



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**UN TARHANASININ BESİNSEL OLARAK ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE
TEFF [*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter] UNU KULLANIMININ
OPTİMİZASYONU**

ALİ MÜCAHİT KARAHAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**Şanlıurfa
2025**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**UN TARHANASININ BESİNSEL OLARAK ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE
TEFF [*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter] UNU KULLANIMININ
OPTİMİZASYONU**

ALİ MÜCAHİT KARAHAN

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mutlu Buket AKIN
Tez 2./Eş Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet KÖTEN**

**Şanlıurfa
2025**

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, her zaman bilgisi ve tecrübesiyle yanımda olan, görüşlerini ve katkılarını esirgemeyen hocam Prof. Dr. Mutlu Buket AKIN'a gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Bütün tez sürecimde bana yol gösteren, çalışmalarımda yanımda olan ikinci danışmanın Doç. Dr. Mehmet KÖTEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora Tez İzleme Komite üyelerinden emekli öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Nefise ÜNSAL'a teşekkür ederim.

Tez İzleme Komitesi üyesi ve Savunma Jüri Üyelerinden Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇELİKEL GÜNGÖR'e emekleri için teşekkür ederim.

Tez Savunma Jürileri Prof. Dr. Musa Serdar AKIN, Prof. Dr. Osman KILINÇÇEKER, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Sabri ÜNSAL ve Dr. Öğr. Üyesi Çağım AKBULUT ÇAKIR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen mesai arkadaşım Öğr. Gör. Mahir Serdar YILMAZ'a en içten şekilde teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan ailem, hepinize teşekkür ederim. Son ve özel teşekkürüm de rahmetli babam Mehmet KARAHAN ve canım kızım İnci KARAHAN'a.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR.....	v
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Antik Tahıllar	4
2.2. Teff	4
2.3. Tarhana	13
2.4. Optimizasyon	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	32
3.1. Materyal.....	32
3.2. Yöntem	32
3.2.1. Tarhana üretiminde yapılan ön deneme çalışmaları.....	32
3.2.2. Yanıt yüzey yöntemi kullanılarak tarhana optimizasyonu ve üretimi.....	33
3.2.3. Hammadde ve tarhanalarda yapılan kimyasal analizler	34
3.2.3.1. Nem analizi.....	34
3.2.3.2. Kül analizi.....	34
3.2.3.3. Protein analizi	34
3.2.3.4. Yağ analizi.....	35
3.2.4. Hammadde ve tarhanalarda yapılan fonksiyonel analizler	35
3.2.4.1. Toplam besinsel lif analizi.....	35
3.2.4.2. Toplam fenolik madde miktarı analizi.....	35
3.2.4.3. Antioksidan aktivite analizi	36
3.2.4.4. Fitik asit analizi	37
3.2.5. Hammadde ve tarhanalarda yapılan diğer analizler	37
3.2.5.1. Renk analizi	37
3.2.5.2. Su absorpsiyonu kapasitesi tayini	37
3.2.5.3. Yağ absorpsiyonu kapasitesi tayini.....	38
3.2.5.4. Viskozite analizi	38
3.2.5.5. pH analizi.....	38
3.2.6. Tekstürel analizler	38
3.2.7. Duyusal analizler	39
3.2.8. İstatistiksel analizler	39
4. BULGULAR	40
4.1. Optimizasyon	40
4.2. Tarhana formülasyonunda kullanılan unların bileşimleri	51
4.3. Tarhanaların Kimyasal Özellikleri.....	53
4.4. Tarhanaların Fonksiyonel Özellikleri	56
4.5. Tarhanaların pH ve Renk Özellikleri	60
4.6. Tarhanaların Mineral Madde İçerikleri.....	62
4.7. Tarhana Çorbalarının Viskozite Değeri ve Tekstürel Özellikleri	64
4.8. Tarhanaların Mikrobiyolojik Özellikler.....	66
4.9. Tarhanaların Fiziksel Özellikler	68
4.10. Tarhana Çorbalarının Duyusal Özellikleri.....	70
5. TARTIŞMA.....	72
6. SONUÇLAR.....	75
7. ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR.....	78
EKLER	90

ÖZET

DOKTORA TEZİ

UN TARHANASININ BESİNSEL OLARAK ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE TEFF [*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter] UNU KULLANIMININ OPTİMİZASYONU

ALİ MÜCAHİT KARAHAN

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Tez Danışman: Prof. Dr. Mutlu Buket AKIN
Tez 2./Eş Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet KÖTEN
Yıl: 2025, Sayfa : 90

Bu çalışma, geleneksel fermente tahıl-yoğurt ürünü tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek amacıyla, glütensiz ve besin açısından zengin antik tahıl teff ununun kullanım etkilerini araştırmıştır. Teff unu, buğday ununa %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında ikame edilerek tarhana üretilmiş, yanıt yüzey yöntemiyle %63.27 buğday unu ve %36.73 teff unu içeren optimum karışım belirlenmiştir. Kontrol (%100 buğday unu), optimum karışım ve %100 teff unu içeren tarhanalar, kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik, fonksiyonel ve duyu analizlerle değerlendirilmiş, 90 gün depolama sonrası 1. ve 90. günlerde analizler tekrarlanmıştır. Teff unu, diyet lifini 4.18'den 16.11 mg g⁻¹'e, demir içeriğini 20.15'ten 61.26 mg kg⁻¹'e, fenolik madde içeriğini 206.07'den 314.08 mg GAE kg⁻¹'e ve antioksidan aktiviteyi %47.53'ten %62.07'ye yükseltmiştir. Fermantasyon, fitik asiti 0.00-3.00 mg g⁻¹'e düşürerek mineral biyoyararlılığını artırmış, probiyotik laktik asit bakterileri (6.25-6.87 log kob g⁻¹) tarhananın bağırsak sağlığını destekleyici ve bağışıklık güçlendirici özelliklerini pekiştirmiştir. Teff unu ilavesi su (0.65-0.89 ml g⁻¹) ve yağ absorpsiyon kapasitesini (0.66-0.82 ml g⁻¹) artırmış, ancak depolamada yağ absorpsiyonu değeri azalmıştır. Duyusal analizlerde, optimum karışım tat (8.67), kıvam (9.00) ve genel kabul edilebilirlik (8.67) açısından yüksek puanlar almış, ancak %100 teff unu koyu renk tonu (L* 74.11) nedeniyle düşük beğeni görmüştür. Düşük pH (4.47-4.65) ve nem içeriği (%6.97-8.21) patojen direnci sağlamıştır. Teff unu, tarhananın fonksiyonel özelliklerini geliştirmiştir. Ancak duyu özelliklerin ve depolama stabilitesinin iyileştirilmesi için ek optimizasyon çalışmaları gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Optimizasyon, zenginleştirme, tarhana, teff unu, besin içeriği

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

OPTIMIZATION OF THE USE OF TEFF [*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter] FLOUR IN NUTRITIONAL ENRICHMENT OF FLOUR TARHANA

ALİ MÜCAHİT KARAHAN

HARRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Mutlu Buket AKIN
Thesis 2nd. Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet KÖTEN
Year: 2025, Page : 90

This study investigated the effects of using gluten-free and nutrient-rich ancient grain teff flour to enhance the nutritional and functional properties of tarhana, a traditional fermented cereal-yogurt product. Teff flour was substituted for wheat flour at levels of 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% to produce tarhana, and the response surface methodology identified an optimal blend containing 63.27% wheat flour and 36.73% teff flour. Tarhana samples, including the control (100% wheat flour), the optimal blend, and 100% teff flour, were evaluated through chemical, physical, microbiological, functional, and sensory analyses, with tests repeated on days 1 and 90 following a 90-day storage period. The incorporation of teff flour increased dietary fiber from 4.18 to 16.11 mg g⁻¹, iron content from 20.15 to 61.26 mg kg⁻¹, phenolic compound content from 206.07 to 314.08 mg GAE kg⁻¹, and antioxidant activity from 47.53% to 62.07%. Fermentation reduced phytic acid content to 0.00-3.00 mg g⁻¹, thereby enhancing mineral bioavailability, while probiotic lactic acid bacteria (6.25-6.87 log CFU g⁻¹) reinforced tarhana's gut health-supporting and immune-enhancing properties. The addition of teff flour increased water (0.65-0.89 ml g⁻¹) and oil absorption capacities (0.66-0.82 ml g⁻¹), although oil absorption capacity decreased during storage. Sensory analyses revealed that the optimal blend scored highly in taste (8.67), consistency (9.00), and overall acceptability (8.67), but the 100% teff flour tarhana received lower preference due to its darker color tone (L* 74.11). Low pH (4.47-4.65) and moisture content (6.97-8.21%) contributed to pathogen resistance. Teff flour improved the functional properties of tarhana. However, further optimization studies are required to enhance sensory attributes and storage stability.

KEYWORDS: Optimization, enrichment, tarhana, teff flour, nutritional content

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Gallik Asit Eğrisi (mg GAE/1000g)	36
Şekil 4.1. Tarhanalarda “genel beğeni” değeri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik	42
Şekil 4.2. Tarhanalarda “Ca içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik	43
Şekil 4.3. Tarhanalarda “K içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik	45
Şekil 4.4. Tarhanalarda “Mg içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik	46
Şekil 4.5. Tarhanalarda “Fe içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik	48
Şekil 4.6. Tarhanalarda “Zn içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik	49
Şekil 4.7. Tarhanalarda “Cu içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Farklı tahılların kimyasal kompozisyonu	7
Çizelge 3.1.	Üretimde kullanılan tarhana formülasyonu	32
Çizelge 3.2.	Ön denemelerde kullanılan buğday unu + teff unu karışım oranları	33
Çizelge 3.3.	Yanıt Yüzey Yöntemi ile belirlenen karışım oranları	33
Çizelge 4.1.	Yanıt yüzey yönteminde kullanılan, duyu analizi ve element içerik değerleri	40
Çizelge 4.2.	Un tarhanası için ideal karışım oranı (Buğday unu + Teff unu)	40
Çizelge 4.3.	Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin genel beğeni puanı üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları	41
Çizelge 4.4.	Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Ca içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 4.5.	Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin K içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları	44
Çizelge 4.6.	Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Mg içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.7.	Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Fe içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları	47
Çizelge 4.8.	Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Zn içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları	49
Çizelge 4.9.	Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Cu içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları	50
Çizelge 4.10.	Tarhana üretiminde kullanılan unların özellikleri	52
Çizelge 4.11.	Tarhana örneklerinin kimyasal bileşimi	54
Çizelge 4.12.	Tarhana örneklerinin fonksiyonel özellikleri	56
Çizelge 4.13.	Tarhana örneklerinin pH ve renk özellikleri	61
Çizelge 4.14.	Tarhana örneklerinin mineral içerikleri	63
Çizelge 4.15.	Tarhana çorbalarının viskozite değeri ve tekstürel özellikleri	65
Çizelge 4.16.	Tarhana örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri	67
Çizelge 4.17.	Tarhana örneklerinin fiziksel özellikleri	68
Çizelge 4.18.	Tarhana çorbalarının duyu özellikleri	71

KISALTMALAR

Ca	Kalsiyum
Cu	Bakır
Fe	Demir
K	Potasyum
LAB	Laktik Asit Bakterileri.
Mg	Magnezyum
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Günümüz tüketicileri, modern yaşam tarzının getirdiği olumsuz etkilere karşı daha sağlıklı beslenme seçenekleri arayışındadır. Bu nedenle yağ, şeker ve tuz içeriği düşürülmüş gıdalar ile sağlık açısından olumlu etkiler sunabilecek ürünlere yönelik talep artmaktadır. Bu eğilim, fonksiyonel gıdalara olan ilginin giderek yükselmesine yol açmaktadır. Fonksiyonel gıdalar, günlük diyetin bir parçası olarak tüketilebilen ve geleneksel gıdalara benzer özellikler taşıyan doğal ürünler olabileceği gibi, belirli bileşenlerin eklenmesi, çıkarılması veya modifiye edilmesi yoluyla geliştirilen ve temel beslenme işlevlerinin ötesinde fizyolojik yararlar sağladığı ya da kronik hastalık riskini azalttığı bilimsel olarak doğrulanmış gıdalardır. Bu gıdalar, içerdikleri biyoaktif bileşikler sayesinde, tipik besin bileşenlerinden farklı olarak vücut üzerinde özel etkiler yaratabilen besleyici veya besleyici olmayan maddeler barındırır ve bu bileşikler gıdanın yapısında doğal olarak bulunur. Ayrıca, fonksiyonel gıdalar, sağlık üzerindeki olumlu etkilerini artırmak ve biyoteknolojik yöntemlerle ürün formülasyonlarını geliştirmek amacıyla gıda katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır (Roberfroid, 2000; Rani ve ark., 2018; Koutame ve ark., 2023; Silva ve ark., 2024).

Fonksiyonel gıdalar, tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar, sebzeler, meyveler, süt ürünleri, içecekler, balıklar, otlar ve baharatlar gibi çok çeşitli kategorilerde yer almakta olup, her biri sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayan kendine özgü nitelikler taşımaktadır (Vignesh ve ark., 2024).

Fermente tahıl ürünleri, geleneksel üretim teknikleriyle hazırlanarak günlük beslenme düzeninde önemli bir rol oynamaktadır. Tahıllar, karbonhidrat, protein, vitaminler, mineraller ve diyet lifi gibi temel besin öğeleri sunarak beslenmeye değerli katkılar sağlar. Fermentasyon süreci, karbonhidrat içeriğini düşürürken, sindirimi zor polisakkarit ve oligosakkaritleri parçalar, aynı zamanda belirli amino asitlerin üretimini teşvik eder ve B grubu vitaminlerinin biyoyararlılığını yükseltir. Bu işlem, fitatın enzimatik hidrolizi yoluyla minerallerin emilimini kolaylaştırarak biyoyararlılıklarını artırır (Chandimali ve ark., 2024). Tahıl ürünlerinin besin değeri ve duyuşal nitelikleri, süt ürünlerine kıyasla genellikle daha sınırlıdır. Bu nedenle, tahıl bazlı gıdaların protein açısından zengin besinlerle birlikte tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Fermentasyon süreci, tahıl ürünlerinin hem besinsel kalitesini hem de duyuşal özelliklerini belirgin şekilde geliştirebilir. Türkiye’de tarhana ve boza gibi fermente tahıl ürünleri, bu iyileştirmelerin örneklerini teşkil eden önemli gıdalardır (Köten ve ark., 2019).

Tarhana, fermente tahıl bazlı geleneksel bir gıda ürün olup fonksiyonel gıdalar sınıfında yer alan önemli bir besindir ve probiyotik mikroorganizmalar bakımından oldukça zengindir. İçeriğindeki laktik asit bakterileri, bağırsak sağlığını desteklerken bağışıklık sisteminin güçlenmesine katkıda bulunur. Bunun yanı sıra, protein, vitamin ve mineral açısından zengin yapısıyla dengeli bir beslenme kaynağı sunar. Türkiye'de özellikle soğuk günlerde çorba olarak yaygın olarak hazırlanır. Tarhana üretiminde farklı hazırlama teknikleri kullanılır. Ancak, çoğunlukla buğday unu ve yoğurt ana bileşenler olup, diğer bileşenler, üretildiği bölgelere ve kültürlerle göre farklılık göstermektedir. Çiğ veya pişmiş sebzeler (domates, soğan, biber), fırın mayası, tuz, tarhana otu (*Echinophora sibthorpiana*) ve nane ve kırmızı biber gibi diğer baharatlar eklenebilir (Sengun ve ark., 2009; Demirci ve ark., 2019).

Tarhana, Orta Asya Türkleri tarafından üretilmiş ve daha sonra diğer ülkelere yayılmıştır. Birçok Orta Doğu ülkesinde, Afrika'da, Asya'da ve bazı Avrupa ülkelerinde farklı hammaddeler kullanılarak üretilen ve çoğunlukla çorba olarak tüketilen, sağlıklı geliştirici bir besindir. Dünyada kishk, kushuk, trahanas, thanu, göçe ve talkuna gibi çeşitli isimlerle bilinir ve genellikle buğday unu, yoğurt, maya, sebze ve baharatların birkaç (1-15) gün boyunca fermente edilmesiyle üretilir. Elde edilen fermente hamura 'ıslak tarhana' denir. Maya ve laktik asit fermantasyonları sonucunda tarhananın organik asit ve fenolik madde konsantrasyonu artarken, pH değeri düşmektedir. Bu bakteriler proteolitik, lipolitik veya amilolitik enzim aktiviteleri yoluyla aromayı iyileştirir. Geleneksel fermente gıdalar, starter kültürler eklenmeden doğal fermantasyonla üretilir. Bu doğal fermantasyonda, ham maddeler kendi doğal mikrofloraları tarafından fermente edilir. Fermantasyon sonunda elde edilen tarhana hamuru güneşe karşı serilerek doğal olarak kurutulur ve çorba yapımında kullanılır, bu da yüksek protein ve vitamin içeriğine sahip bir ürün verir. Düşük pH (3,8-4,2) ve düşük nem içeriği (%6-9), tarhanayı patojenler ve bozulma organizmaları için zayıf bir ortam haline getirir; tarhana higroskopik değildir ve küf oluşumu belirtisi olmadan 2 ila 3 yıl saklanabilir. (Akan ve Özdestan- Ocak, 2021; Ibanoglu ve ark., 1997; Soyucok ve ark., 2021).

