hacim indeksi değerine sahipken en düşük hacim indeksi değeri % 100 teff unu kullanılarak üretilen kekleredir. Bunun yanında teff unu ilavesi arttıkça hacim indeksi değerlerinde düzenli bir azalma olduğu görülmektedir. Bu değerlerin kolza tohumu yer değiştirme prensibine göre hesaplanan hacim değerleriyle uyumlu olduğu söylenebilir.

Simetri indeksi endüstride, keklerin üst kısımlarının yüzey profillerini belirlemek için kullanılır. Simetri indeksi değerinin pozitif bir değere sahip olması kek üst yüzeyinin arzu edilen şekilde bombeli olduğunu, negatif bir değer alması ise kekin üzerinde bir çöküntü olduğunu gösterir. Sonuçlara bakıldığında tüm keklerde simetri indeksi değerlerinin negatif olduğu, yani keklerin çöktüğü anlaşılmaktadır. Bu durum da bisküvilik un olarak kullanılan unun bisküvide iyi sonuç verirken, çok zayıf un olmasından dolayı kek üretimine uygun olmadığını göstermektedir.

Tekdüzelik indeksi değeri, kekin kesit simetrisini gösterir ve bu indeks değerinin 0 olması istenir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, % 100 beyaz teff unu kullanılan örnek dışındaki örneklerde istenen bombe oluşmasa da simetrilerinin düzgün olduğu görülmektedir.

**Çizelge 31.** Keklere ait hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi değerleri\*

	Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
Hacim İndeksi (B+C+D)	0	117	117	117
	25	98	92	104
	50	84	88	94
	100	82	68	Parçalandı
Simetri İndeksi (2C-B-D)	0	-6	-6	-6
	25	-20	-20	-32
	50	-24	-16	-40
	100	-16	-38	Parçalandı
Tekdüzelik İndeksi (B-D)	0	0	0	0
	25	0	0	0
	50	0	0	0
	100	0	-2	Parçalandı

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

#### 4.4.4 Kekte Tekstür Analizi

Keklere ait tekstür analiz sonuçları Çizelge 32’de verilmiştir. Kek örneklerinde, belli bir deformasyon sağlamak için gerekli kuvvet (sertlik), bisküvilik kontrol unundan üretilen kek örneğinde en düşük ve % 100 beyaz teff kullanılan örneklerde en yüksek bulunmuştur. Türkiye koşullarında yetiştirilmiş beyaz teff kullanılan örneklerde teff ilavesi arttıkça, sertlik değerinde düzenli artış gözlenmiştir. Türkiye koşullarında yetiştirilmiş kırmızı teffte % 25 oranında ilave edildiğinde, kekin sertlik değeri  $4,78 \pm 0,376$  olarak bulunmuştur. Daha yüksek miktarda kırmızı teff kullanılan örnekler ise tekstür analiz cihazında ölçüm sırasında parçalandığından sertlik değerleri elde edilememiştir. Kontrol olarak kullanılan İran teff ile üretilmiş örneklerde ise, beyaz teff örneğinde olduğu gibi teff ilavesi arttıkça sertlik değerinin arttığı gözlenmiştir.

%100 İnan teffi ile yapılan kekler ölçüm sırasında parçalandığından değerlendirmeye alınamamıştır.

Gıda maddesinin yapısındaki iç bağların gücünü gösteren yapışkanlık değerlerinde belirgin ve düzenli bir artış veya azalış gözlenmemiştir. En yüksek yapışkanlık değeri,  $0,31 \pm 0,131$  değeri ile % 25 beyaz teff unu kullanılan örnekte, en düşük yapışkanlık değeri ise % 50 beyaz teff unu kullanılan örnekte gözlenmiştir. Parçalanan 3 örnek ise değerlendirmeye alınamamıştır.