Tarhanayı besinsel açıdan zenginleştirmek amacıyla; einkorn ve emmer buğday unları (Cankurtaran Kömürcü ve Bilgiçli, 2022), nohut, mercimek, kuru fasulye, soya ve lupin (Kılıç-Keskin ve ark., 2022), çimlendirilmiş amarant ve karabuğday (Olçay, 2024), bonkalite un (Güven, 2023), çimlendirilmiş maş fasulyesi (Kurt ve Levent, 2023), kırmızı pancar tozu (Soğuksulu ve Balpetek Külcü, 2023), preslenmiş fındık posası (Oğurlu ve Tarakçı, 2023), *Lactarius deliciosus* mantar tozu (Süfer ve Bozok, 2021), pirinç kepeği ve mısır kepeği (Aktaş ve Akın, 2020), tavuk eti tozu (Cetin ve ark., 2024), kırmızı, yeşil ve sarı mercimek (Göncü ve Çelik, 2020), üzüm çekirdeği

ekstraktı (Akan ve Özdestan Ocak, 2019), karabuğday unu ve kefir (Işık ve ark., 2023) gibi çeşitli hammaddeler tarhana formülasyonuna katılmıştır.

Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter, Poaceae), Etiyopya ve Kuzeydoğu Afrika'ya özgü bir tahıldır ve bu bölgelerde temel bir gıda maddesidir, ancak günümüzde Hindistan, Güney Afrika, ABD ve Kanada gibi diğer ülkelerde de üretilmektedir ve dünya çapında popülerlik kazanmaktadır (Dueñas ve ark., 2021; Awol ve ark., 2024).

Teff, kuraklık ve su birikintisi gibi çeşitli çevresel koşullara uyum sağlayabilir, yaygın ürünlerin başarısız olabileceği bazı zorlu iklim koşullarında gelişebilir. Böcek zararlılarına karşı da oldukça dirençlidir. Bu nedenle, herhangi bir kimyasal koruma olmadan geleneksel depolama koşullarında güvenle depolanabilir. Nem ve güneş ışığıyla doğrudan temas etmediği takdirde teff tohumları birkaç yıl canlılığını korur (Zhu, 2018; Gebremariam ve ark., 2014).

Bu çalışmada, geleneksel, fermente bir fonksiyonel gıda olan tarhananın üretiminde; son zamanlarda gıdalarda kullanımı yaygınlaşmakta olan, vitamin ve mineral içeriği yüksek, dengeli bir amino asit profiline sahip, gluten içermeyen, diyet lif oranı yüksek, glisemik indeks değeri düşük bir antik tahıl olan teff ununun kullanım olanakları araştırılmıştır. Araştırmanın ilk aşamasında ilave edilecek teff oranının tepki yüzey yöntemiyle optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise optimizasyonda elde edilen un karışımı ile kontrol olarak yalnızca buğday unundan ve teff unundan üretilen tarhanalarda fiziksel, kimyasal, duyu ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Antik Tahıllar

Antik tahıllar “modern tahıl çeşitlerinden farklı olarak, yüzlerce hatta binlerce yıldır değişmeden kalan tahıllar, tahıl benzerleri (pseudocereals) ve tohumlar”ın oluşturduğu bir grubu kapsar. (Abdel-Aal ve Wood, 2005).

Antik tahıllar için alternatif terimler; özel tahıllar (Abdel-Aal ve Wood, 2005), daha az yaygın tahıllar (Belton ve Taylor, 2002), doğal tahıllar, geleneksel tahıllar ve kayıp bitkilerdir. (Taylor, 2017).

Antik tahılların ortak özellikleri (Taylor, 2017);

- Pek çok makro ve mikro besinin kaynağıdır.
- Genellikle sağlık üzerine olumlu etkiye sahip olan yüksek düzeylerde fitokimyasal içerirler.
- Zayıf topraklar, yüksek sıcaklıklar ve düşük yağışlı ortamlarda yetiştirilebilen dayanıklı bitkileridir.
- Dünyanın daha az teknolojik olarak gelişmiş bölgelerinde toplulukların geleneksel temel gıda ürünleridir.
- Günümüze kadar önemli bir değişikliğe maruz kalmamışlardır.

2.2. Teff

Teff (*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter), Poaceae familyasına, Eragrostoidae alt familyasına, Eragrosteae kabilesine ve *Eragrostis* cinsine ait tropikal bir tahıldır. *Eragrostis* cinsinde yaklaşık 350 tür bilinmektedir ve bu türlerin içerisinde yetiştirilen tek tür teff'tir. Teff, kromozom sayısı $2n = 4x = 40$ olan C4 kendi kendine tozlaşan allotetraploid bir tahıl bitkisidir. (Gebremariam ve ark., 2014; Bultosa ve Taylor, 2004).

Teff kelimesinin, tahıl tanelerinin çok küçük boyutlu olması ve düşürüldüğünde kolayca kaybolabileceğinden dolayı, Etiyopya'da 'kayıp' anlamına gelen “teffa” kelimesinden türediği düşünülmektedir. Teff taneleri son derece küçüktür, muhtemelen karbonhidrat açısından zengin tahıllar arasında en küçüğüdür ve 2500-3000 tanesi yaklaşık 1 g ağırlığındadır (Gebremariam ve ark., 2012; Bultosa ve ark., 2002; Babatunde Obilana ve Manyasa, 2002).

Günümüzde teff, Etiyopya ve Eritre'de “injera” adı verilen fermente pankek benzeri, ekşi, yuvarlak, yumuşak önemli bir gıda ürününün yapımında kullanılır.

Etiyopya'da önemli bir tahıl ürünü olup, mısır (%24.5)'dan sonra en yaygın olarak üretilen ikinci ürünü (%17.12) temsil etmekte ve bunu sorgum (%19.46) ve buğday (%14.03) takip etmektedir (Bultosa ve Taylor, 2004).

Etiyopya dışında teff kullanımına ilgi giderek artmaktadır. Örneğin, ABD, Kanada ve Avustralya'da buğday kuşaklarının bazı bölgelerinde küçük ölçekli ticari üretim başlamıştır (Seyfu, 1997). Buna ilave olarak, teff'e olan ilgi, glutensiz olması ve dolayısıyla çölyak hastalığı olan insanlar için uygun bir buğday ikamesi olmasını sağlayan besinsel profilinden dolayı belirgin şekilde artmıştır (Zannini ve ark., 2012).

Tanenin en dışı perikarp olarak adlandırılır. Perikarpın altında, kırmızı teff çeşitlerinde polifenoller veya tanen içeren ve teff tanesinin kırmızı renginden sorumlu olan bir tohum kabuğu veya testa bulunur. Testanın altında özellikle protein ve lipid bakımından zengin olan aleuron tabakası bulunur. Endosperm tanenin ana bileşenidir. Embriyo, protein ve lipid bakımından zengin olup, tanenin nispeten büyük bir bölümünü kaplar (Babatunde Obilana ve Manyasa, 2002; Bultosa ve Taylor, 2004).

Kırmızı teff çeşitlerindeki renk, yüksek polifenol ve tanen içeriğinden kaynaklanmaktadır. Beyaz teff en pahalı ve tercih edilen türdür. Kırmızı teff en ucuz olanıdır ve yüksek demir içeriğine sahiptir. Kahverengi teff ise ortalama demir içeriği ile bilinir (El-Alfy ve ark., 2011).

Teff tam tahıl olarak tüketildiği için, buğday, mısır ve arpa gibi diğer yaygın tahıllarından daha yüksek besleyici kaliteye sahiptir (Belton ve Taylor, 2002). Tipik olarak %9.4-13.3 protein, %73 nişasta, %2.6-3.0 kül ve %2.0-3.1 lipit içerir ve 367 kcal/100 g enerji sağlar. Teff, sorgum, çavdar ve kahverengi pirinçten daha yüksek protein içeriğine sahip olup, arpa ve buğday gibi diğer tahıllarla yakın değere sahiptir (Bultosa ve Taylor, 2004; Gebremariam ve ark., 2012).

Glutelinler, albüminler ve globulinler majör protein fraksiyonlarıdır. Teff, daha yüksek oranda albümin ve globuline sahip olduğundan diğer tahıllardan farklıdır. Teff proteini esas olarak buğdayda bulunan gluteni içermez. Bu nedenle, günümüzde buğday glutenine alerjisi olan (örneğin çölyak hastaları için) tüketiciler için teff giderek önem kazanmaktadır. Ana protein fraksiyonları (albüminler ve globulinler) en sindirilebilir tipler olduğundan, teff protein sindirilebilirliğinin de yüksek olduğu varsayılmaktadır. Çoğu tahıldan farklı olarak teff, tam bir esansiyel amino asit içeriğine sahiptir ve yulaf ile pirinç hariç diğer tüm tahıllara göre en kısıtlayıcı amino asit olan lisin bakımından daha yüksektir (Bultosa, 2016; Ketema, 1997).

Teff tanesi, mısır (%4.9), yulaf (%6.9), darı (%4.2) ve sorgum (%3.4) gibi diğer tahıllarla karşılaştırıldığında daha düşük düzeyde lipit içerir (toplam tane ağırlığının yaklaşık %2.0-3,0'ı) ve doymamış yağ asitleri bakımından zengindir (%72.46), bunların %39.91'i çoklu doymamış ve %20.06'sı doymuş yağ asitleridir. Diğer tahıl tanelerinin çoğunda olduğu gibi, oleik (%32.41), linoleik (%23.83) ve palmitik (%15.9) asitler başlıca yağ asitleridir. Linolenik asit seviyeleri teffte mısır, sorgum ve buğdaydan daha yüksektir (Weber, 1987; El-Alfy ve ark., 2011; Bultosa ve Taylor, 2004).

Teff tanesinin mineral içeriği %2.8-3.4 arasında değişmektedir. Bu nedenle, protein ve kalori sağlamanın yanı sıra iyi bir mineral kaynağıdır. Özellikle, buğday, arpa ve sorguma kıyasla yaklaşık 2-3 kat Fe içeriğine sahiptir (Çizelge 2.1). Genel olarak, teff tanesinin tamamı öğütülerek un haline getirilir ve tohumda bulunan Fe'nin çoğu unda ve daha sonra da gıdada tutulur. Fitik asit mitarının, fermentasyon yoluyla azalması, diyetlerde alınan yüksek Fe içeriğinin kullanılabilirliğine katkıda bulunmaktadır. Teff ayrıca yüksek oranda Ca, P, Cu, Zn ve Mg içerir (Adams, 1990; Babatunde Obilana ve Manyasa, 2002; Bultosa ve Taylor, 2004; Mengesha, 1966; Seyfu, 1997; Bultosa ve Taylor, 2004).

Teff, C vitamini, B3 vitamini (niasin), B2 vitamini (riboflavin), B1 vitamini (tiamin) ve A vitamini gibi vitaminleri iyi düzeyde içerir. Ancak teffteki tiamin buğday, çavdar, arpa, yulaf, pirinç, mısır, darı ve sorgum gibi diğer tahıl tanelerine kıyasla daha düşüktür. Buna karşılık, C vitamini nispeten yeterli olup, önerilen diyet miktarının %100'ünden fazlasını sağlamaktadır (Babatunde Obilana ve Manyasa, 2002).

Teffin lif içeriği (%3) yüksektir ve buğday (%2), çavdar (%1,5), pirinç (%0,6-1,0) ve sorgum (%0,6) gibi diğer tahılların çoğundan fazladır. Teff tanelerinin küçük boyutları nedeniyle öğütme işlemi sırasında herhangi bir sınıflandırma işlemi yapılması mümkün olmadığından, teff unu tam tahıl unu formunda (kepek ve rüşeym dahil) olmakta ve dolayısıyla da daha yüksek lif içeriğine sahip olmaktadır (Gebremariam ve ark., 2012; Bultosa ve Taylor, 2004).

Teff tanesi, Fe ve Zn emiliminin güçlü inhibitörleri olan fitik asit ve diğer inositol fosfatları %1'den daha az içerir. Fermentasyon, injera'ya lezzet, aroma ve

renk olarak duyuusal özelliklerini kazandırır. Ancak, fermentasyonun daha önemli bir etkisi, besinlerin içeriğindeki artışın, demir ile fitat ve demir ile tanenlerin azalan ilişkileri nedeniyle artmasıdır (Gamboa ve Ekris, 2008).

Çizelge 2.1. Farklı tahılların kimyasal kompozisyonu (Gebremariam ve ark., 2014)

Bileşen	Gluten İçeren Tahıllar			Gluten İçermeyen Tahıllar		
	Buğday	Arpa	Çavdar	Teff	Mısır	Esmer Pirinç
Nişasta (%)	71.0	60.6	69	73.0	72	64.3
Protein (%)	11.7	11.1	7.98	11.0	8-11	7.3
Yağ (%)	2.0	3.2	1.98	2.5	4.9	2.2
Nem (%)	12.6	10.6	-	10.5	14.0	14.0
Kül (%)	1.6	2.4	1.72	2.8	1.4	1.4
Lif (g/100 g)	2.0	3.7	1.56	3.0	-	0.6-1.0
Enerji (kJ/100 g)	1105	-	-	1406		
Kalsiyum (mg/100 g)	39.45	34	31.5	165.2	48.3	6.85
Bakır (mg/100 g)	0.23	0.52		2.6	1.3	0.16
Demir (mg/100 g)	3.5	2.43	2.7	15.7	4.8	0.57
Magnezyum (mg/100 g)	103.5	94.3	92	181.0	107.9	16.88
Manganez (mg/100 g)	0.95	8.97		3.8	1.0	0.36
Fosfor (mg/100 g)	-	563	359	425.4	299.6	61.7
Potasyum (mg/100 g)	-	507	412	380.0	324.8	181.71
Sodyum (mg/100 g)	-	25.4		15.9	59.2	0.54
Çinko (mg/100 g)	1.94	2.2	3.0	4.8	4.6	2.0

Fitokimyasallar, bitkilerde bulunan ve diyetle koruyucu veya hastalıkları önleyici etkiler gösteren besleyici olmayan bileşenlerdir. Teffte bulunan başlıca fenolik bileşik ferulik asittir (285.9 µg/g). Ayrıca, sirinik (14.9 µg/g), gentisik (15 µg/g), protokateşuik (25.5 µg/g), vanilik (54.8 µg/g), kumarik (36.9 µg/g) ve sinnamik (46 µg/g) asitler gibi diğer bazı fenolik bileşikler de teffte önemli miktarlarda bulunmaktadır (Blandino ve ark., 2003; Firew, 2010).

Bisküvi üretiminde, karıştırma sırasında gluten gelişimi yayılmayı azaltarak daha sert bir kurabiye/bisküvi oluşturarak kaliteyi bozacağından dolayı kurabiye/bisküvi üretiminde, bileşiminde gluten bulunmayan teff unu kullanımı olumlu katkıda bulunmaktadır (Hoseney, 1994).

Son zamanlarda, gıda sistemlerinde teff kullanımı, hem gıda ürünlerine doğal olarak glutensiz bir alternatif hem de bebek maması endüstrisinde besin açısından zengin bir içerik sağladığından popülerlik kazanmaktadır (Hopman ve ark., 2008).

Marti ve ark. (2017) tarafından yürütülen bir araştırmada, teff ununun laktik asit bakterileri ve mayalarla fermantasyonunun glutensiz ekmek üretiminde besinsel ve işlevsel özellikler üzerindeki etkileri detaylıca incelenmiştir. Çalışmada araştırmacılar, fermantasyon sürecinin nişasta içeriğini düşürdüğünü ve çözünür lif oranını artırarak besinsel değeri iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Protein ve lipid düzeylerinde anlamlı bir değişim gözlemlemeyen araştırmacılar, mikrobiyal aktivitenin şeker içeriğini azalttığını ve unun asitliğini artırdığını tespit etmişlerdir. Protein ağında meydana gelen sınırlı proteolitik değişikliklerin, ekmek yapımında stabil bir yapı oluşumunu desteklediğini gözlemlemişlerdir. Fermente edilmiş teff unuyla zenginleştirilen glutensiz ekmeklerin, fermente edilmeyenlere kıyasla daha yüksek spesifik hacim ve daha açık gözenek yapısı sergilediğini, bu durumun daha yumuşak bir doku ve gelişmiş ağız hissi sağladığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca, fermente ekmeklerin depolama sırasında daha düşük sertleşme oranı göstererek daha uzun tekstürel raf ömrü sunduğunu da bildirmişlerdir. Bu bulgular ışığında, fermente teff ununun besinsel kalitesi ve duyuşsal kabul edilebilirliği yüksek glutensiz ekmek üretiminde etkili bir bileşen olabileceğini ileri sürmüşler ve dolayısıyla teffin geleneksel kullanım alanlarının potansiyelinin daha da geniş olduğunu vurgulamışlardır.

Di Ghionno ve ark. (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, maltlanmış ve maltlanmamış teff (*Eragrostis tef*) kullanılarak üretilen glutensiz biraların kalite özellikleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Araştırmacılar, maltlanmamış teffi Onda® Pro enzim formülasyonu (α -amilaz, β -glukanaz, ksilanaz, proteinaz, pullulanaz, lipaz) ile işlerken, maltlanmış teffi geleneksel yöntemle hazırlamışlardır. Her iki yöntemin de yeterli fermantasyon performansı ve tatmin edici bira kalitesi sağladığını saptamışlardır. Maltlanmamış teff birasının daha yüksek tatlılık sergilediğini ve bunun fermente olmayan şeker kalıntılarından kaynaklandığını belirlemişlerdir. Maltlanmış teff birasının ise daha yüksek serbest amino asit ve ester içeriğiyle zengin, maltımsı ve tahılsı aromalar sunduğunu, bu özelliklerin duyuşsal kabul edilebilirliği artırdığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, her iki biranın da köpük stabilitesinin arpa maltı biralarına kıyasla daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara dayanarak, araştırmacılar teff birasının çölyak hastaları için uygun bir alternatif olduğunu ve özgün tat profilleriyle özel bira üretiminde potansiyel bir hammadde olabileceğini bildirmişlerdir.