Gıda maddesinin üzerindeki deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendinin toparlayarak deformasyondan önceki haline dönme hızı olan esneklik değeri açısından; İnan teff kullanılan kek örneğinde teff oranı arttıkça esnekliğin arttığı; beyaz teff kullanılan örnekte ise teff oranı arttıkça esnekliğin azaldığı gözlenmektedir. Kırmızı teff kullanılan örneklerde ise sadece 2 örnek parçalanmamış ve bu örnekler için ölçüm alınabildiğinden yorumlanamamıştır. Teff oranının artmasıyla keklerin parçalanması ayrıca pişme sırasında da keklerin üst yüzeylerinin çökmesi gibi nedenlerle tekstür analizinde homojen örnek alınamaması esneklik değerlerinde farklı sonuçların alınmasına neden olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 32.** Kek örneklerine ait sertlik, yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik değerleri

	Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
Sertlik	0	2,76 ± 0,070 b, A	2,76 ± 0,070 d, A	2,76 ± 0,070 b, A
	25	2,80 ± 0,079 b, C	3,64 ± 0,014 c, B	4,78 ± 0,376 a, A
	50	3,27 ± 0,236 a, B	5,54 ± 0,035 b, A	parçalandı
	100	parçalandı	6,13 ± 0,140 a	parçalandı
Yapışkanlık	0	0,29 ± 0,010 a, A	0,29 ± 0,010 a, A	0,29 ± 0,010 a, A
	25	0,26 ± 0,082 b, B	0,31 ± 0,131 a, A	0,21 ± 0,001b, C
	50	0,25 ± 0,013 b, A	0,17 ± 0,015 c, B	parçalandı
	100	parçalandı	0,23 ± 0,02 b	parçalandı
Esneklik	0	6,56 ± 0,142 c, A	6,56 ± 0,142a, A	6,56 ± 0,142 a, A
	25	7,27 ± 0,266 b, A	6,17 ± 0,162 b, B	5,78 ± 0,287 b, C
	50	8,16 ± 0,314 a, A	5,85 ± 0,871 c, B	parçalandı
	100	parçalandı	5,60 ± 0,085 d	parçalandı
Çiğnenebilirlik	0	5,20 ± 0,180 a, A	5,20 ± 0,180 c, A	5,20 ± 0,180 a,A
	25	5,43 ± 0,006 a, C	7,12 ± 0,332 d, A	5,90 ± 0,286 a, B
	50	6,58 ± 0,175 a, A	5,71 ± 3,233 a, B	parçalandı
	100	parçalandı	9,43 ± 2,214 a	parçalandı

\*Değerler iki tekrarın ortalamasıdır.

\*\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).

\*\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır (p<0,05).



**Şekil 52.** Beyaz teff ilave edilerek hazırlanan kek örnekleri

#### 4.4.5 Kekte Renk Analizi

Kek örneklerine ait  $L^*$ (parlaklık),  $a^*$ (kırmızılık-yeşillik),  $b^*$ (sarılık-mavilik) değerleri Çizelge 33, Çizelge 34 ve Çizelge 35' de gösterilmiştir.

**Çizelge 33.** Kek örneklerine ait  $L^*$  (parlaklık) değerleri

	Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
Kek Kabuğu	0	44,40 ± 0,300 a, A	44,40 ± 0,300 a, A	44,40 ± 0,300 a, A
	25	39,17± 0,001 a, A	39,37± 1,287 a, A	34,43± 0,939 b, B
	50	36,28±1,345 b, A	33,22± 9,897 a, B	parçalandı
	100	Parçalandı	28,78±6,205 a, A	parçalandı
Kek İçi	0	62,96 ± 0,130 a, A	62,96 ± 0,130 a, A	62,96 ± 0,130 a, A
	25	43,79±2,245 c, B	50,72±0,895 c, A	43,65±1,885 b, B
	50	36,75±0,493 b, B	54,57±2,343 b ,A	parçalandı
	100	parçalandı	47,48±0,718 c,A	parçalandı

\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 34.** Kek örneklerine ait  $a^*$  (kırmızılık) değerleri

	Karışım Oranı (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
Kek Kabuğu	0	17,34 ± 0,880 a, A	17,34 ± 0,880 a, A	17,34 ± 0,880 a, A
	25	15,37± 1,304 b, A	16,52± 0,882 a,A	13,93± 1,393 b, B
	50	14,52± 0,995 b, A	12,53± 0,287 b,A	parçalandı
	100	parçalandı	10,43± 3,565 c	parçalandı
Kek İçi	0	2,15 ± 0,075 b, A	2,15 ± 0,075 b, A	2,15 ± 0,075 b, A
	25	5,94± 0,146 b, A	4,21± 1,025 a,B	5,91± 0,064 a, A
	50	9,98± 0,115 a, A	3,84± 0,674 a, B	parçalandı
	100	parçalandı	4,02± 0,275 a,A	parçalandı