Teff nişastasından camu-camu özütü içeren biyobozunur bir filmin antioksidan ambalaj malzemesi olarak geliştirilme olanakları Ju ve Song (2019) tarafından kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Çalışmada, camu-camu özütü eklenen teff nişastası filmlerinin güçlü radikal tutma aktiviteleri sergilediği belirlenmiştir. Araştırmacılar, camu-camu özütü konsantrasyonunun artmasıyla filmlerin gerilme dayanımının azaldığını, ancak uzama oranının yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Filmlerin su geçirgenliği ve çözünürlüğünün camu-camu özütü ile arttığını ve bunun nişasta molekülleri arasındaki etkileşimlerin zayıflamasından kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Camu-camu özütü içeren filmlerin, ultraviyole ışığı tamamen engellediği ve opaklığın arttığını, böylece lipid oksidasyonunu önlemede etkili olduğunu ortaya konmuşlardır. Göç deneylerinde, polifenollerin özellikle sulu sistemlerde hızlı bir şekilde göç ettiğini ve bu özelliğin yüksek su içerikli gıdalar için uygunluğunu gösterdiğini belirlemişlerdir. Gerçekleştirilen termal analizler sonucunda camu-camu özütünün filmlerin termal stabilitesini azalttığını, ancak biyobozunurluğu desteklediğini bildirmişlerdir. Bu çalışma ile camu-camu özütü içeren teff nişastası filmlerinin, gıda endüstrisinde antioksidan ambalaj olarak yenilikçi bir kullanım alanı sunduğunu ve teffin yeni bir kullanım alanı olabileceğini araştırmacılar belirtmişlerdir.

İki teff çeşidi (kırmızı ve beyaz) ile farklı ekmeklik buğday unlarının (zayıf ve güçlü) karışımlarının ekmek üretiminde kullanım olanaklarının incelendiği çalışmada, araştırmacılar; kırmızı teff ununun, beyaz teff ununa kıyasla daha yüksek protein, demir ve çinko içeriği ile daha fazla α -amilaz aktivitesi sergilediğini, ancak daha düşük sedimentasyon hacmi, pik viskozite ve geri dönüş viskozitesi gösterdiğini belirlemişlerdir. Teff unu ilavesinin, buğday unlarının reolojik özelliklerini değiştirdiğini ve özellikle zayıf buğday ununda daha belirgin etkiler yarattığını gözlemlemişlerdir. Ekmek yapımında, teff karışımlarının ekmek hacmini azalttığını ve gözenek yapısını olumsuz etkilediğini saptamışlardır. Teff içeren ekmeklerin nişasta jelatinizasyonunun standart buğday ekmeği yapım protokollerinde tamamlanamadığını ve bu durumun ekmek yapısını ve duysal özellikleri olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir. Bu bulgular ışığında, teff bazlı ekmeklerin kalitesini artırmak için teff çeşidinin dikkatle seçilmesi ve nişasta jelatinizasyonunu sağlayacak özel ekmek yapım protokollerinin geliştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Callejo ve ark., 2016).

Amarant, karabuğday, kinoa ve teff unlarının çavdar-buğday unu karışımına %20'ye kadar eklenmesinin ekmek yapımında hamur özellikleri ve besinsel özellikler üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, araştırmacılar; unların %5 oranında ilavesinin, hamurun viskometrik ve viskoelastik özelliklerini iyileştirdiğini, teknolojik

ve besinsel özelliklerini de olumlu etkilediğini belirlemişlerdir. Teff ve diğer tahıl benzeri bitkilerin (amarant, karabuğday ve kinoa) eklenmesinin, diyet lifi içeriğini artırdığını, ancak ekmek hacmini %8 azalttığını gözlemlemişlerdir. Yoğurma ve pişirme aşamalarında protein bağlı lipidlerin baskın hale geldiğini, serbest lipidlerin un ve hamurda, protein bağlı lipidlerin ise ekmekte ön planda olduğunu saptamışlardır. Kinoa, amarant ve teffin, unlarda bağlı lipidleri hafif azalttığını, amarantın hamurda serbest lipidleri artırdığını tespit etmişlerdir. Lipit- nişasta etkileşimlerinin hamur sertliğini azalttığı ve nişasta jelatinizasyon sıcaklığını yükselttiğini ortaya koymuşlardır. Bu bulgular ışığında, araştırmacılar psödotahıl ve teff içeren karışımların besinsel değeri yüksek, fonksiyonel ekmek üretimine uygun olduğunu, ancak proses aşamaları ve kullanılacak miktarların optimize edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Collar ve Angioloni, 2014).

Teff unu ve transglutaminaz enzimi kullanılarak üretilen ekmeklerin kimyasal, tekstürel ve duyuşsal özelliklerinin incelendiği çalışmada, Şanlıdere Aloğlu (2021) dört farklı ekmek üretmiştir: Buğday unu (kontrol), buğday + teff unu (1:3 oran), buğday + transglutaminaz (100 ppm) ve buğday + teff + transglutaminaz kombinasyonları. Araştırmacı, teff ununun düşük gluten içeriği nedeniyle ekmeklerin hacim ve tekstürel özelliklerinde farklılıklar gözlemlendiğini, ancak duyuşsal açıdan ekmeklerin beğenildiğini belirlemiştir. Transglutaminaz enzimi ilavesinin hem buğday hem de buğday-teff karışımlarında ekmek kalitesini iyileştirmede, aksine sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirliği artırarak kaliteyi olumsuz etkilediğini saptamıştır. Teff unu içeren ekmeklerin renginin daha koyu olduğunu, parlaklık (L*) değerinin azaldığını, kırmızılık (a*) değerinin arttığını gözlemlemiştir. Duyusal analizlerde, teff-buğday karışımı ekmeklerin kontrol grubuna yakın beğeni aldığını, transglutaminaz ilavesinin ise hacim, tekstür ve yumuşaklıkta düşüşe neden olduğunu ortaya koymuştur. Araştırma sonuçları ile birlikte, teff ununun fonksiyonel ekmek üretiminde potansiyel taşıdığını, ancak transglutaminaz enziminin bu amaca uygun olmadığını ve farklı oranlarla denenmesi gerektiğini bildirmiştir.

Kılınççeker ve Karahan (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, teff unu ve galeta unu karışımlarının (%100 galeta, 1:2 teff:galeta, 2:1 teff:galeta, %100 teff) balık köftelerine %7 oranında eklenmesinin fiziksel ve duyuşsal özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, teff ununun kızartılmamış köftelerde L* ve a* değerlerini etkilemediğini, b* değerini ise düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Kızzartılan köftelerde teff ununun çap azalmasını azaltarak köftelerin şeklinin korunmasını iyileştirdiğini, a* ve b* değerlerini düşürdüğünü saptamışlardır. Teff ununun, verim, L* değeri, nem tutma ve yağ emme açısından galeta unuyla benzer etkiler gösterdiğini, duysal olarak yalnızca koku üzerinde beğeniyi artırdığını gözlemlemişlerdir. Özellikle 1:2 ve 2:1 teff:galeta oranlarının balık köftesi üretiminde fiziksel ve duysal avantajlar sağlayabileceğini, teff ununun glutensiz yapısıyla çölyak hastaları için uygun bir alternatif olduğunu bildirmişlerdir.

Gluten içeren (arpa, çavdar, spelt, buğday) ve glutensiz (amarant, karabuğday, mısır, kinoa, darı, yulaf, pirinç, teff) 20 ticari tahıl gevreğinin mineral içeriği (Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn), diyet lifi, fitat ve tanen düzeylerinin analiz edildiği çalışmada, araştırmacılar; mineral biyoyararlanımı, fitat-mineral molar oranları ve günlük mineral gereksinimlerinin karşılanma yüzdelerini hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda, amarant ve teff gevreklerinin Mg ve Fe açısından zengin olduğunu, fitat ve tanen içeriklerinin ise düşük olduğunu belirlemişlerdir. Teff gevreklerinin fitat:demir oranı (6.9) ve amarantın fitat:kalsiyum oranı (0.48) düşük bulunarak yüksek biyoyararlanım gösterdiğini saptamışlardır. Yulaf gevreklerinin düşük fitat- mineral oranlarıyla öne çıktığını, pirinç gevreklerinin ise yüksek fitat:demir oranı ile düşük biyoyararlanım gösterdiğini bulmuşlardır. Araştırmacılar, amarant ve teff gevreklerinin, özellikle glutensiz diyetlerde demir ve magnezyum eksikliklerini gidermede değerli olduğunu, ancak kinoa ve spelt gibi ürünlerin biyoyararlanımını artırmak için işleme tekniklerinin optimize edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Kiewlicz ve Rybicka, 2020).

Glutensiz ekmeklerde teff unu (%5, 10, 20) ve farklı ekşi hamurların (pirinç, karabuğday veya *Lactobacillus helveticus* ile taze) duysal özellikleri ve çölyak hastalarının tercihleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, araştırmacılar; on glutensiz ekmeği eğitimli panelistler tarafından duysal tanımlayıcı analizle değerlendirmiş, en umut verici dört ekmeği çölyak tüketicileri test etmişlerdir. Çalışma sonucunda, %10 teff ve tahıl ekşi hamuru (pirinç veya karabuğday) kombinasyonunun ekmek aromasını güçlendirdiğini, meyveli, tahıl ve kızarmışlık aromalarını artırdığını belirlemişlerdir. %20 teff ve *L. helveticus* ekşi hamurunun ekmek hacmini azalttığını saptamışlardır. %20 teff içeren ekmeklerin görsel görünümünün tüketiciler tarafından oldukça beğenildiğini, ancak kontrol ekmeğinin tat açısından daha az tercih edildiğini gözlemlemişlerdir. %10 teff ile karabuğday veya pirinç ekşi hamuru içeren ekmeklerin duysal özelliklerde kontrol ekmeğine göre önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, %10 teff ve tahıl ekşi hamurlarının glutensiz ekmeklerde duysal kaliteyi artırabileceğini, özellikle çölyak hastaları için uygun olduğunu bildirmişlerdir (Campo ve ark., 2016).

Alaunyte ve ark. (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada, teff ununun buğday unu ile karışımlarında (%0, 10, 20, 30) düz hamur ve ekşi hamur ekmek yapımında enzim kombinasyonlarının (ksilanaz+amilaz, amilaz+glukoz oksidaz, glukoz oksidaz+ksilanaz, lipaz+amilaz) etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, teff ilavesinin su tutma kapasitesini artırdığını, hamur stabilitesini azalttığı ve gluten seyrelmesi nedeniyle ekmek hacmini düşürdüğünü belirlemişlerdir. %30 teff içeren ekmeklerin özgül hacminin düştüğünü, kaba gözenek yapısı ve acı tat nedeniyle kabul edilebilirliğinin azaldığını tespit etmişlerdir. Enzim kombinasyonlarının ekmek hacmini, gözenek yapısını ve duysal özelliklerini iyileştirdiğini, özellikle amilaz+glukoz oksidaz kombinasyonunun sertlik ve tat üzerinde olumlu etkiler sağladığını saptamışlardır. Teff ilavesinin demir içeriğini (2 mg/100 g'dan 6 mg/100 g'a) ve antioksidan kapasiteyi (1.4 mM TEAC/100 g'dan 2.4 mM TEAC/100 g'a) artırdığını gözlemlemişlerdir. Günlük 200 g teff ekmeği tüketiminin kadınlarda demir ihtiyacının %42-81'ini karşıladığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar, teff ununun besinsel faydalar sağladığını, ancak enzimlerle desteklenmiş karışımların ekmek kalitesini iyileştirmek için gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Teff tohumundaki fitik asit içeriğini düşürmek amacıyla fermentasyon, otoklavlama ve fitaz enzimi gibi yöntemlerin uygulandığı, ardından işlenmemiş ve defitinize edilmiş teff unlarının (%0, %10, %20, %30, %40) bisküvi yapımında değerlendirildiği çalışmada, Karaçoban (2022); işlenmemiş teff ununda fitik asidin 1350 mg/100 g olarak ölçüldüğünü ve fitik asit miktarının fermentasyon (%86.59) işlemi ile, fitaz (%85.33) ve otoklavlamaya (%68.96) göre daha fazla oranda azaldığını bildirmiştir. Defitinize teff unlarının, bisküvilerin parlaklık (L*) ve sarılık (b*) değerlerini düşürdüğünü, yayılma oranını azalttığını tespit etmiştir. Otoklavlanmış unların bisküvileri yumuşattığını, fermente ve fitazlı unların ise daha sert ürünler verdiğini belirtmiştir. Defitinizasyon işleminin, bisküvilerin nem, kül, fitik asit ve fenolik madde içeriğini düşürdüğünü, protein, yağ ve antioksidan kapasite üzerinde değişiklik yaratmadığını ortaya koymuştur. Teff oranı yükseldikçe mineral (Ca, Fe, K, Mg, P, Zn), kül, yağ değerleri ve biyoaktif bileşenlerin arttığını kaydetmiştir. Duysal değerlendirmelerde, %20'ye kadar işlenmemiş, otoklavlanmış ve fitazlı teff unu kullanımının tüketici beğenisini koruduğunu bildirmiştir.

Kahlon ve Chiu (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, teff, karabuğday, kinoa ve amaranth unlarından (%95 tam tahıl unu ve %5 guar zımkı) üretilen glutensiz, yumurtasız, tam tahıllı makarnaların besinsel ve duysal özellikleri incelenmiştir. Duysal değerlendirmelerde, teff makarnasının tekstürel özelliklerde, karabuğdayın ise koku/aromada üstün olduğunu saptamışlardır. Teff ve karabuğdayın

kabul edilebilirlik oranlarını (%87 ve %82), kinoa (%61) ve amaranth'tan (%15) daha yüksek bulmuşlardır. Amaranthın, renk/görünümde başarılı olsa da, tat ve tekstürde zayıf olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, glutensiz makarna üretiminde besleyici ve duyuşal açıdan teff unu kullanımının başarılı olabileceğini bildirmişlerdir. Amaranth kullanımının ise tat ve tekstürel açıdan optimize edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, üretilen makarnaların çölyak hastaları ve vejetaryenler için sağlıklı bir alternatif sunduğunu da ifade etmişlerdir.

Minarovičová ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, glutensiz pirinç unundan üretilen keklerin, %25, %50 ve %75 oranında teff unu ile zenginleştirilerek niteliksel, tekstürel ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, %50'ye kadar teff unu ilavesinin, keklerin kabarıklığı, nem içeriği ve sertlik açısından kontrol örnekleriyle benzer olduğunu saptamışlardır. Ancak, %75 teff unu ilavesinin, keklerin sertliğini artırarak daha ufalanabilir ve az esnek bir yapı oluşturduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, teff ununun antioksidan aktivitesini (%28.32), pirinç ununa (%9.51) kıyasla üç kat daha yüksek bulmuşlar ve keklerin antioksidan kapasitesini %7.22-10.91 oranında artırdığını gözlemlemişlerdir. Duyusal değerlendirmede, %25 teff unuyla hazırlanan keklerin tatlı-fındıksı lezzeti ve en yüksek kabul edilebilirlik oranıyla en beğenilen kek olduğunu ortaya koymuşlardır. Son olarak, %75 teff unu ilavesinin, daha sert tekstür ve düşük gözeneklilik sağlaması nedeniyle kabul edilebilirliği azalttığını tespit etmişlerdir.

2.3. Tarhana

Türk Standartları Enstitüsü, tarhanayı dört farklı kategoriye ayırmıştır: “un tarhanası”, “göce tarhanası”, “irmik tarhanası” ve “karışık tarhana”. Bu tarhana türlerinin tümünde yoğurt, biber, tuz, kuru soğan, domates ile tat ve aroma kazandıran bitkisel maddeler sabit olarak yer alırken, kullanılan tahıl bileşeni değişiklik gösterir. “Un tarhanası”nda buğday unu, “göce tarhanası”nda buğday kırmısı, “irmik tarhanası”nda buğday irmiği tercih edilirken, “karışık tarhana”da ise buğday unu, buğday kırmısı ve buğday irmiğinden en az ikisi bir arada kullanılmaktadır (TSE, 2002).

Türk Standartları Enstitüsü'nün sınıflandırmasının ötesinde, tarhana çeşitleri üretim bölgeleri, kültürel özellikler ve kullanılan malzemeler açısından çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitler arasında Beyşehir tarhanası, Maraş tarhanası, Ege tarhanası, Sivas tarhanası, Kastamonu yaş tarhanası, Trakya tarhanası, Gediz tarhanası, pancarlı tarhana, göçmen tarhanası, kıymalı tarhana, top tarhana, kızılıcak tarhanası, göce tarhanası, şalgamlı tarhana, süt tarhanası, hamur tarhanası, ak tarhana, et

tarhanası, tatlı tarhana ve üzüm tarhanası yer almaktadır (Coşkun, 2014).