\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 35.** Kek örneklerine ait  $b^*$  (sarılık) değerleri

	Karışım Oranları (%)	İran teff	Beyaz teff	Kırmızı teff
Kek Kabuğu	0	31,92 ± 3,000 a, A	31,92 ± 3,000 a, A	31,92 ± 3,000 a, A
	25	24,50± 0,796 b, A	25,76± 3,476 b, A	22,55±0,794 b, B
	50	20,83± 0,134 c, A	20,74± 9,074 c, A	parçalandı
	100	parçalandı	20,58± 3,472 c, A	parçalandı
Kek İçi	0	27,32 ± 0,206 a, A	27,32 ± 0,206 a, A	27,32 ± 0,206 a, A
	25	26,28± 0,363 a, A	27,63± 0,415 a, A	25,11±1,246 b, A
	50	24,88± 1,06 b, B	28,19± 2,34 a, A	parçalandı
	100	parçalandı	26,84± 1,52 a, A	parçalandı

\*Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

\*\*Aynı satır içerisinde farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasında önemli fark vardır ( $p<0,05$ ).

Farklı oranlarda teff ilavesinin kek içi ve kabuk rengine etkisi,  $L^*$   $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ile belirlenmiştir. Bisküvilik un (kontrol) örneğinde kabukta  $L^*$  (parlaklık) değeri  $44,40 \pm 0,300$ ; kek içinde ise  $62,96 \pm 0,130$  olarak ölçülmüştür. Bisküvilik un örneğine ait  $a^*$  (kırmızılık) değeri kek yüzeyinde  $17,34 \pm 0,880$ ; kek içinde ise  $2,15 \pm 0,075$  ve  $b^*$  (sarılık) değeri ise kek yüzeyinde  $31,92 \pm 3,000$ ; kek içinde  $27,32 \pm 0,206$  olarak bulunmuştur. İran teffi kullanılan örneklerde teff miktarı arttıkça dış kabuk ve iç  $L^*$  (parlaklık) değerlerinin kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Yine aynı keklerde  $a^*$  (kırmızılık) değerinin ve  $b^*$  (sarılık) değerinin de dış kabukta kademeli olarak azaldığı fakat iç renginde  $a^*$  ve  $b^*$  değerinin arttığı gözlenmektedir.

Beyaz teff ile üretilen örneklerde teff miktarı arttıkça, kek yüzeyinde ve kek içi renginde  $L^*$  (parlaklık) değerlerinde kademeli olarak azalma olduğu görülmektedir. Yine aynı keklerde  $a^*$  (kırmızılık) değerinde dış kabukta kademeli olarak küçük azalmaların olduğu fakat ekmek iç renginde bu değerde önemli değişim olmadığı gözlenmektedir. Beyaz teff kullanılan örneklerde  $b^*$  (sarılık) değerinin dış kabukta düzenli olarak azalmasına rağmen, ekmek içinde önemli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.

Kırmızı teff kullanılan örneklerde teff miktarı arttıkça kek içi ve kek yüzeyinde bisküvilik un kullanılan örneğe göre  $L^*$  (parlaklık) değerlerinde azalma olduğu söylenebilir. Yine aynı keklerde  $a^*$  (kırmızılık) değerinde dış kabukta bisküvilik undan yapılan örneğe göre azalma olurken; kek iç renginde bu değerde artış olduğu gözlenmektedir. Kırmızı teff kullanılan örneklerde  $b^*$  (sarılık) değerinin dış kabukta ve kek içinde azaldığı görülmektedir. Yüksek oranda (% 50 ve % 100) kırmızı teff ile üretilen kekler ölçüm sırasında parçalandığından renk

analizi bu örneklerde yapılamamış ve değerlendirmeye alınamamıştır. Her üç teff ve bisküvilik undan üretilmiş kekler kendi aralarında karşılaştırıldığında; dış kabuk ve kek içine ait en yüksek  $L^*$  (parlaklık) değerinin bisküvilik undan yapılmış keke ait olduğu görülmektedir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yurt dışında alternatif gıdalara olan talebin hızla artması teffin önemini her geçen gün arttırmaktadır. Düşük kalorili ve besleyiciliğinin yüksek olması sebebiyle Avrupa ülkeleri tarafından son yıllarda keşfedilen ve hakkında oldukça fazla çalışma yapılan bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada son yıllarda tüm dünyada yükselen glutensiz beslenme talebi ve alternatif gıdalara olan ilginin artmasıyla beraber popülaritesi her geçen gün artan ve ülkemizde ticari boyutta tarımı henüz yapılmayan bir tür olan *Eragrostis tef* tahılının insan beslenmesine uygunluğu araştırılmış ve bisküvi, kek ve ekmek gibi hububat ürünlerinde kullanım imkânları açıklanmıştır.

Eskişehirli yerel bir üreticiden temin edilen kırmızı ve beyaz teff örnekleri ile İran'dan getirilen kırmızı teff örneği tam tahıl olarak öğütülerek bazı kimyasal özellikleri (nem, protein, yağ, gluten, diyet lif, mineral madde, fitik asit) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, İran teff örneğine ait protein değeri (% 2,7 ± 0,08) ekmeklik un örneğine göre (% 16,2 ± 1,71) çok düşük bulunmuştur. Ekmeklik un örneğine en yakın protein değeri kırmızı teff örneğine (%13,8 ± 0,63) aittir. Türkiye koşullarında yetişen beyaz ve kırmızı teff örneklerinin protein değeri açısından sağladığı fayda İran teff örneğine göre daha üstün ve kabul edilebilirdir. Örneklerin yağ miktarlarına bakıldığında, İran teff örneğinin yağ miktarının % 28,8 ± 1,59 ile diğer örneklerden çok yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre İran teff örneğinin, obezite açısından uygun olmadığı söylenebilir. Türkiye koşullarında yetişmiş beyaz ve kırmızı teff örneklerinin, yağ miktarı bakımından insan beslenmesi için daha uygun olduğu düşünülmektedir.

Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği, 5. Maddenin b bendinde belirtildiği üzere; max 20 ppm gluten içeren gıdalar glutensiz kabul edilmektedir. Beyaz teff örneğinde tespit edilen 57 ppm glutenin öğütme ve/veya analiz sırasında kontaminasyon kaynaklı olduğu düşünülmüş ve diğer teff tohumlarında gluten miktarı 20 ppm'den düşük bulunmuştur. Teff tohumları glutensiz içeriğinden dolayı çölyak hastaları ve glutensiz beslenme talebi olan bireylerin tüketimine uygundur. Örneklerde diyet lifi miktarı en yüksek beyaz teff örneğinde (% 8,7 ± 0,11), en düşük ise İran teff örneğinde (% 5,7 ± 0,01) tespit edilmiştir. Her üç tür teff örneğinde de diyet lif miktarı buğdaya göre fazladır ve sağlık faydası düşünüldüğünde diyet ürünlerde kullanılabilirlik açısından uygundur. Fitik asit değerleri açısından bakıldığında, teff örnekleri ve buğday örnekleri arasında, teff tahılının tam tahıl olmasından dolayı içeriğindeki kepekten dolayı fitik asit miktarının bir miktar fazla olduğu

görülse de; teff örnekleri ve ekmek ile bisküvi ve kek üretiminde kontrol olarak kullanılan buğday unları arasında önemli fark olmadığı görülmüştür.

Fitik asidin, kalsiyum, magnezyum, çinko, demir ve fosfor gibi esansiyel minerallerle kompleks hale gelerek, onların çözünürlük ve sindirilebilirliklerini olumsuz etkileyerek mineral yetersizliğine sebep olması sebebiyle teff ürünlerinde fitik asit miktarını azaltmak için çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Teff örneklerine ait fenolik bileşik miktarları  $251,1 \pm 94,09$  ila  $773,5 \pm 55,92$  mg gallik asit eşdeğeri/kuru madde arasında değişmiştir. Türkiye’de yetişen bazı buğday türleriyle yapılan araştırma sonuçlarına göre Türkiye’de yetişen teff çeşitlerinin fenolik bileşik miktarlarının buğdaya göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Buna göre antioksidan etkileri açısından daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