Tarhana üretiminde standart bir yöntem bulunmaması nedeniyle, besin özellikleri kullanılan malzemelere ve reçetede yer alan bileşenlerin oranlarına bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Tarhana üretimi, bölgeden bölgeye değişiklikler sergilese de, tahıl ve yoğurt her zaman temel besin bileşenleri olarak öne çıkar (Çolak ve ark., 2012).

Sakızlı tarhana, süt, karanfil ve damla sakızı gibi bileşenler içermesiyle antimikrobiyal, antioksidan ve antienflamatuar özellikler ortaya koymaktadır (Altundağ ve ark., 2020).

Kızılcık tarhanası, Anadolu'ya özgü bir çeşit olup özellikle mide ve bağırsak sorunlarına karşı tedavi edici etkileriyle bilinmektedir (Coşkun, 2003).

Beyşehir tarhanası, lif içeriğini artıran ve diyabet hastaları ile kilo kontrolü için yararlı olan yarma adlı buğday ürününü içermektedir (Yörükoğlu ve Dayısoylu, 2016).

Trakya bölgesinde yaygın olan kıymalı tarhana, kırmızı biber, domates ve kıyma gibi bileşenlerin eklenmesiyle yüksek besinsel değere sahiptir (Çakır ve ark., 2010).

Marmara bölgesine özgü Göçmen tarhanası, lor peyniri ve çeşitli baharatlar barındırarak hem besleyici hem de antioksidan açısından zengin bir yapı sunmaktadır (Çoban ve Patır, 2010).

Maraş tarhanası, cips formunda bilinen bir çeşit olup buğday yarması ve yoğurttan üretilir; düşük yağ oranıyla birlikte yüksek protein ve lif içeriği taşımaktadır (Şimşekli ve Doğan, 2015).

Üzüm tarhanası ise tatlı olarak tüketilir ve üzümden gelen fenolik bileşikler sayesinde antioksidan ve antienflamatuar özellikler sağlamaktadır (Cangi ve ark., 2011).

Tarhana, üstün besinsel içeriğiyle iştahı artıran, sindirimi destekleyen ve bağırsak mikroflorasını düzenleyerek koruyucu etkiler sağlayan bir gıdadır. İçerisindeki probiyotikler, sindirim sisteminin sağlıklı işleyişini teşvik ederken, bağırsak mikroflorasının dengede kalmasına katkıda bulunur. Bu nitelikleri sayesinde tarhana, sindirim süreçlerini optimize eder, organizmaya temel besin unsurlarını sunar ve bağışıklık sisteminin sağlamlaşmasına yardımcı olmaktadır (Altundağ ve ark., 2020).

Tarhana, yüksek protein, vitamin ve mineral içeriğiyle özellikle çocuklar ve hastalar için beslenme açısından önemli bir rol oynar. Temel tahıl proteinine, yüksek oranda sindirilebilir bir formda süt proteini ilave edilmesi, tarhanayı değerli bir besin kaynağı haline getirir. Buğday ununda sınırlı miktarda bulunan lizin, metiyonin ve treonin gibi esansiyel amino asitler, yoğurtta bolca mevcut olduğundan, un ve yoğurt birbirini tamamlayarak tarhananın protein kalitesini yükseltir (Blandino ve ark., 2003; Cankurtaran-Kömürcü ve Bilgiçli, 2022; Oğurlu ve Tarakçı, 2023).

Tarhana, B grubu vitaminleri ile kalsiyum, bakır, potasyum, magnezyum, çinko ve demir gibi mineraller bakımından zengin bir gıda olup (Çizelge 2.1), bu özellikleriyle özellikle çocuklar ve yaşlılar için beslenme düzeninde sıkça tercih edilmektedir. Fermantasyon sonunda, tarhanadaki riboflavin, niasin, pantotenik asit, askorbik asit ve folik asit seviyelerini önemli ölçüde yükselmektedir. Bunun yanı sıra, fermantasyon sırasında fitik asit ve tanen gibi anti-besinsel maddeler parçalanarak tarhananın besinsel kalitesini daha da artırmaktadır (Ekinci, 2005; Çeltik ve ark., 2022; Kılıç-Keskin ve ark., 2022; Koksel ve ark., 2024a).

Tarhanada bulunan diyet lifi, sindirim sisteminin düzenli çalışmasını destekler ve bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyerek prebiyotik özellikler sergileyebilir. Kullanılan hammaddeler ve üretim yöntemlerine bağlı olarak, tarhananın çözünür ve çözünmez lif oranları farklılık gösterebilir. Çözünür ve çözünmez diyet lifi içeriği, tokluk hissini artırarak kilo yönetimine katkıda bulunur ve kan şekeri düzeylerinin dengelenmesine yardımcı olmaktadır (Köten ve ark., 2019). Diyet lifinin kan şekeri ve lipit seviyelerini düzenleyici etkisi ile tokluk duygusunu güçlendirmesi, tarhananın fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilmesini sağlar (Yılmaz, 2024).

Tarhana fermantasyonu esnasında ortaya çıkan asetik asit, mide boşalma süresini uzatarak kan şekeri düzenlenmesini olumlu yönde etkiler. Bunun yanı sıra,

fermantasyon sürecinde bakteri kültürleri tarafından önceden sindirilen besin bileşenleri, tarhananın daha kolay sindirilebilir bir gıda olmasını sağlar (Aytunç ve Özsisli, 2020; Koksel ve ark., 2024b).

Tarhana, içeriğindeki probiyotik bakteriler sayesinde bağışıklık sisteminin güçlenmesine katkıda bulunur. Üretiminde kullanılan domates, domates püresi veya salçada yer alan likopen, antioksidan özellikleri nedeniyle kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve deri ile göz rahatsızlıklarının tedavisinde destekleyici bir rol oynar ve iyileştirici etkiler sunmaktadır. Bunun yanı sıra, düşük glisemik indeksi ile diyabet ve kolesterol diyetlerine uygun bir besin olarak öne çıkmaktadır (Yıldırım ve Güzeler, 2016).

Güler (1993), tarhana üretiminde soya unundan yararlanma olanaklarını araştırdığı çalışmada, buğday ununa ikame olarak farklı oranlarda (%5, 10, 15, 20, 25 ve 25) soya unu kullanmıştır. Yapılan analizlerde soya unu ilavesi ile tarhana örneklerinin pH, protein, kül değerlerinin arttığını, asitlik, nişasta miktarı değerlerinin düştüğünü ve yağ miktarı değerlerinin kontrol örneğine yakın olduğunu belirlemiştir. Duyusal analizde ise, renk ve görünüş, yapı ve kıvam, tat ve koku, genel kabul edilebilirlik bakımından en yüksek puanları %5 soya unu ilaveli tarhana örneklerinin aldığını saptamıştır. Çalışma sonucunda, tarhana üretimi için, formülasyona ilave edilecek en uygun soya unu oranlarının %5 ve %10 olduğunu ortaya koymuştur.

Koksel ve ark. (2024a) tarafından yürütülen bir çalışmada, geleneksel bir fermente tahıl-yogurt ürünü olan tarhananın, yüksek amiloz içeriğine sahip özel bir buğday çeşidi (Svevo-HA) kullanılarak fonksiyonel bir gıdaya dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, farklı un türleri ve ısıtma işlem uygulamalarıyla üretilen tarhana örnekleri karşılaştırılmıştır. Özellikle dirençli nişasta içeriği, glisemik indeks, fenolik bileşenler, antioksidan kapasite, mineral kompozisyon ve viskozite gibi fizikokimyasal ve besinsel özellikler değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, ısıtma işlem uygulanmış tarhana örneklerinde dirençli nişasta içeriğinin %0.48'den %5.73'e yükseldiğini ve buna bağlı olarak in vitro glisemik indeks değeri 80.14'ten 54.86'ya düştüğünü, dolayısıyla ürünün düşük glisemik indeksli gıdalar kategorisine girdiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda, ısıtma işlemlerin viskoziteyi düşürerek tarhananın su absorpsiyon kapasitesini azalttığını ve tüketilebilir kıvam elde edilmesini sağladığını tespit etmişlerdir. Yüksek amilozlu unla üretilen tarhana örneklerinde potasyum, magnezyum, çinko gibi minerallerin oranının artış gösterdiğini, ancak ısıtma işlemin fenolik bileşiklerde kısmi azalmaya yol açtığını belirtmişlerdir.

Erkan ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışmada, yüksek β -glukan içeriğine sahip arpa unu kullanılarak tarhana üretimi gerçekleştirmişler ve bu ürünlerin kimyasal, duyuşsal ve elektroforetik özellikleri geleneksel buğday tarhanasıyla karşılaştırmışlardır. Çalışmada, iki adet kabuklu ve bir kabuksuz arpa örneği kullanılarak tarhana hazırlanmıştır. Analizler sonucunda, arpa tarhanalarının özellikle kabuksuz arpada daha yüksek protein ve kül içeriği sunduğunu, ancak fermentasyon sırasında β -glukan içeriğinde bir miktar azalma olduğunu tespit etmişlerdir. SDS-PAGE analizleri sonucunda, fermentasyonun protein hidrolizine yol açtığını ve tarhana örneklerinde protein bant yoğunluğunun azaldığını ortaya koymuşlardır. Duyusal değerlendirmelerde, arpa tarhanalarının renk ve tat açısından buğday tarhanasına kıyasla biraz daha düşük kabul edilebilirlik gösterdiğini, ancak genel olarak çorba özelliklerinin tatmin edici olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, arpa ununun tarhana formülasyonunda kullanımının, besinsel faydalarıyla birlikte yeni ve sağlıklı bir gıda ürünü geliştirme potansiyeli olduğunu saptamışlardır.

Ticari kishk ve tarhana ürünlerinin besin kompozisyonlarının, %60-80 fermente süt içeren deneysel fermente süt:bulgur karışımları ile karşılaştırıldığı çalışmada, araştırmacılar; kishk örneklerinin, tarhana örneklerine göre daha yüksek protein, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, fosfor, β -glukan ve fitik asit içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Fermente süt:bulgur karışımlarında fermente süt oranı arttıkça protein, kalsiyum, fosfor ve laktoz içeriğinin arttığı, β -glukanın azaldığı, ayrıca besin profilinin kishk'e daha yakın bulunduğunu bildirmişlerdir. Kırmızı biber içeren tarhana örneklerinin, yüksek antioksidan aktivite ve linoleik asit oranına sahip olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, fermente süt oranının artırılmasının besin değerini iyileştirebileceğini, ancak fitik asit gibi anti-besinlerin azaltılması gerektiğini vurgulamışlardır (O'Callaghan ve ark., 2019).

Cankurtaran Kömürcü ve Bilgiçli (2022) tarafından yapılan çalışmada, tarhananın besin değeri ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla einkorn ve emmer gibi antik buğday unlarının kullanımı ve mayalı/mayasız fermentasyonun etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, tarhanada %0, %50 ve %100 oranlarında einkorn unu veya emmer ununu beyaz buğday unu yerine kullanarak, mayalı ve mayasız koşullarda 72 saat fermente etmiş ve 50°C'de kurutmuşlardır. Çalışma sonucunda, emmer ununun yüksek nem, kül, protein, fitik asit ve toplam fenolik içeriğe sahip olduğunu, einkorn ve emmer unlarının artan oranı ile tarhanada protein, kül, fitik asit, fenolik içerik, antioksidan aktivite ve su/yağ absorpsiyon kapasitesinin arttığını tespit etmişlerdir. Mayasız fermentasyonun daha yüksek doku sertliği sağladığını, mayalı fermentasyonun ise köpük stabilitesi ve çözünürlük süresini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Emmer unu içeren tarhanaların, daha yüksek nem absorbe etme ve

dağılabilirlik gösterdiğini, ayrıca tarhana rengine koyulaşma gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, antik buğday unlarının tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiğini, ancak teknolojik özelliklerin optimize edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Glutensiz tarhana formülasyonlarının besinsel ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek amacıyla nohut, mercimek, kuru fasulye, soya ve lupin unlarından oluşan beş farklı kompozit baklagil ununun %75 oranında kullanımı ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) seviyelerinin (%2,5 ve %5) etkilerinin incelendiği çalışmada, araştırmacılar; tarhanayı %25 glutensiz un (mısır ve pirinç unu karışımı) ile birlikte kompozit baklagil unları kullanarak 72 saat fermente etmiş ve 50°C’de kurutmuşlardır. Çalışma sonucunda, nohut, mercimek, fasulye, soya ve lupin unlarından oluşan kompozit unların, tarhananın besinsel değerini artırdığını saptamışlardır. Daha yüksek maya oranının, fitik asit miktarını azaltarak mineral biyoyararlanımını iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir. Nohut ve mercimek içeren formülasyonların, duyuşal açıdan yüksek kabul edilebilirlik gösterdiğini, ancak soya ve lupinin tat ve kıvamda olumsuz etkiler yarattığını tespit etmişlerdir (Kılıç Keskin ve ark., 2022).

Tarhananın besinsel değeri ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapılan çalışmada, Bilgiçli (2009), buğday ununa ikame olarak farklı oranlarda (%20, 40, 60, 80 ve 100) karabuğday unu kullanılmasıyla hazırlanan tarhana örneklerinin fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duyuşal özelliklerini incelemiştir. Yapılan analizlerle, karabuğday ununun tarhananın kül, protein, yağ, selüloz ve mineral (özellikle K, Mg, P, Fe ve Zn) içeriğini artırdığını, fitik asit içeriğinin fermantasyon sırasında %89.44 oranında azaldığını tespit etmiştir. Karabuğday ununun artan oranlarının, tarhananın renk değerlerini (özellikle parlaklık ve sarılık) düşürdüğünü, fermantasyon kayıplarını artırdığını ve nişasta içeriğini azalttığını bildirmiştir. Köpük kapasitesi ve stabilitesinin arttığını, viskozite ve yağ absorpsiyon kapasitesinin azaldığını belirlemiştir. Duyusal değerlendirmelerde, tarhanaya %40'a kadar oranlarda karabuğday unu ilavesinin renk, lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından tercih edildiğini, ancak daha yüksek oranlarda koyu renk ve düşük kıvam nedeniyle kabul edilebilirliğin düştüğünü ortaya koymuştur. Ayrıca, %40 karabuğday unu içeren tarhanada lizin içeriğinin arttığını, asparagin ve glutamik asit seviyelerinin azaldığını tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlarla, karabuğday unu ilavesinin tarhanada besinsel zenginlik sağladığını, ancak duyuşal ve fonksiyonel özellikler açısından %40 oranının optimal olduğunu göstermiştir.

Bilgiçli ve ark. (2006a) tarafından yapılan bir çalışmada, tarhana üretiminde farklı fitaz kaynaklarının (fırın mayası, arpa malt unu, mikrobiyal fitaz) fitik asit, mineral biyoyararlanımı ve protein sindirilebilirliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, fitaz kaynaklarının, tarhananın besinsel kalitesini artırdığını saptamışlardır. Fırın mayasının, fitik asit miktarını azaltarak kalsiyum, magnezyum, çinko ve potasyumun biyoyararlanımını iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir. Fermantasyon, düşük pH ve fitaz aktivitesinin, mineral ve protein sindirilebilirliğini artırdığını belirlemişlerdir. Arpa malt unu ve mikrobiyal fitazın da fitik asit kaybını desteklediği, ancak mayanın daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen verilerle, tarhana üretim süreçlerinin ve fitaz kaynaklarının, mineral ve protein biyoyararlanımını artırarak tarhananın besinsel değerini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermişlerdir.

Tarhananın besinsel değerini artırmak amacıyla yapılan çalışmada, buğday ununa ikame olarak buğday ruşeymi ve kepeği %10, %25 ve %50 oranlarında kullanılarak zenginleştirilmiş tarhana örneklerinin kimyasal, besinsel ve duyusal özellikleri Bilgiçli ve ark. (2006b) tarafından değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, ruşeym ve kepek ilavesinin tarhananın protein, kül ve mineral (Ca, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn) içeriğini önemli ölçüde artırdığını, ancak fitik asit içeriğinin fermantasyon sırasında belirgin şekilde azaldığını tespit etmişlerdir. Toplam fenolik bileşiklerin arttığını, toplam antioksidan kapasitenin ise azaldığını bildirmişlerdir. In vitro protein sindirilebilirliğinin, fermantasyon sayesinde %85'in üzerinde yüksek değerler gösterdiğini, ruşeym ve kepek eklenmesiyle tarhananın daha koyu renkli bir görünüm kazandığını, pişirme testleri ile de nişasta içeriğinin azalması nedeniyle viskozitenin düştüğünü ortaya koymuşlardır. Duyusal değerlendirmelerle, %10 ruşeym ve %25 kepek içeren tarhana çorbalarının lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanları aldığını, ancak daha yüksek oranlarda tat ve doku açısından kabul edilebilirliğin azaldığını göstermişlerdir. Bu sonuçlarla, buğday ruşeymi ve kepeği kullanımının tarhana formülasyonunda besinsel zenginlik sağladığını, ancak duyusal özellikler için optimal oranların %10-25 aralığında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tarhananın besinsel değerini artırmak amacıyla yapılan çalışmada, Bilgiçli ve İbanoğlu (2007) buğday ununu, buğday ruşeymi ve kepeği ile %10, %25 ve %50 oranlarında değiştirerek hazırladıkları tarhana örneklerinin fermantasyon aktivitesi, fitik asit içeriği ve renk özelliklerini üç günlük fermantasyon süreci boyunca izlemişlerdir. Araştırmacılar, toplam titre edilebilir asitliğin (laktik asit cinsinden) ilk

24 saatte keskin bir artış gösterdiğini, ardından üçüncü güne kadar kademeli olarak arttığını; ruşeym ve kepek ilavesinin asitliği artırdığını, ancak pH değerlerini yükselttiğini belirlemişlerdir. Fitik asit içeriğinin, ruşeym ve kepek oranının artmasıyla başlangıçta yükseldiğini, ancak fermantasyon sayesinde %90'ın üzerinde azaldığını, özellikle 24 saat sonunda fitik asitin %80'den fazla azaldığını ortaya koymuşlardır. Renk analizleri ile, fermantasyon ilerledikçe ve ruşeym/kepek oranı arttıkça tarhananın daha koyu (düşük L* değerleri), daha az kırmızı-yeşilimsi (düşük a* değerleri) ve daha az sarı-mavimsi (düşük b* değerleri) bir görünüm kazandığını göstermişlerdir. Bu sonuçlarla, buğday ruşeymi ve kepeğinin tarhana formülasyonunda besinsel zenginlik sağladığını, ancak fermantasyonun fitik asit içeriğini azaltarak mineral biyoyararlanımını iyileştirdiğini ve renk özelliklerini etkilediğini bildirmişlerdir.