Mineral madde kompozisyonlarına bakıldığında sodyum (Na) miktarı  $12,1 \pm 0,02$  mg ile  $10,7 \pm 0,98$  mg arasında değişmiştir. Sodyum miktarı bakımından teff örnekleri arasında önemli fark bulunmazken literatür bilgileriyle karşılaştırıldığında buğdaya göre daha fazla bulunmuştur. Teff örnekleri ile buğday unları arasındaki sodyum (Na) miktarındaki bu fark sağlık açısından, tansiyon hastaları için teff unu tüketimini sınırlandırabilir. Potasyum ( $605,0 \pm 3,43$  mg -  $354,1 \pm 0,34$  mg), magnezyum ( $316,4 \pm 2,35$  mg -  $159,7 \pm 4,56$  mg ), çinko ( $4,8 \pm 0,98$  mg -  $3,8 \pm 0,77$  mg), demir ( $23,8 \pm 3,45$  mg -  $4,0 \pm 0,89$  mg) ve kalsiyum ( $246,7 \pm 6$  mg -  $126,8 \pm 9,87$  mg) değerlerinin de buğdaya göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Beyaz, kırmızı ve İran teffi arasında mineral miktarlarındaki farklar, ürün geliştirmede göz önüne alındığında, üründe hangi amaçla zenginleştirme yapılacaksa, o minerali en fazla içeren teff çeşidi kullanılabilir.

Teff örnekleri kullanılarak üretilen bisküvi, ekmek ve keklerde kalite özellikleri belirlenmiştir. Bisküvi örneklerinde; teff miktarı arttıkça, tefin gluten içermemesi ve bununla birlikte ağ yapının oluşmaması nedeni ile yayılma oranının arttığı gözlenmiştir. Bununla beraber teff tohumlarının kavuzuyla beraber öğütülmesi sonucunda lif miktarındaki artışın, yüzey çatlaklarını ve sertlik değerlerini arttırdığı görülmüştür. Bisküvilerin renkleri teff tohumlarının renkleriyle doğru orantılı olarak teff ilavesiyle birlikte renklerde koyulaşma ve parlaklık değerlerinde azalma görülmüştür. Teff ile üretilen tüm bisküvi örneklerinde tüketilebilir veya tercih edilebilir ürünler elde edildiği görülmüştür. Çölyak hastaları ve glutensiz beslenme talebi olan bireyler, Türkiye koşullarında yetiştirilmiş % 100 teff ile yapılan bisküvi tercih edebilirler.

Ekmek örneklerinde teff miktarı artıkça, glutensiz olmasından dolayı gaz tutma kapasitesinin düşük olması ekmek hacimlerinin azalmasına ve sertlik değerinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca teff tohumlarının rengine bağlı olarak teff oranı arttığında rengin koyulaştığı ve parlaklığın azaldığı görülmüştür. Türkiye koşullarında yetişmiş teff örnekleri kullanılan ekmeklerde % 25 teff oranına kadar ekmek hacimlerinde fazla bir değişiklik olmamakla beraber % 50 teff kullanılan örneklerde hacim azalması daha belirgindir. Bu sebeple çölyak hastalarının tercih edebileceği şekilde % 100 teff unundan ekmek üretimi gerçekleştirilememiş olsa da farklı tahıl türlerinin unlarıyla karıştırılarak sağlık faydası artırılmış yeni ürünler üretilebilir. Bunun yanında glutensiz ürünlerde çeşitli katkı maddeleri ve enzimler kullanılarak ekmek kalitesinin geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Kek örneklerinde de diğer ürünlerde görüldüğü gibi teff tohumlarının glutensiz oluşundan kaynaklı olarak, teff yüzdesi arttıkça kek hacimlerinin azaldığı, ortalarında çökme meydana geldiği ve simetrisinin bozulduğu; aynı zamanda parçalanmaya başladığı gözlenmiştir. Teff miktarı arttıkça sertlik değerinin arttığı ve teff çeşitlerinin rengine bağlı olarak rengin koyulaştığı ve parlaklığın azaldığı görülmüştür. Kek ürünlerinde % 100 teff kullanılan örneklerde parçalanma meydana gelmiştir. Özellikle lif katkısı ve antioksidan etkileri düşünüldüğünde daha düşük oranlarda teff kullanılarak kekler üretilmesi mümkündür.

Yapılan ürün denemelerinde bisküvi için % 100'e kadar oranlar kabul edilebilir olurken, ekmekte % 25'e kadar olan oranlarda daha kabul edilebilir ürünler elde edilmiştir. Bu oran kek için ise ekmekte olduğu gibi % 25 olarak belirlenmiştir. Kek ürünleri % 25 teff ilave oranından sonra parçalanmaya başlamışlardır.

Teff örneklerinden üretilen ürün özellikleri düşünüldüğünde, teff tahılının gluten içermemesi nedeniyle krep şeklinde fermente bir ekmek olan injera yapımına daha uygun olabileceği düşünülmektedir. Türkiye koşullarında yetişmiş teff tahılları, yöresel olarak, bazlama, ekşi hamur ekmeği ve ekmek gibi ürünlerde yeni formülasyonlar geliştirilerek kullanılabilir. Deneme yapılan örneklere bakıldığında, en uygun olan ürünün bisküvi olduğu söylenebilir. Bununla beraber galeta, kraker gibi ürünlerde kullanılması da uygun olacaktır.

Türkiye koşullarında yetişmiş olan kırmızı ve beyaz teff örnekleriyle elde edilen ürünlerin kalitesi üzerine etkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Bisküvilerde kırmızı teff kullanılan örneklerde daha yüksek sertlik ve daha düşük gevreklik değerleri elde edilmiştir. Buna göre beyaz teff kullanılarak üretilen bisküvi örneklerinin daha kabul edilebilir olduğu söylenebilir. Beyaz teff kullanılarak (% 50 oranına kadar) üretilen ekmek hacimi ve sertlik değerlerinde

önemli farklara rastlanmazken, aynı oranlarda kırmızı teff kullanılan ekmeklerde hacim ve sertlik değerlerinin daha belirgin düştüğü görülmüştür. % 50 ilave oranına kadar kırmızı ve beyaz teff ilavesi ile kabul edilebilir ekmekler elde edilmiştir. Kırmızı teff ilavesi arttıkça keklerin parçalandığı görülmüştür. Beyaz teff kullanıldığında ise daha kabul edilebilir kalite özelliklerine sahip kekler elde edilmiştir.

Teffin sayılan sağlık faydalarının dışında, kuraklığa ve sert iklim koşullarına dayanıklı olması, yaygın tahıllar yetiştirme dönemlerinde herhangi bir zarara uğrarlarsa, teffin ikincil ürün olarak yetiştirilebilmesi; küresel ısınmayla beraber oluşacak her türlü koşul için teffin gelecekteki önemini arttırmaktadır. Bunun yanısıra ülkemizde glutensiz gıdalara ulaşım zorluğu ve düşük gelir düzeyli vatandaşların glutensiz beslenme taleplerinin karşılanmasında teff alternatif bir tahıl olarak kullanılabilir.