Tarhana üretiminde yoğurt oranı, fermantasyon süresi ve koruma yöntemlerinin laktik asit içeriği üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, Bozkurt ve Gürbüz (2008); yoğurt oranı %50'den %75'e çıkarıldığında, ilk 48 saatte toplam asitliğin %17 arttığını, laktik asit miktarının da %20.2'lik bir yükseliş gösterdiğini belirlemişlerdir. Fermantasyon süresinin uzamasının, özellikle ilk 48 saatte, laktik asit oluşumunu önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. %75 yoğurt kullanımının tarhananın nem ve yağ içeriğini artırarak uzun süreli depolamada teknolojik sorunlara yol açabileceğini ifade etmişlerdir. Koruma yöntemleri arasında, güneşle kurutmanın, dondurmaya kıyasla daha yüksek asit seviyeleri sağladığını tespit etmişlerdir. Son olarak, yoğurt oranının ve kurutma yönteminin asitlik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğunu saptamışlardır.

Özdemir ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, tarhana fermantasyonunda laktik asit bakterileri ve maya türlerinin aroma gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar, *Lactobacillus alimentarius* PFC91 ve *Pichia kudriavzevii* PFC126 kullanılarak hazırlanan tarhana hamurlarında ester ve alkol bileşiklerinin birikiminin arttığını tespit etmişlerdir. Bu starter kültürlerin kullanımının, özellikle (E)-karveol ve etil dodekanoat gibi uçucu aroma bileşiklerinin üretimini olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir. *L. alimentarius* PFC91'in kullanıldığı hamurlarda, 5. günde en yüksek asetik asit seviyelerinin ölçüldüğünü saptamışlardır. Organik asit analizleri ile, *L. farciminis* PFC83 ve *P. kudriavzevii* PFC126'nın laktik asit üretimine katkıda bulunduğunu bulmuşlardır. Duyusal analizlerde, *L. alimentarius* PFC91 ile hazırlanan tarhana örneklerinin en yüksek kabul edilebilirlik oranına sahip olduğu ve düşük ransit tat içerdiğini gözlemlemişlerdir. Elde edilen verilere göre, *L. alimentarius* PFC91 ve *P. kudriavzevii* PFC126'nın standart ve istenen tarhana üretimi için uygun starter kültürler olduğunu ortaya

koymuşlardır.

Ropy ekzopolisakkarit (EPS) üreten *L. plantarum* suşlarının tarhana kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, Taşdelen ve Şimşek (2021); PFC309, PFC310 ve PFC311 suşları ile hazırlanan tarhana hamurlarında, ekzopolisakkarit üretiminin viskoziteyi artırdığını ve çift suş inokülasyonunun, tek suşa göre yaklaşık 1.5 kat daha yüksek kıvam katsayısı sağladığını tespit etmişlerdir. *L. plantarum* inokülasyonunun, laktik asit konsantrasyonunu 3. günde en yüksek seviyeye çıkardığını bildirmişlerdir. Çift suşlu örneklerin, 90 günlük depolamada kırmızı renk (a^* değeri) stabilitesini koruduğunu, kontrol örneklerine kıyasla daha az renk kaybı gerçekleştiğini saptamışlardır. Duyusal analizlerde, ekzopolisakkaritli tarhana çorbalarının daha yüksek genel kabul ve kıvam puanı aldığını belirtmişlerdir. Bu suşların tarhana fermantasyonunda viskozite, renk ve duyusal özellikleri iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır.

Değirmencioglu ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, yulaf unuyla zenginleştirilmiş tarhananın fenolik bileşikler, toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine kurutma tekniklerinin etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, güneş, fırın ve mikrodalga kurutma yöntemlerini karşılaştırmış ve fırında 55°C’de kurutulan örneklerde toplam fenol içeriğinin diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Mikrodalga ile kurutmanın, serbest fenolik özütlerin antioksidan kapasitesini artırdığını, ancak güneş ve mikrodalga ile kurutmada fenolik bileşiklerde oksidatif kayıplar gözlendiğini bildirmişlerdir. Kaempferol’ün, en yüksek konsantrasyonda tespit edilen fenolik bileşik olduğunu belirlemişlerdir. Yulaf unu oranının artmasıyla fenolik içeriği ve antioksidan aktivitenin arttığını göstermişlerdir. Son olarak, fırın ile kurutmanın fenolik bileşiklerin korunmasında daha etkili olduğunu saptamışlardır.

Yulaf unu ile zenginleştirilmiş tarhananın fenolik asit bileşimi, antioksidan aktivitesi ve fenolik içeriği, Kilci ve Gocmen (2014) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışmada, yulaf unu oranı %10-40 arasında artırıldığında, vanilik, ferulik ve gallik asitlerin en baskın fenolik asitler olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Toplam fenolik asit içeriğinin kontrol örneğine kıyasla %40 yulaf unu ilavesi ile 1090.9 µg/g’a ulaştığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, antioksidan aktivitelerin yulaf unu oranına bağlı olarak arttığını ve %40 yulaf unu ile en yüksek değerlerin (ABTS: 204.48 µmol trolox/g, CUPRAC: 111.59 µmol trolox/g) elde edildiğini saptamışlardır. Ayrıca, toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite arasında pozitif

bir korelasyon bulmuşlardır. Duyusal analizlerde, %30 yulaf unu ilaveli örneklerin en yüksek renk ve koku puanlarını aldığını belirtmişlerdir. Genel olarak, yulaf unu katkısının tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır.

İbanoğlu (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, seyreltik laktik asit hidrolizinin, fermente edilmiş buğday unu-yoğurt karışımından yapılan tarhana çorbasının pişmiş viskozitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu araştırmada, asit konsantrasyonu (0.2-1.0 N), hidroliz süresi (2-6 saat) ve sıcaklık (30-60°C) değişkenleri, yanıt yüzey yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. İbanoğlu, viskoziteyi en çok asit konsantrasyonunun etkilediğini bildirmiştir. Çalışmada, asit konsantrasyonu ve sıcaklık artışıyla viskozitenin azaldığı; hidrolizin, nişasta moleküllerinin glikosidik bağlarını kırarak viskoziteyi düşürdüğü tespit etmiştir. Bu yöntemin, yüksek katı madde içeriğinde düşük viskoziteli çorba üretimini mümkün kıldığını ortaya koymuştur.

Tarhana fermentasyonunda tuz ve yoğurt miktarının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, laktik asit bakterileri ve maya popülasyonları İbanoglu ve ark. (1999) tarafından takip edilmiştir. Araştırmacılar, standart tarhana (yoğurt/un oranı 0.5 ve tuzlu), yüksek yoğurtlu tarhana (yoğurt/un oranı 1.0 ve tuzlu) ve tuzsuz tarhana (yoğurt/un oranı 0.5) formülasyonlarını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, fermentasyonun ilk gününde mikrobiyal popülasyonların arttığı, 4. gün sonunda ise başlangıç seviyesinin altına düştüğü bildirmişlerdir. Tuzsuz tarhananın, en yüksek laktik asit bakterisi popülasyonuna ve laktik asit konsantrasyonuna (%2.5) sahip olduğunu belirlemişlerdir. Yüksek yoğurtlu tarhananın, daha yüksek başlangıç bakteriyel sayısına rağmen, tuzlu olduğu için tuzsuz tarhanadan daha düşük fermentasyon aktivitesi gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Tuzun, su aktivitesini düşürerek laktik asit bakterilerinin çoğalmasını sınırladığını da tespit etmişlerdir.

Erbaş ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada, fermentasyon ve depolamanın, tarhananın organik ve yağ asidi içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar, fermentasyon sürecinde titre edilebilir asitlik, laktik, asetik, propiyonik ve piruvik asitlerin arttığını, sitrik asitin ise azaldığını belirlemişlerdir. Kurutma işleminin organik asitlerde kayıplara yol açtığını bildirmişlerdir. Depolamada nemli tarhananın, kuru tarhanaya göre daha yüksek organik asit içeriğine sahip olduğunu; özellikle tuzsuz nemli tarhananın en fazla laktik asit içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Bütirik asit miktarının fermentasyonla arttığı, ancak kurutma işlemiyle azaldığını saptamışlardır. Duyusal analizde tuzlu nemli tarhananın en yüksek ekşilik

ve kabul puanlarını aldığını ve kuru tarhananın ise uçucu bileşen kayıpları nedeniyle daha düşük puanlara sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Depolama süresi ve üzüm çekirdeği ekstraktı ilavesinin, tarhananın besinsel ve kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, araştırmacılar; tarhana üretiminde üzüm çekirdeği ekstraktını kontrol (üzüm çekirdeği ekstraktı içermeyen), düşük, orta ve yüksek konsantrasyonlarda kullanmış ve ürünleri altı ay depolamışlardır. Çalışma sonucunda, putresin'in tüm örneklerde baskın biyojenik amin olduğunu, üzüm çekirdeği ekstraktı ilavesiyle özellikle yüksek konsantrasyonda önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Kadaverin, spermin ve spermidin düzeylerinin de üzüm çekirdeği ekstraktı ile düştüğünü, histaminin ise toksik seviyenin altında kaldığını ortaya koymuşlardır. Depolama süresince toplam biyojenik amin içeriğinin genel olarak azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir. Üzüm çekirdeği ekstraktının, mineral içeriğini, toplam fenolik maddeyi ve antioksidan aktiviteyi artırdığını, ancak depolama boyunca fenolik içerik ve antioksidan aktivitenin azaldığını belirlemişlerdir. pH düşerken asitliğin arttığını, kuru madde ve serbest amino asitlerin depolama sonuna doğru yükseldiğini saptamışlardır. Elde edilen verilerle, üzüm çekirdeği ekstraktı ilavesi ile renk değerlerinin daha iyi korunduğunu, tarhananın kalitesini iyileştirdiğini ve biyojenik amin birikimini azalttığını bulmuşlardır (Akan ve Özdestan Ocak, 2019).

Avcı ve ark. (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, geleneksel tarhana üretiminde buğday unu yerine mısır unu kullanımı ve yoğurt yerine kefir ilavesinin ürünün bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında araştırmacılar, farklı oranlarda mısır unu içeren ve kefirle mayalanan altı farklı tarhana formülasyonu hazırlamış, numuneleri beş günlük fermantasyon sürecinden sonra kurutup analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, mısır unu oranının artmasıyla birlikte tarhanaların pH değerinde artış, titrasyon asiditesinde azalma ve karbonhidrat içeriğinde yükselme gözlemlendiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, kefir kullanımının tarhananın probiyotik potansiyelini artırdığını, renk değerlerinde ise özellikle L* parametresinin mısır unu oranına bağlı olarak düştüğünü belirlemişlerdir. Mikrobiyolojik analizlerle, ürünlerin hijyenik koşullarda üretildiğini ve fermantasyon süresince laktik asit bakterilerinin baskın olduğunu göstermişlerdir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, mısır unu oranı arttıkça genel beğeni puanlarının azaldığı, dolayısıyla tüketici kabulü açısından daha düşük oranlarda mısır unu kullanımının tercih edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır. Elde edilen verilerle, mısır unu ve kefirin geleneksel tarhana üretiminde

başarılı birer alternatif olarak kullanılabileceğini ve besinsel değeri artırılmış, fonksiyonel bir ürün elde edilebileceğini de belirtmişlerdir.

Maraş tarhanası üretiminde geleneksel yoğurt yerine kefir kullanımının ürün özelliklerine etkilerini araştıran çalışmada, kimyasal, tekstürel, antioksidan ve renk parametreleri değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, analizlerde, kefir kullanımının nem, kül, yağ, protein ve pH değerlerinde kayda değer bir değişikliğe yol açmadığını, ancak toplam asitlikte belirgin bir düşüşe (%7.63 kefirli, %11.23 yoğurtlu) neden olduğunu belirlemişlerdir. Kefirin, antioksidan kapasiteyi yoğurtlu tarhanaya göre artırarak ürünün oksidatif stabilitesini ve potansiyel raf ömrünü iyileştirdiğini; ancak toplam fenolik madde içeriğinin fazla değişmediğini tespit etmişlerdir. Renk ölçümlerinde, kefirli tarhananın beyazlık (L^* : 53.47) ve sarılık (b^* : 22.76) değerlerini daha yüksek, kırmızılık (a^* : 2.97) değerini ise daha düşük bulmuşlardır. Araştırma sonucunda, kefirin Maraş tarhanasına fonksiyonel bir değer katarak hem besleyici hem de tüketici dostu bir atıştırılabilir ürüne dönüşümünü desteklediğini ortaya koymuşlardır (Erinç ve Çifçi, 2018).

Dağ ve İnanç (2019) tarafından yapılan çalışmada, Maraş tarhanası üretiminde üç farklı endüstriyel yoğurt starter kültürü (YC-380, CH-1, YF-L903) ve bunların üç farklı konsantrasyonunun (3, 6, 9 kat) yoğurt, tarhana hamuru ve nihai ürün üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yoğurt üretimi, standardize edilmiş sütün 44°C’de YC-380 için 15.84 mg/L, CH-1 için 88 mg/L ve YF-L903 için 60 mg/L’lik kültür miktarlarının 3, 6 ve 9 katı konsantrasyonlarla aşılması, 4 saat fermentasyon ve 1 gün olgunlaştırma süreçleriyle gerçekleştirilmiştir. Analizlerle, kültür konsantrasyonlarının pH, asitlik ve laktoz içeriği üzerinde bir etkisi olmadığını, ancak kültür tipi ve fermentasyon süresinin belirgin farklılıklar yarattığını ortaya koymuşlardır. Yoğurtlarda pH’ın 3.79-4.10, asitliğin %0.91-1.39 ve laktozun %6.54-8.14 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Tarhana hamurlarında ise 8 saatlik fermentasyon boyunca pH’ın 4.77’den 3.66’ya düştüğünü, asitliğin arttığını ve laktoz içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir. Kurutulmuş tarhanalarda pH’ın 3.89-4.12, asitliğin %2.19-3.46 ve laktozun %6.42-10.78 aralığında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, YC-380 kültürünün en yüksek asitlik gelişimini sağladığını, YF-L903’ün ise en düşük asitlik ve laktoz tüketimini ortaya çıkardığını bulmuşlardır. Sonuç olarak, Maraş tarhanasının kimyasal profilinin yoğurt kültürü seçimine bağlı olarak optimize edilebileceğini, ancak konsantrasyon artışının asitlik gelişimini anlamlı şekilde etkilemediğini ortaya koyarak, endüstriyel üretimde kültür tipinin ürün kalitesini şekillendirmedeki kritik rolünü vurgulamışlardır.

Aytunç ve Özsisli (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Maraş tarhanasına mısır ilave ederek yeni bir ürün geliştirmek amacıyla buğday dövmesi yerine %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında tavlanmış mısır kullanarak tarhana üretmişler ve üretilen tarhanaların kimyasal, fiziksel, renk ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, tavlanmış mısır oranının artmasıyla nem içeriğinin %8.96'dan %8.06'ya düştüğünü, kül miktarının %4.01'den %4.86'ya, protein içeriğinin %17.41'den %21.52'ye, yağ oranının %2.20'den %5.95'e ve enerji değerinin 359.20 kcal'den 378.02 kcal'e yükseldiğini tespit etmişlerdir. pH değerlerinin 4.06-3.92, asitliğin %16.66-20.26 (laktik asit cinsinden) ve tuz içeriğinin %1.27-1.34 aralığında değiştiğini, karbonhidrat içeriğinin ise %67.43'ten %61.34'e gerilediğini bildirmişlerdir. Renk analizinde, mısır oranının artmasıyla parlaklık (L^* : 62.92'den 66.86'ya) ve sarılık (b^* : 19.78'den 23.84'e) değerlerinin arttığını, kırmızılık değerinin (a^* : 2.25'ten 0.81'e) ise azaldığını bulmuşlardır. Duyusal değerlendirmelerde, %10 ve %20 mısır ikameli tarhanaların görünüş, renk, koku ve genel beğeni açısından en yüksek puanları aldığını, ekşilik ve sertlik-gevreklikte ise anlamlı fark gözlenmediğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, %10 ve %20 tavlanmış mısır ikamesinin Maraş tarhanasının besinsel değerini ve duyuşal kabul edilebilirliğini artırarak fonksiyonel bir ürün geliştirilmesine katkı sağladığını, aynı zamanda mısır için yeni kullanım alanları açtığını da belirtmişlerdir.

Yükselci Kilci (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla yulaf unu ve yulaf kırmasının farklı oranlarda (%10, %20, %30, %40) kullanımının etkileri araştırılmıştır. Bu araştırmacı, yulaf katkılı tarhana örneklerini maya ilaveli (%2) ve mayasız olarak üretmiş; diyet lifi, β -glukan, mineral madde, fenolik bileşen ve antioksidan kapasite gibi parametreleri analiz etmiştir. Elde edilen verilerle, yulaf kırması içeren örneklerin, özellikle %40 oranında, en yüksek çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi ile β -glukan içeriğine sahip olduğunu, mineral içeriklerinin de kontrol grubuna kıyasla arttığını tespit etmiştir. Fenolik madde ve antioksidan kapasitenin, yulaf oranının artmasıyla yükseldiğini, ancak maya ilavesinin fenolik madde içeriğini düşürdüğünü belirlemiştir. Renk analizleri sonucunda yulaf katkısının parlaklığı artırırken, kırmızılık ve sarılığı azalttığını bildirmiştir. Duyusal analizlerde %10 yulaf unu ve %2 maya içeren örneğin en yüksek beğeni puanını aldığını; genel olarak yulaf katkılı tarhanaların kabul edilebilir duyuşal özelliklere sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışmadan elde ettiği sonuçlarla Yükselci Kilci, yulafın tarhananın besinsel kalitesini artırarak fonksiyonel bir gıda ürünü geliştirme potansiyelini ortaya koymuştur.

Keçiboynuzu ununu tarhanaya katarak besleyici ve yenilikçi bir ürün geliştirmeyi amaçladığı çalışmada, Işık Erol (2010); keçiboynuzu ununu %3, %5 ve %8 oranlarında kullanarak fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duyusal testler gerçekleştirmiştir. Kontrol tarhanasıyla karşılaştırıldığında, keçiboynuzu unu ilavesinin, kalsiyum ve potasyum gibi minerallerin miktarını artırdığını, viskozite, yağ emilimi ve emülsiyon kapasitesi gibi özellikleri iyileştirdiğini tespit etmiştir. %3 keçiboynuzu unu ilavesiyle hazırlanan tarhananın, tat, koku ve görünümde en çok beğenilen tarhana olduğunu, %8'lik keçiboynuzu ilaveli tarhananın ise daha az tercih edildiğini bildirmiştir.

Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 20 tarhana örneğinin (15 yöresel, 5 ticari) besinsel lif içeriği, antioksidatif özellikleri, mineral madde kompozisyonu, kimyasal ve duyusal özellikleri Esimek (2010) tarafından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada araştırmacı, tarhana örneklerinin kimyasal bileşiminin ve fonksiyonel özelliklerinin hammadde çeşitliliğine ve orijinine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterdiği ortaya koymuştur. Özellikle, kızılçık tarhanasının yüksek antioksidan kapasitesiyle öne çıktığı, dövme içeren örneklerin daha yüksek besinsel lif içerdiğini bildirmiştir. Duyusal analizlerde ticari tarhanaların, standart üretim süreçleri ve katkı maddeleri sayesinde daha yüksek genel kabul edilebilirlik puanları aldığını tespit etmiştir. Tarhananın protein, lif ve antioksidan içeriği açısından zengin bir fonksiyonel gıda olduğunu vurgulayarak, besinsel lif ve antioksidan kapasitesini artırmak için tam tahıl unları ve yüksek antioksidan içeren sebzelerin kullanımının artırılmasını önermiştir.

Tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan çalışmada, araştırmacılar; buğday ununa pirinç kepeği ve mısır kepeği eklenmesinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, fonksiyonel ve duyusal özellikler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tarhana hamuruna farklı oranlarda pirinç kepeği ve mısır kepeği eklenerek hazırlanan tarhanalarda, pirinç kepeği ilave edilen tarhananın kül, protein, yağ, antioksidan aktivite ve fenolik bileşik içeriğinin arttığını, mısır kepeği ilavesinin ise mineral (kalsiyum, magnezyum, potasyum) içeriğini yükselttiğini bildirmişlerdir. Her iki kepeğin pH değerini düşürüp, laktik asit bakterisi (özellikle mısır kepeği ile) sayısını artırdığını, pirinç kepeğinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısını azalttığını belirlemişlerdir. Su ve yağ absorpsiyon kapasitesinin pirinç kepeği ile daha fazla arttığını, viskozitenin kepek eklenmesiyle azaldığını, duyusal değerlendirmede mısır kepeği eklenen tarhanaların (özellikle yüksek oranlarda) tat, koku ve genel kabulde kontrol örneklerine benzer veya daha yüksek puan aldığını, pirinç kepeği ise daha düşük puanlar aldığını ortaya koymuşlardır. Genel olarak,

pirinç kepeği ve mısır kepeğinin, tarhananın besinsel değerini ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiğini, özellikle mısır kepeğinin duyuşal açıdan daha tercih edilir olduğunu ifade etmişlerdir (Aktaş ve Akın, 2020).

Cetin ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, Uşak tarhanasının besinsel ve duyuşal özelliklerini geliştirmek amacıyla tavuk eti tozu kullanılarak yenilikçi bir ürün geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, farklı oranlarda tavuk eti tozu eklenerek tarhana formülasyonu zenginleştirilmiş ve kimyasal, fiziksel ve duyuşal analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, tavuk eti tozu eklenmesinin protein, yağ ve nem içeriğini artırdığını, karbonhidrat, kül ve diyet lifini azalttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, doymamış yağ asitlerinin arttığını, doymuş yağ asitlerinin ise azaldığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, antioksidan kapasitenin ve fenolik bileşiklerin depolama süresince tavuk eti tozu ilaveli tarhanada yükseldiğini ortaya koymuşlardır. Duyuşal analizde, orta düzey tavuk eti tozu içeren tarhananın yüksek beğeni aldığını, ancak yüksek oranların geleneksel aroma ve rengi olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, tavuk eti tozu ilavesinin, tarhananın besinsel değerini güçlendirdiğini, ancak mikrobiyal güvenlik için nem içeriğinin düşürülmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Göncü ve Çelik (2020) tarafından yürütülen çalışmada, glutensiz tarhana üretmek amacıyla buğday unu yerine kırmızı, yeşil ve sarı mercimek unu kullanılmıştır. Araştırmacılar, mercimek unu kullanımının protein, kül, yağ, diyet lifi, bazı mineraller, antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğini artırdığını belirlemişlerdir. Yeşil mercimek tarhanasının diyet lifi, kül ve biyoaktif bileşenler açısından en zengin olduğunu gözlemlemişlerdir. Tüm tarhanaların psödoplastik akış davranışı sergilediği, mercimek tarhanalarının daha yüksek laktik asit bakterisi ve maya-küf içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Morfolojik olarak, mercimek tarhanalarının kontrol tarhanasına benzer olduğunu, duyuşal analizde ise genel beğenide fark olmadığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, mercimek unuyla üretilen glutensiz tarhananın besinsel değerinin yüksek olduğunu ve geleneksel tarhanaya alternatif olabileceğini vurgulamışlardır.

Tarhana üretiminde buğday unu yerine çavdar, mısır ve soya unu kullanıldığı çalışmada, soya unu eklenmesinin protein ve kül içeriğini artırdığını, mısır ununun ise azalttığını belirlenmiştir. Araştırmacılar, çavdar ve soya ununun tarhana rengini koyulaştırdığını, mısır ununun ise parlaklığı artırdığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, asitlik değerlerinin un türüne bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuşlardır. Duyuşal analizlerde, düşük oranlı çavdar ve soya unu karışımlarının yüksek beğeni aldığını,

ancak mısır unu içeren tarhanaların tat, koku ve ağız hissi açısından daha az tercih edildiğini tespit etmişlerdir. Bu bulgular ışığında, buğday ununa düşük oranlı çavdar ve soya unu eklenmesinin tarhananın besinsel değerini artırarak kabul edilebilir bir alternatif sunduğunu vurgulamışlardır (Köse ve Süngü-Çağındı, 2002).

Çölyak hastaları için glutensiz tarhana geliştirmek amacıyla geleneksel buğday unu yerine teff unu, mısır unu ve patates nişastasını farklı oranlarda (%20:%40:%40, %40:%30:%30, %60:%20:%20, %80:%10:%10, %100:%0:%0) kullanarak kapsamlı bir çalışma Köten (2021) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada, teff ununun tarhananın kimyasal, fiziksel, besinsel ve duyuşal özelliklerine etkileri incelenmiştir. Araştırmacı, tarhana üretiminde sebze, yoğurt, baharat ve maya ile hazırlanan karışımın belirli bir süre fermente edilip kurutulduğunu belirtmiştir. Teff unu oranının artmasıyla tarhananın kül, protein ve yağ içeriklerinin yükseldiğini, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitenin belirgin şekilde arttığını belirlemiştir. Ancak, fitik asit içeriğinin de yükseldiğini, bunun fermentasyonla kısmen azaldığını gözlemlemiştir. Fiziksel analizlerde, teff unu eklenmesiyle viskozite ve su tutma kapasitesinin azaldığını, buna karşın yağ tutma, köpüklenme kapasitesi ve stabilitesinin arttığını ortaya koymuştur. Renk tonunun teff unuyla koyulaştığını, yüksek oranlı teff ununun tarhanayı daha koyu ve kırmızımsı yaptığını tespit etmiştir. Duyusal analizde, teff unlu tarhanaların kontrol örneğine kıyasla yakın beğeni aldığını, özellikle orta düzey teff unu içeren tarhananın tat, koku ve genel kabulde yüksek puanlar elde ettiğini vurgulamıştır. Yüksek teff unu oranlarının renk açısından olumsuz algılandığını, ancak genel beğeniyi ciddi şekilde etkilemediğini de ifade etmiştir. Çalışma sonucunda, teff ununun glutensiz yapısı ve yüksek besinsel değeriyle çölyak hastaları için ideal bir alternatif sunduğunu, tarhananın besleyici profilini zenginleştirerek sağlıklı bireyler için de cazip bir seçenek haline geldiğini göstermiştir.

Soğuksulu ve Balpetek Külcü (2023) tarafından yürütülen çalışmada, vegan tarhana çeşitliliğini artırmak amacıyla yoğurt yerine kırmızı pancar tozu eklenerek soslu ve sossuz tarhana üretilmiştir. Bu araştırmacılar, farklı oranlarda pancar tozu eklenmesinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, pancar tozu oranının artmasıyla kül, protein, diyet lifi, fenolik madde ve antioksidan kapasitenin yükseldiğini, yağ içeriğinin ise azaldığını belirlemişlerdir. Su tutma kapasitesinin arttığını, köpürme kapasitesinin ise düştüğünü gözlemlemişlerdir. Renk tonunun koyulaştığını, mikrobiyolojik açıdan tarhana standartlarına uyum sağladığını ve zararlı bakterilerin bulunmadığını ortaya koymuşlardır. Duyusal analizde, düşük oranlı pancar tozlu soslu tarhananın tat,

aroma ve genel beğenide yüksek puan aldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, kırmızı pancar tozunun vegan tarhananın besinsel değerini artırarak geleneksel tarhanaya alternatif bir ürün sunduğunu vurgulamışlardır.

Oğurlu ve Tarakçı (2023) tarafından yapılan çalışmada, tarhananın besinsel değerini artırmak amacıyla soğuk preslenmiş fındık posasının farklı oranlarda eklenerek fiziksel ve kimyasal etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, fındık posası oranının artmasıyla pH, asitlik, kırmızılık ve sarılık renk değerlerinin yükseldiğini, parlaklık değerinin ise azaldığını belirlemişlerdir. Fındık posası ilavesinin tarhananın köpürme kapasitesi ve köpük stabilitesini artırdığını, ancak viskoziteyi düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Ayrıca, protein, yağ, kül, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitenin fındık posası ile arttığını ortaya koymuşlardır. Su tutma kapasitesinin ise değişmediğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, fındık posasının tarhananın besinsel profilini güçlendirdiğini, özellikle yüksek antioksidan ve fenolik madde içeriğiyle sağlık açısından değerli bir ürün sunduğunu vurgulamışlardır. Çalışma sonucunda, fındık posasının tarhana formülasyonunda fonksiyonel bir bileşen olarak kullanım potansiyelini göstermişlerdir.

Işık ve ark. (2023) tarafından yürütülen bir çalışmada, glutensiz ve fonksiyonel tarhana üretmek amacıyla buğday unu yerine karabuğday unu, yoğurt yerine su keferi ve sebzelere ek olarak balkabağı kullanılmıştır. Bu araştırmacılar, konvansiyonel ve liyofilize kurutma yöntemlerinin mikrobiyal, kimyasal, antioksidan ve duyuşal etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, liyofilize tarhananın daha düşük su aktivitesi ve daha açık renk gösterdiğini belirlemişlerdir. Her iki yöntemde de laktik asit bakterilerinin korunduğunu, ancak liyofilize tarhanada maya sayısının azaldığını gözlemlemişlerdir. Balkabağı ve karabuğdayın antioksidan kapasiteyi artırdığını, liyofilize tarhananın ise daha yüksek fenolik madde ve DPPH aktivitesi sunduğunu ortaya koymuşlardır. Duyusal analizde, liyofilize tarhananın renk, aroma ve genel beğenide daha yüksek puan aldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, glutensiz, vegan tarhananın besinsel değerini artırarak tüketici kabulüne uygun olabileceğini vurgulamışlardır.

Çölyak hastaları için glutensiz tarhana geliştirmek amacıyla pirinç unu yerine farklı oranlarda *Lactarius deliciosus* mantar tozu eklenerek besinsel ve fonksiyonel özelliklerin araştırıldığı çalışmada, Süfer ve Bozok (2021); mantar tozu oranının artmasıyla kül, protein, yağ, mineral, fenolik madde ve antioksidan aktivitenin yükseldiğini, karbonhidrat içeriğinin ise azaldığını belirlemişlerdir. Potasyum, kalsiyum ve magnezyumun en fazla miktarda bulunan mineraller olduğunu, renk

tonunun ise koyulaştığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, su ve yağ tutma kapasitesinin arttığını, ancak viskozite ile pH değerlerinin değiştiğini ortaya koymuşlardır. Duyusal analizde, düşük oranlı mantar tozu içeren tarhananın renk, tat ve genel beğenide yüksek puan aldığını tespit etmişlerdir. Bu bulgular ışığında, mantar tozunun glutensiz tarhananın besinsel değerini artırarak sağlıklı ve lezzetli bir alternatif sunduğunu göstermişlerdir.

Tarhananın depolama sırasındaki mikrobiyolojik risklerini ve böcek oluşumunu önlemek amacıyla ışınlamanın kalite üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, Taşoğulları ve Şimşek (2020); farklı ışınlama dozlarının mikrobiyal büyümeyi baskıladığını ve en yüksek korumanın yüksek dozda sağlandığını belirlemişlerdir. Düşük ve orta dozlarda *Bacillus cereus* gelişiminin engellendiğini, tüm dozlarda böcek oluşumunun önlendiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca, ışınlama dozunun artmasıyla tarhana çorbalarının kıvam katsayısının azaldığını, ancak antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde içeriğinin korunduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, yüksek dozda ışınlanmış tarhanada oksidatif ürünlerin arttığını ortaya koymuşlardır. Işınlamanın tarhananın renginde belirgin bir değişikliğe yol açmadığını, ancak reolojik özelliklerini uygulanan doza bağlı olarak etkilediğini vurgulamışlardır. Sonuç olarak, orta doz ışınlamanın, kaliteyi büyük ölçüde koruyarak tarhananın güvenilirliğini artırdığı sonucuna varmışlardır.

Ertaş ve ark. (2009) tarafından yürütülen bir çalışmada, tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla yoğurt yerine peynir altı suyu konsantresi kullanılmıştır. Araştırmacılar, farklı oranlarda peynir altı suyu konsantresi ekleyerek tarhana formülasyonunu zenginleştirmiş ve kimyasal, besinsel, dokusal ve duyusal özelliklerini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda, peynir altı suyu konsantresi eklenmesinin kül, magnezyum, kalsiyum, fosfor, sodyum ve potasyum içeriklerini artırdığını, ancak protein ve yağ miktarını azalttığını belirlemişlerdir. Fermantasyonun fitik asit içeriğini önemli ölçüde düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Peynir altı suyu konsantresi ilaveli tarhanaların daha açık renkli ve düşük asitli olduğunu, viskozitenin ise değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Duyusal analizde, orta düzey peynir altı suyu konsantresi içeren tarhananın yüksek beğeni aldığını, ancak yüksek oranların tat üzerinde olumsuz etki yaratabileceğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, peynir altı suyu konsantresinin tarhananın mineral içeriğini ve besinsel değerini artırdığını, düşük oranlarda duyusal kabul edilebilirlik sağladığını vurgulamışlardır.