Ülkemizde teff üretimi halen deneme aşamasında olduğundan yurt dışından ithal edilmektedir. Bu çalışmada Türkiye koşullarında yetişen teff türüne ait sonuçların, Dünya genelinde yapılan araştırma sonuçlarıyla uygunluk gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle, ülkemizde teff tüketiminin artması için üretim alanlarının genişlemesi, yerli teff ürünlerinin çeşitlendirilmesi, bölgelere uygun verimi yüksek ve fonksiyonel bileşenlerce zengin yerli üretim tescilli teff türlerinin yetiştirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ketema S., *Tef - Eragrostis Tef (Zucc.)*, **1997**.
- [2] Adnew T., Ketema S., Tefera H., and Sridhara H., “Genetic diversity in tef [Eragrostis tef (Zucc.) Trotter] germplasm,” *Genetic Resources Crop Evolution.*, vol. 52, no. 7, pp. 891–902, doi: 10.1007/s10722-003-6099-0., **2005**.
- [3] Assefa K., Yu J. K., Zeid M., Belay G., Tefera H., and Sorrells M. E., “Breeding tef [Eragrostis tef (Zucc.) trotter]: Conventional and molecular approaches,” *Plant Breeding*, vol. 130, no. 1, pp. 1–9, doi: 10.1111/j.1439-0523.2010.01782.x., **2011**.
- [4] Belay G., Zemedede A., Assefa K. and Tefera H., “Seed size effect on grain weight and agronomic performance of tef [Eragrostis tef (Zucc.) Trotter],” *African Journal of Agricultural Research*, vol. 4, no. 9, pp. 836–839, **2009**.
- [5] Bedane G. M., Saukuru A. M., George D. L., and Gupta M. L., “Evaluation of teff (Eragrostis tef [Zucc.] Trotter) lines for agronomic traits in Australia,” *Australian Journal of Crop Science*, vol. 9, no. 3, pp. 242–247, **2015**.
- [6] Crymes A. R., “The International Footprint of Teff: Resurgence of an Ancient Ethiopian Grain,” *Washingt. Univ. Saint Louis*, pp. 1–99, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2., **2015**.
- [7] Belay G., Zemedede A., Assefa K., Metaferia G., and Tefera H., “Seed size effect on grain weight and agronomic performance of tef [Eragrostis tef (Zucc.) Trotter],” *African Journal of Agricultural Research*, vol. 4, no. 9, pp. 836–839, **2009**.
- [8] Sarı U., Tiryaki İ., “Alternatif Tahıl : Eskinin Unutulmuş Yeni Bitkisi Tef ( Eragrostis tef [ Zucc .] Trotter ) An Alternative Cereal: Forgotten a New Plant from The Past,” *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, vol. 21, no. 3, pp. 447–456, **2018**.
- [9] Baye K., “Teff: nutrient composition and health benefits,” *Ethiopia Strategy Support Program*, no. October, pp. 2013–2014, doi: 10.2499/9780896292833\_15., **2014**.
- [10] Dent R. and Reid R., “Agronomic evaluation of teff in Tasmania”, Project Summary, Rural Industries R&D Corporation, Australia, **2015**.
- [11] Zhu F., “Chemical composition and food uses of teff (Eragrostis tef),” *Food Chemistry*, vol. 239, pp. 402–415, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.101., **2018**.
- [12] Vandeveldede J., “In vitro digestie en biooegankelijkheid van mineralen en fenolische

- componenten van teff injera,” Gent Universiteit, **2016**.
- [13] Francom M. G. and Counselor A., “Ethiopia Grain and Feed Annual Drought Could Impact Corn , Sorghum and Millet Production,” *Global Agricultural Information Network*, vol. 18, **2017**.
- [14] Gebremariam M. M., Zarnkow M., and Becker T., “Teff (Eragrostis tef) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: a review,” *Journal of Food Science and Technology*, vol. 51, no. 11, pp. 2881–2895, doi: 10.1007/s13197-012-0745-5., **2012**.
- [15] Rakıcıoğlu H. Neslişah, *Kalsiyum D Vitamini Ve Osteoporoz*, Hacettepe Üniversitesi-Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, **2008**.
- [16] Yalçın Dulundu B. Ç., Turgut B., “Etiyolojisi belirlenemeyen demir eksikliği anemilerinde mutasyon analizi,” *Uluslararası Temel ve Klinik Tıp Dergisi.*, vol. 4, no. 3, pp. 134–143, **2016**.
- [17] Solak Görmüş I. Z., Ergene N., “Magnezyumun klinik önemi,” *Genel Tıp Dergisi*, vol. 14, no. 2, **2004**.
- [18] Eroğlu Samur G., *Vitaminler Mineraller ve Sağlığımız*, Hacettepe Üniversitesi - Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, **2012**.
- [19] Kaplan M., Üke Ö., Kale H., Yavuz S., Kurt Ö., and Atalay A. İ., “Olgunlaşma Döneminin Teff Otunun Potansiyel Besleme Değeri, Gaz ve Metan Üretimine Etkisi,” *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 6, no. 4, pp. 181–186, **2016**.
- [20] Menteş Yılmaz Ö., *Determination of Antioxidant Activity and Phenolic Acid Composition Of Main Wheat Varieties Grown in Turkey And Enrichment Of Bread With Pomegranate Husk Extract*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2011**.
- [21] Demirçeken F. G., “Gluten Enteropatisi (Çölyak Hastalığı): Klasik Bir Öykü ve Güncel Gelişmeler,” *Güncel Gastroenteroloji*, no. 6, pp. 58–72, **2011**.
- [22] Dijkstra A., Polman J., “Survey on the nutritional and health aspects of teff (Eragrostis Tef),” *Educon.Javeriana.Edu.Co*, pp. 319–382, Cartagena, **2009**.
- [23] Bennett J. M., *Miyelodisplastik Sendromları Anlamak: Hasta Kılavuzu*, Myelodysplastic Syndromes Foundation, **2009**.