2.4. Optimizasyon

Yanıt yüzey yöntemi, süreçlerin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve optimizasyonu için faydalı olan istatistiksel ve matematiksel teknikler bütünüdür. Ayrıca, yeni ürünlerin tasarımı, geliştirilmesi ve formülasyonunda ve mevcut ürün tasarımlarının iyileştirilmesinde önemli uygulamalara sahiptir. Yanıt yüzey yöntemi en yaygın kullanımı endüstriyel alanda olup, özellikle birden fazla giriş değişkeninin ürün veya sürecin performans ölçülerini veya kalite özelliklerini potansiyel olarak etkilediği durumlarda öne çıkar. Bu performans ölçüleri veya kalite özellikleri, yanıt olarak adlandırılır ve genellikle sürekli bir ölçekte ölçülür, ancak nitelik yanıtları, sıralamalar ve duysal yanıtlar da nadir değildir. Gerçek dünya yanıt yüzey yöntemi uygulamalarının çoğu birden fazla yanıtı içerir. Giriş değişkenleri, bazen bağımsız değişkenler olarak adlandırılır ve bunlar, en azından bir test veya deney amacıyla, mühendis veya bilim insanının kontrolü altındadır (Myers ve ark., 2016).

Yanıt yüzey yöntemi, sınırlı sayıda deneyle birden fazla değişkeni ve bunların arasındaki etkileşimleri inceleyerek optimum koşulları belirlemede etkili bir tasarım yaklaşımı sunmaktadır (Yoğurtçu, 2019).

Yanıt yüzey yöntemiyle optimizasyon konusunda yapılan bazı çalışmalara; limon kabuklarından pektin ekstraksiyonunu hidroklorik asit ve yanıt yüzey metodolojisi kullanarak optimize etmek (Akachat ve ark., 2025), yüzey aktif maddeler kullanılarak kanola yağı ile E vitamini nanoemülsiyonlarının hazırlanmasını optimize etmek (Mehmood, 2015), Bacillus-fermente soya ürünü kinemadan antioksidan ekstraksiyonunu optimize etmek (Saha ve ark., 2011) örnek olarak verilebilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada, piyasadan temin edilen teff unu (Değirmencibaşı), buğday unu (Sinangil), yoğurt (Torku, tam yağlı), domates püresi, ekmekek mayası (Pakmaya), kapy biber ve kuru soğan kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Tarhana üretiminde yapılan ön deneme çalışmaları

Tarhana ön denemeleri ve sonrasındaki üretimlerde kullanılan formülasyon Çizelge 3.1’de verilmiştir. Tarhana formülasyonu Bilgiçli (2004)’ün bildirdiği tarhana formülasyonundan modifiye edilerek kullanılmıştır.

Kullanılacak maksimum teff unu miktarını belirlemek amacıyla ön denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde buğday ununa ikame olarak farklı oranlarda (%0, 20, 40, 60, 80 ve 100) teff unu kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Buğday unu ve teff unu karışımlarından tarhana örnekleri üretilmiş ve bu örnekler duyuusal analize tabi tutulmuştur. Bu analizler sonucunda kullanılabilecek maksimum teff unu miktarı %40 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Üretimde kullanılan tarhana formülasyonu

Kullanılan Malzemeler	Miktar (g)
Un (Buğday / Teff)	1000
Yoğurt	500
Domates (püre)	120
Kırmızı Biber	120
Soğan	200
Tuz	40
Maya	20

Çizelge 3.2. Ön denemelerde kullanılan buğday unu + teff unu karışım oranları

Buğday Unu (%)	Teff Unu (%)
100	0
80	20
60	40
40	60
20	80
0	100

3.2.2. Yanıt yüzey yöntemi kullanılarak tarhana optimizasyonu ve üretimi

Tarhanaların üretimi Yanıt Yüzey Yöntemine (Response Surface Methodology) göre tasarlanmıştır. Bu yöntemde ilk aşama bağımlı (tepki) değişkenler üzerine etkili olduğu düşünülen bağımsız değişkenler ve bu değişkenlerin seviyelerini belirlemektir. Bağımsız değişkenlerin oranları; buğday unu (minimum: %0 ve maksimum: %100) ve teff unu (minimum: %0 ve maksimum: %40) olarak tespit edilmiştir. Bağımsız değişkenlerin tarhana üretiminde kullanılacak oranları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Yanıt Yüzey Yöntemi ile belirlenen karışım oranları

Örnek	Buğday Unu (%)	Teff Unu (%)
1	80.0	20.0
2	70.082	29.918
3	60.0	40.0
4	60.0	40.0
5	65.041	34.959
6	100.0	0.0
7	84.878	15.122
8	94.960	5.040
9	89.918	10.082
10	80.0	20.0
11	100.0	0.0
12	100.0	0.0
13	60.0	40.0

Elde edilen 13 farklı karışım (buğday unu + teff unu) oranı ile Çizelge 3.1’de verilen formülasyona göre tarhana üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Formülasyonda yer alan kapyra biber ve soğanlar doğranarak boyutu küçültüldükten sonra, domates püresi ile karıştırılarak 5 dakika süre ile tencerede pişirilmiştir. Daha sonra bu karışım blender yardımı ile akıcı bir hale getirilmiştir. Karışım soğuduktan sonra hamur yoğurucuda un ile karıştırılıp, tarhana hamuru elde edilmiştir.

Elde edilen tarhana hamuru, kaplara konularak, 30°C’de 3 gün süre ile fermentasyona tabi tutulmuştur. Fermentasyon sonunda tarhana hamurları bezlere, ince tabaka halinde serilerek oda sıcaklığında 72 saat süre ile kurutulmuştur. Rutubet oranı %10’un altına düştükten sonra tarhana örnekleri öğütücü yardımıyla öğütülerek toz haline getirilmiştir.

Tarhana üretimleri gerçekleştirildikten sonra örneklerin mineral içerikleri belirlenmiş ve duyusal analize tabi tutularak genel beğeni puanları belirlenmiştir.

3.2.3. Hammadde ve tarhanalarda yapılan kimyasal analizler

3.2.3.1. Nem analizi

Teff unu, buğday unu ve toz tarhana örneklerinde AACC 44-19.01 nolu metoda göre etüv kullanarak 135°C sıcaklıkta yapılmıştır (AACC, 2010).

3.2.3.2. Kül analizi

Teff unu, buğday unu ve toz tarhana örneklerinde AACC 08-01.01 nolu metoda göre kül fırını kullanarak 550°C sıcaklıkta, krozelerde açık gri kül rengi görülünceye yakma işlemi yapılarak tayin edilmiştir (AACC, 2010). Sonuçlar kuru madde esasına göre % şeklinde verilmiştir.

3.2.3.3. Protein analizi

Protein tayini; teff unu, buğday unu ve toz tarhana örneklerinde AACC 46-12.01 nolu Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (AACC, 2010). Sırasıyla “yakma, destilasyon ve titrasyon” olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilen analizin prensibi, tayini yapılacak materyali sıcaklık eşliğinde derişik sülfürik asit ile tahrip etmek ve böylelikle içerdiği azotu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ şeklinde bağlamak ve devamında derişik NaOH çözeltisi ile muamele ederek oluşan NH_4OH ’den azotlu madde miktarının hesaplanmasıdır. Hesaplanan azot miktarı buğday unu için 5.70, diğer hammaddeler ve ürünler için de 6.25 protein çevrim faktörü ile çarpılarak örneklerin protein miktarları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar kuru madde esasına göre % şeklinde

verilmiştir.

3.2.3.4. Yağ analizi

Teff unu, buğday unu ve toz tarhana örneklerinde bulunan yağ oranı (%), AACC 30-25.01 yöntemine göre bazı uyarlamalar yapılarak ekstraksiyon tekniğiyle tespit edilmiştir (AACC, 2010). Cam beherlerin daraları 1 mg hassasiyetle ölçülerek içine çözücü olarak 70 ml n-hekzan eklenmiştir. Örnekten 2.5 g alınıp kartuşa yerleştirilmiş ve ekstraksiyon cihazının bölmesine konmuştur. Ardından, 130°C sıcaklıkta 3 saat süreyle ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Çözücünün çoğu, cihaz tarafından otomatik olarak yağdan ayrılmıştır. Daha sonra yağ içeren beher, 103°C'de etüve yerleştirilerek kalan çözücü buharlaştırılmış ve sabit ağırlığa ulaşılmıştır. Beher, desikatörde soğutulduktan sonra hassas terazide tartılmış ve % yağ miktarı hesaplanmıştır.

3.2.4. Hammadde ve tarhanalarda yapılan fonksiyonel analizler

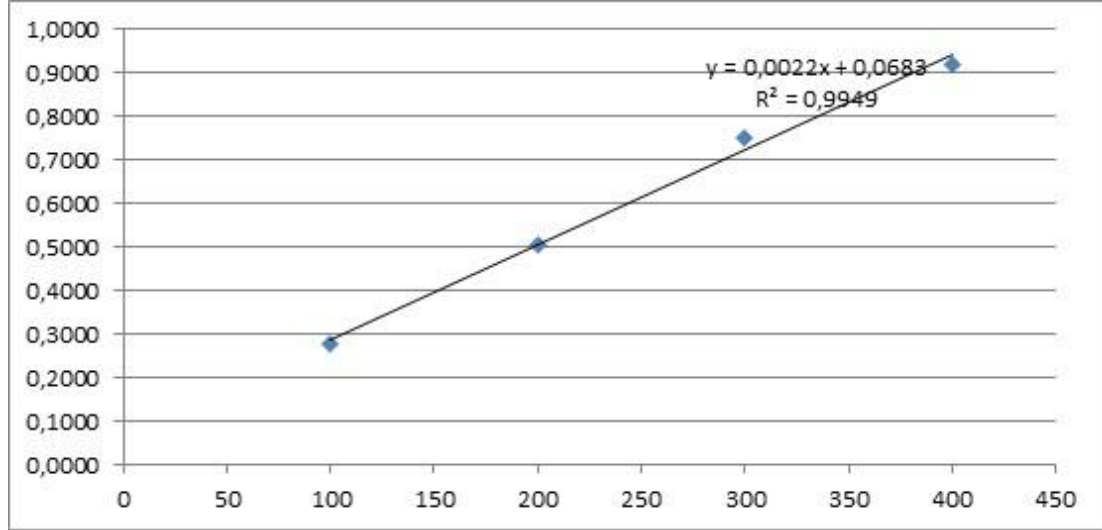
3.2.4.1. Toplam besinsel lif analizi

Teff unu, buğday unu ve toz tarhana örneklerinde, Köten (2021) tarafından belirtilen yöntemine uygun olarak analiz yapılmıştır. Bu yöntemde, toplam besinsel lif miktarını belirlemek için Megazyme International Ireland Ltd. (Bray Business Park, Bray, Co. Wicklow, İrlanda) tarafından üretilen besinsel lif test kiti kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kuru madde esasına göre % olarak ifade edilmiştir.

3.2.4.2. Toplam fenolik madde miktarı analizi

Köten (2021) tarafından önerilen yöntemine göre gerçekleştirilen analizde, teff unu, buğday unu ve toz tarhana örneklerinde toplam fenolik madde (TFM) tayini için öncelikle ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde, 1 gram örnek, 10 ml %80 metanol/su karışımında, 37°C'de, 200 rpm hızda 2 saat boyunca çalkalanmıştır. Çalkalama sonrası örnekler, 4100 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve filtre kağıdından süzülerek elde edilen süzüntü analiz için kullanılmıştır. TFM içeriğinin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu yöntemi tercih edilmiştir. 100 µL örnek üzerine 900 µL su eklenmiş, ardından 1 ml %10 seyreltilmiş Folin-Ciocalteu reaktifi (Merck, Almanya) ve 2 ml %10 sodyum karbonat (Na_2CO_3 , Merck, Almanya) çözeltisi ilave edilerek karışım homojen hale getirilmiştir. Karışım, oda sıcaklığında 1 saat inkübe edildikten sonra, 765 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Biochrom Libra S60, Birleşik Krallık) saf metanole karşı absorbans değerleri ölçülmüştür. TFM içeriği, önceden gallik asit kullanılarak oluşturulan absorbans/konsantrasyon standart

grafiğinden elde edilen denkleme, ölçülen absorbans değerleri yerleştirilerek hesaplanmıştır. Sonuçlar, 1000 gram örnek başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.1. Gallik Asit Eğrisi (mg GAE/1000g)

3.2.4.3. Antioksidan aktivite analizi

Teff unu, buğday unu ve toz tarhana örneklerinde antioksidan aktivitenin belirlenmesi için 0.1 gram örnek alınmış ve üzerine 3 ml metil alkol eklenerek 1 saat boyunca ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Ardından, tüpler 9000 rpm’de 20 dakika santrifüjlenmiş ve süpernatant kısmı ayrı bir tüpe aktararak ekstrakt stoğu elde edilmiştir. Analiz, Köten (2021) tarafından bildirilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, stabil pembe renkli bir bileşik olan DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikalinin ortadan kaldırılmasıyla renk yoğunluğunda meydana gelen azalmanın spektrofotometrik olarak ölçülmesine dayanır. 3 ml DPPH çözeltisi (0.025 g/L metanol) ile 0.1 ml ekstrakt karıştırılmış ve karışım oda sıcaklığında 120 dakika bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda, örneklerin absorbans değerleri 515 nm’de saf metanole karşı ölçülmüştür. DPPH radikalinin inhibisyon oranı, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{DPPH radikalinin inhibisyon oranı (\%)} = [(A_{\text{Kör}} - A_{\text{Örnek}}) / A_{\text{Kör}}] \times 100$$

Burada;

$A_{\text{Kör}}$ = Körün absorbansı

$A_{\text{Örnek}}$ = Örnek absorbansı

3.2.4.4. Fitik asit analizi

Örneklerdeki fitik asit miktarı, Fe^{+3} ile çözünmez demirfitat kompleksi oluşturarak çöktürülmesi ve çökelmeyen Fe^{+3} miktarının bipiridin ile oluşturduğu renkli bileşiğin spektrofotometrik olarak ölçülmesi prensibine dayanan bir yöntemle belirlenmiştir. Bu ölçümle, fitik aside bağlanarak çöken Fe^{+3} miktarı da hesaba katılarak fitik asit konsantrasyonu hesaplanmıştır. Bu analiz, bir anlamda Fe tayini olarak da değerlendirilebilir. Kalibrasyon eğrisinin ters lineer olması nedeniyle, elde edilen sonuçlar fitat miktarını temsil eder. Köten (2021) tarafından önerilen yöntem kullanılarak yapılan analiz sonuçları, mg/g cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5. Hammadde ve tarhanalarda yapılan diğer analizler

3.2.5.1. Renk analizi

Buğday unu, teff unu, toz tarhana örneklerinin renk ölçümleri, HunterLab MiniScan EZ (Reston, Virginia, ABD) cihazıyla yapılmış ve sonuçlar CIELAB sistemine göre raporlanmıştır. HunterLab skalasında, L^* değeri 0 (koyu) ile 100 (açık) arasında değişirken, $-a^*$ yeşil tonları, $+a^*$ kırmızı tonları, $-b^*$ mavi tonları ve $+b^*$ sarı tonları ifade eder. Ölçümler, gün ışığı ($D65/10^\circ$) aydınlatma koşulunda gerçekleştirilmiş ve her örnek için üç tekrar ölçüm alınarak ortalamaları sunulmuştur. Örnekler, siyah bir zemin üzerine yerleştirildikten sonra karanlık bir ortam sağlanarak ölçümler yapılmıştır.

3.2.5.2. Su absorpsiyonu kapasitesi tayini

Su absorpsiyonu kapasitesi, AACC 56-10.02 yöntemine uygun olarak belirlenmiştir (AACC, 2010). 5 gram tarhana örneği, 25 ml saf su ile birlikte darası alınmış 50 ml'lik falcone tüpüne eklenmiş ve homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırılmıştır. Karışım, 15 dakikada bir karıştırılarak toplam 60 dakika boyunca elle çalkalanmıştır. Daha sonra, karışım 4000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrası tüpteki sıvı faz, tüp 45° eğik tutularak 5 dakika boyunca dikkatlice ayrılmıştır. Tüpün ağız kısmı temizlendikten sonra, tüp 90° açıyla ipek kâğıt üzerine ters çevrilmiş ve 5 dakika bu şekilde bekletilmiştir. İçeriğiyle birlikte tüp tartılmış ve elde edilen ağırlık değerleri kullanılarak su tutma kapasitesi değeri, gram tarhana başına emilen su cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5.3. Yağ absorpsiyonu kapasitesi tayini

AACC 56-10.02 yönteminde bazı uyarlamalar yapılarak analiz gerçekleştirilmiştir (AACC, 2010). 5 gram tarhana örneği ile 25 ml ayçiçek yağı, darası alınmış 50 ml'lik falcone tüpüne eklenmiş ve homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Karışım, 15 dakikada bir karıştırılarak toplam 60 dakika boyunca elle çalkalanmıştır. Ardından, karışım 4000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında tüpteki sıvı faz, tüp 45° eğik tutularak 1 dakika içinde dikkatlice ayrılmıştır. Tüp, içeriğiyle birlikte tartılmış ve ölçülen ağırlık değerleri kullanılarak yağ tutma kapasitesi değeri, gram tarhana başına emilen yağ cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5.4. Viskozite analizi

Viskozite analizinde, Tarakci ve ark. (2013) tarafından önerilen yöntem bazı değişikliklerle uygulanmıştır. 10 gram tarhana, 100 ml damıtılmış su ile 10 dakika boyunca karıştırılmış ve ardından nişasta jelatinleşmesini tamamlamak için kaynamaya başladıktan sonra 5 dakika daha pişirilmiştir. Viskozite ölçümü, Brookfield DV-II+ viskozimetre cihazıyla, 100 RPM hızda ve 5 numaralı iğne kullanılarak 60°C'de gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sırasında sıcaklık, termostatik bir su banyosu ile hassas bir şekilde kontrol edilmiştir. Her örnek için 30 saniye aralıklarla toplam 5 ölçüm alınmış ve sonuçlar bu okumalara göre raporlanmıştır.