- [24] Zimmermann M. B., Hurrell R. F., “Nutritional iron deficiency,” *Lancet*, vol. 370, pp. 511–520, doi: 10.1016/S0140-6736(07)61235-5., **2007**.
- [25] Pehlivan C., *Çölyak Hastaları İçin Ekmek Yapımında Gölevez (Colocasia Esculenta (L.) Schott) Yumrusunun Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2016**.
- [26] De la Barca A. M. C., Rojas-Martínez M. E., Islas-Rubio A. R., and Cabrera-Chávez F., “Gluten-Free Breads and Cookies of Raw and Popped Amaranth Flours with Attractive Technological and Nutritional Qualities,” *Plant Foods For Human Nutrition*, vol. 65, no. 3, pp. 241–246, doi: 10.1007/s11130-010-0187-z., **2010**.
- [27] Lemecha M. *et al.*, “Improved glucose metabolism by *Eragrostis tef* potentially through beige adipocyte formation and attenuating adipose tissue inflammation,” *PLoS One*, vol. 13, no. 8, pp. 1–21, doi: 10.1371/journal.pone.0201661., **2018**.
- [28] Lee M., Regu M., Seleshe S., “Uniqueness of Ethiopian traditional alcoholic beverage of plant origin, tella,” *Journal of Ethnic Foods*, vol. 2, no. 3, pp. 110–114, doi: 10.1016/j.jef.2015.08.002., **2015**.
- [29] Kassier S. B., *Comparative Responses of Fodder and Grain Tef ( Eragrostis Tef ( Zucc.) Trotter ) Cultivars To Spatial Temporal And Nutritional Management*, Master of Science Thesis, University of Natal, South Africa, **2002**.
- [30] Yiğit A., *Türkiye'de Yaygın Olarak Yetiştirilen Ekmeklik Buğday (Triticum Aestivum L.) Çeşitlerinin Protein, Aminoasit Dağılımı Ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, **2008**.
- [31] Özkaya, B., “Bisküvi Üretiminde Kullanılacak Unların Değerlendirilmesi”, *Un Mamulleri Dünyası*, 35-42, **1995**.
- [32] Öztürk, S., “Bisküvi Üretiminde Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri”, *Un Mamulleri Dünyası*, 7(2): 76-78, **1998**.
- [33] Özdemir M. and Perktaş G., “İrritabl Barsak Sendromunda Diyet,” *Güncel Gastroenteroloji Derg.*, vol. 20, no. 3, pp. 274–279, **2016**.
- [34] Pattyn S., Raes K., “Tef protein characterization and its suitability as a gluten-free cereal,” pp. 1–85, **2016**.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih 7/07/2020

Tez Başlığı / Konusu: TÜRKİYE KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN *TEFF(Eragrostis tef)*TAHİLİNİN KOMPOZİSYONUNUN VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 110 sayfalık kısmına ilişkin, 06/06/2020 tarihinde ~~şahsen~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: ECEM GÖKÇE SEYHAN  
Öğrenci No: N16223312  
Anabilim Dalı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
Programı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

2017/2020

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri:

Adı Soyadı : Ecem Gökçe SEYHAN

Doğum Yeri : Altındağ /ANKARA

Doğum Yılı : 1990

Medeni Hali : Bekar

E-posta : [ecemgokceseyhan@yahoo.com](mailto:ecemgokceseyhan@yahoo.com)

### Eğitim:

Lisans : 2008-2012 Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Lisans : 2013-2017 Anadolu Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü

Yüksek Lisans : 2017- Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yabancı Dil ve Düzeyi:** İngilizce, İleri Düzey

Almanca, İleri Düzey

**İş Tecrübesi** : 11.2013-05.2014 Baytekin Temizlik LTD. ŞTİ

Gıda Mühendisi

12.2013-05.2014 Türkiye Büyük Millet Meclisi

İş Güvenliği Uzmanı

12.2013-05.2014 Samsun Ondokuz Mayıs Üniv Hastanesi

İş Güvenliği Uzmanı

10.2018-

Ticaret Bakanlığı

Gümrük Muayene Memuru

**Deneyim Alanları: -**

**Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi: -**

**Tezden Üretilmiş Yayınlar: -**

**Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar:**