3.2.5.5. pH analizi

Tarhana örneklerinin pH değerleri, Milwaukee Mi 150 model pH metre kullanılarak ölçülmüştür. 5 gram örnek, 50 ml distile suda çözündürülmüş ve ardından pH değeri cihazdan doğrudan okunmuştur.

3.2.6. Tekstürel analizler

Tarhana çorbalarının dokusal (tekstürel) özellikleri, Cankurtaran Kömürcü ve Bilgiçli (2022) tarafından önerilen yöntem uygun olarak, TA.XTPlus tekstür analiz cihazı (İngiltere) ile tespit edilmiştir. Geri ekstrüzyon tekniği kullanılarak yapılan ölçümlerde, 35 mm'lik disk probu ile sertlik (g), kıvam (g.sn), yapışkanlık (g) ve viskozite indeksi (g.sn) parametreleri değerlendirilmiştir. Ölçümler sırasında ön test, test ve son test hızları sırasıyla 1.0 mm/sn, 1.0 mm/sn ve 10.0 mm/sn olarak belirlenmiş; yük hücresi kapasitesi ise 5 kg olarak ayarlanmıştır.

3.2.7. Duyusal analizler

Duyusal analiz, Işık (2013) ve Yükselci-Kilci (2012) tarafından önerilen yöntemler modifiye edilerek uygulanmıştır. Tarhana örneği duyusal analiz için hazırlanırken, 55 gram örnek 1000 ml suda kaynamaya başladıktan sonra 12 dakika boyunca karıştırılarak pişirilmiştir. Analiz, 20-55 yaş aralığında bulunan 10 yarı eğitilmiş panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistlerden, örneklerin görünüş, tekstür, tat ve aroma özellikleri ile genel kabul edilebilirlik açısından 1-9 skalasında (1: Çok kötü, 5: Orta, 9: Çok iyi) değerlendirme yapmaları talep edilmiştir.

3.2.8. İstatistiksel analizler

Bağımlı değişkenler üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisinin belirlenmesi amacıyla varyans analizi için yanıt yüzey yöntemi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkinin regresyon denklemi tespit edilmiştir. Deneysel tasarımın kurulması ve değerlendirilmesi için Design Expert 7.01 paket programı kullanılmıştır (Çoban, 2022).

İstatistik analizler "Tesadüf Parselleri Faktöriyel Deneme Planı"na göre yapılmıştır. Deneme deseni 3x2x3 (rakamlar sırasıyla (Un Çeşidi x depolama süresi x Tekerrürü) ifade edilmiştir. İncelenen özellikler açısından örnekler arasında farklılık olup olmadığını saptamak için ve SPSS 23 paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonucundaki önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir (Bek ve Efe, 1995).

4. BULGULAR

4.1. Optimizasyon

Elde edilen duyusal analiz puanları ve mineral madde (Ca, K, Mg, Fe, Zn ve Cu) içerik değerleri Design Expert programında kullanılarak, ideal karışım oranı belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Yanıt yüzey yönteminde kullanılan, duyusal analiz ve element içerik değerleri

Örnek No	Genel Beğeni	Ca	K	Mg	Fe	Zn	Cu
		(mg.kg ⁻¹)					
1	8.80	311.846	4623.597	856.764	28.278	19.076	3.416
2	8.10	271.842	4380.932	647.387	20.003	15.895	2.826
3	9.00	357.663	4855.491	1064.165	36.327	22.445	3.996
4	7.95	390.809	5020.875	1216.726	41.870	24.745	4.392
5	8.25	264.517	4368.591	641.808	20.041	15.625	2.820
6	8.00	385.069	5035.169	1199.969	41.846	24.800	4.379
7	8.50	297.538	4536.610	785.938	25.513	17.921	3.219
8	8.70	374.047	4947.077	1139.591	39.076	23.595	4.190
9	8.10	268.948	4372.151	642.993	20.024	15.083	2.799
10	9.00	330.171	4706.456	923.905	30.900	20.172	3.612
11	8.00	387.523	5026.429	1210.830	41.800	24.760	4.402
12	9.00	328.582	4695.520	925.954	30.941	20.201	3.599
13	8.300	283.946	4455.296	716.609	22.761	16.775	3.018

Çizelge 4.2. Un tarhanası için ideal karışım oranı (Buğday unu + Teff unu)

Un Çeşidi	Oran (%)
Buğday Unu	63.270
Teff Unu	36.730

Elde edilen veriler sonucunda tarhana formülasyonuna girecek olan un karışımında kullanılacak optimizasyon değeri buğday unu ve teff unu için sırasıyla; %63.27 ve %36.73 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.). Yanıt Yüzey Yöntemi ile belirlenen karışım oranı kullanılarak, Çizelge 3.1'deki formülasyona göre tarhana üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu tarhananın yanında, kontrol amaçlı %100 buğday unu ve %100 teff unu içeren tarhanalar da üretilmiştir.

Çizelge 4.1'e göre tarhana örneklerinin genel beğeni puanları 7.95-9.00 aralığında tespit edilmiştir. Genel beğeni puanı en yüksek (9.00) tarhana örnekleri 3, 10 ve 12 numaralı örnekler, en düşük puanlı (7.95) örnek ise 4 numaralı örnek olmuştur. Bağımsız değişkenlerin (buğday unu ve teff unu) tarhana örneklerinin genel beğeni puanı üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları ve genel beğeni puanı üzerine bağımsız değişkenler (buğday unu ve teff unu) arasındaki pozitif lineer ilişkiyi açıklayan kodlanmış faktörler ve gerçek faktörlerle gösterimi Çizelge 4.3'de verilmiştir. Tarhanaların genel beğeni puanı üzerine, tarhana formülasyonuna belli oranda teff unu karışımının pozitif yönde etkisi önemlidir. Bağımsız değişkenlerin genel beğeni puanı üzerine 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.1'de verilmiştir. %36.73 teff unu ilavesinin tarhanaların genel beğeni puanını artırdığı, şekilde de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin genel beğeni puanı üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F Değeri	P Değeri
Model	2.04	3	0.68	326.77	<0.0001
Lineer Karışım	2.197E-004	1	2.197E-004	0.11	0.7525
AB	1.90	1	1.90	916.24	<0.0001
AB(A-B)	0.26	1	0.26	125.82	<0.0001
Residual	0.019	9	2.078E-003		
Uyum Eksikliği	2.035E-003	4	5.088E-004	0.15	0.9537
Saf Hata	0.017	5	3.333E-003		
Genel	2.06	12			
R ² =0.9909					

Aytunç ve Özsisli (2020), buğday dövmesine ikame olarak farklı oranlarda (%10, 20, 30, 40 ve 50) tavlanmış mısır kullanarak ürettikleri tarhanalarda, genel beğeni puanının %10 ve %20 oranında tavlanmış mısır içeren örneklerde, kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Salma ve ark. (2019) yulaf ve arpa unu ilaveli tarhana çalışmalarında, yulaf unu ilavesi ile üretilen tarhananın en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı aldığını bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, buğday unu, yer elması ve gölevez unu ile belli

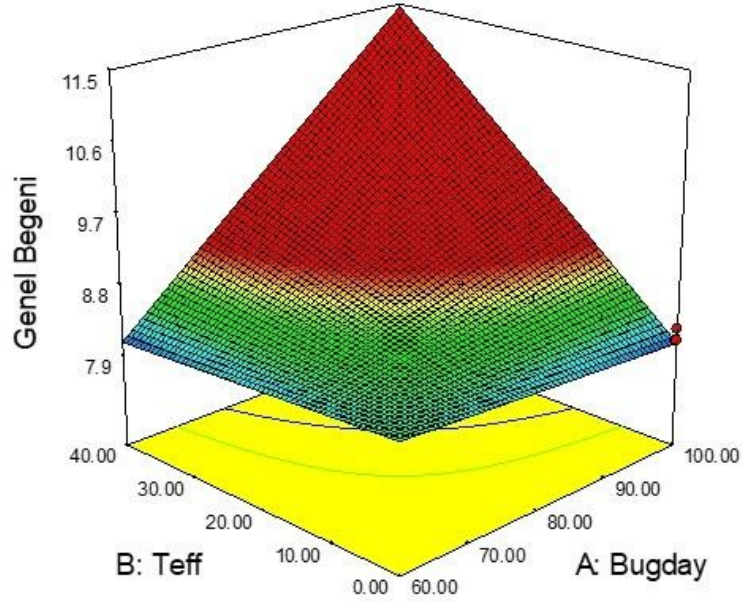
oranlarda yer değiştirilerek tarhana üretilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda tüm örnekler arasında en yüksek genel beğeni puanı %5-10 yer elması unu ilavesi ile elde edilmiştir (Cankurtaran ve ark., 2020).

Design-Expert® Softw are

Genel Beğeni



X1 = A: Bugday
X2 = B: Teff



Şekil 4.1. Tarhanalarda “genel beğeni” değeri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik

İnsan diyeti, sağlığı korumada ve hastalıkları önlemede önemli roller oynayan temel elementlerin karmaşık bir etkileşimi ile karakterize edilir. Bu besinler arasında mineraller temel olarak kabul edilmektedir. Çünkü nispeten küçük miktarlarda gerekli olmalarına rağmen, birden fazla biyolojik işlev için gereklidirler. Kalsiyum, magnezyum, potasyum gibi mineraller kemik ve kardiyovasküler sağlık için hayati öneme sahiptir. Aynı zamanda demir, çinko ve bakır, bağışıklık fonksiyonu ve etkili oksijen taşınması için çok önemlidir. Ancak, bu minerallerin yetersiz veya dengesiz alımı dünya genelinde, özellikle tahıl bazlı temel gıdaların ana besin grubu olduğu düşük ve orta gelirli ülkelerde yaygın olmak üzere ciddi sağlık problemlerine yol açmaktadır (Dhanyalakshmi ve ark., 2024; Gonzalez ve ark., 2025).

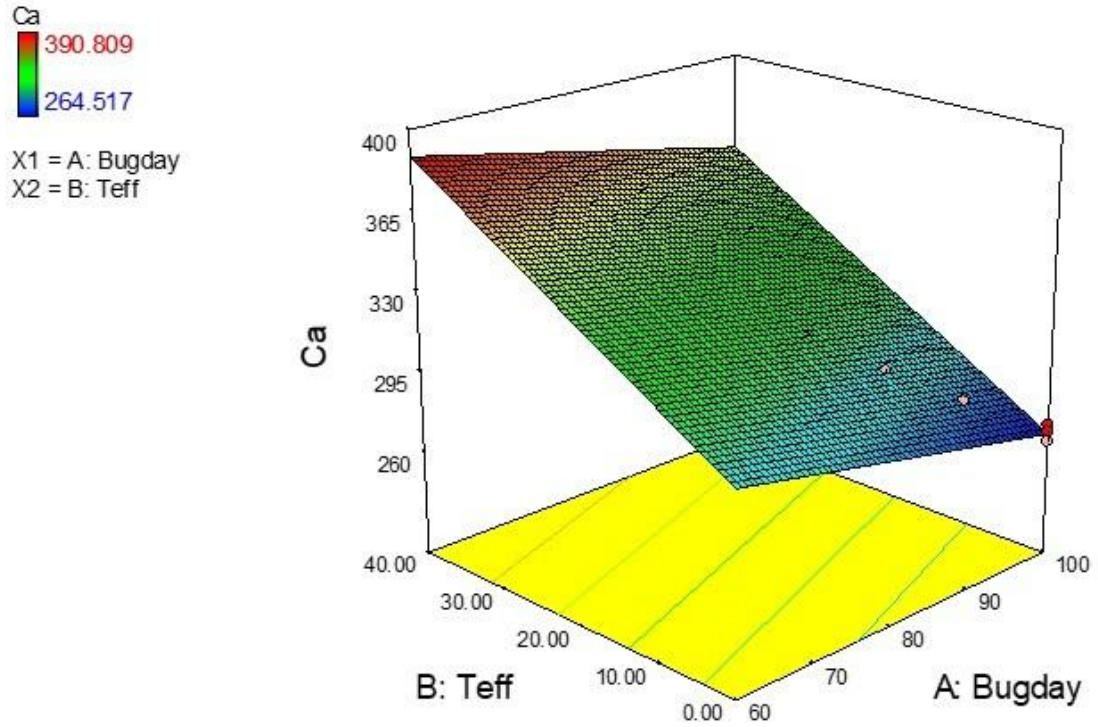
Örneklerin Ca içeriği değerlerinin 264.517-390.809 mg.kg⁻¹ arasında değiştiği bulunmuştur. En yüksek Ca içeriği değeri 4 numaralı örnekte, en düşük değer ise 5 numaralı örnekte tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Buğday unu ve teff unu (bağımsız değişkenler)’nin tarhana örneklerinin Ca içeriği üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları ve Ca içeriği üzerine bağımsız değişkenler (buğday unu ve teff unu)

arasındaki pozitif lineer ilişkiyi açıklayan kodlanmış faktörler ve gerçek faktörlerle gösterimi Çizelge 4.4’de verilmiştir. Tarhana örneklerinin Ca içeriği üzerine, tarhana formülasyonuna teff unu ilavesinin pozitif yönde etkisi önemlidir. Bağımsız değişkenlerin Ca içeriği üzerine 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.2’de verilmiştir. Teff unu ilavesinin tarhanaların Ca içeriğini artırdığı, şekilde görülmektedir.

Çizelge 4.4. Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Ca içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F Değeri	P Değeri
Model	27486.96	1	27486.96	5645.58	<0.0001
Lineer Karışım	27486.96	1	27486.96	5645.58	<0.0001
Residual	53.56	11	4.87		
Uyum Eksikliği	8.48	6	1.41	0.16	0.9784
Saf Hata	45.07	5	9.01		
Genel	27540.52	12			
$R^2=0.9981$					

Design-Expert® Software



Şekil 4.2. Tarhanalarda “Ca içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik

Tarhana örneklerinin K içeriği 4368.59-5035.15 mg.kg⁻¹ aralığında belirlendiği Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. K içeriği değeri, en yüksek 6 numaralı örnekte, en düşük ise 5 numaralı örnekte bulunmuştur. Bağımsız değişkenlerin (buğday unu ve teff unu) tarhana örneklerinin K içeriği üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları ve K içeriği üzerine bağımsız değişkenler (buğday unu ve teff unu) arasındaki pozitif lineer ilişkiyi açıklayan kodlanmış faktörler ve gerçek faktörlerle gösterimi Çizelge 4.5’de verilmiştir. Tarhanaların K içeriği üzerine, teff unu ilavesinin pozitif yönde etkisi önemlidir. Bağımsız değişkenlerin K içeriği üzerine 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.3’de verilmiştir. %36.73 teff unu ilavesinin tarhanaların K içeriğini artırdığı, şekilde görülmektedir.

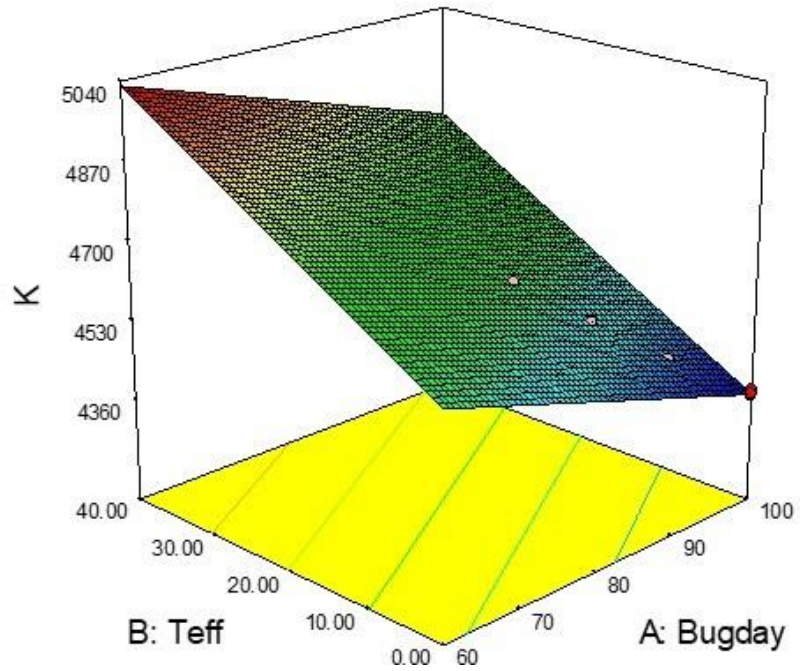
Çizelge 4.5. Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin K içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F Değeri	P Değeri
Model	8.179E+005	1	8.179E+005	28951.51	<0.0001
Lineer Karışım	8.179E+005	1	8.179E+005	28951.51	<0.0001
Residual	310.77	11	28.25		
Uyum Eksikliği	66.42	6	11.07	0.23	0.9506
Saf Hata	244.34	5	48.87		
Genel	8.182E+005	12			
R ² =0.9996					

Design-Expert® Softw are

K


X1 = A: Bugday
 X2 = B: Teff



Şekil 4.3. Tarhanalarda “K içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik

Tarhana örneklerinin Mg içeriğine bakıldığında, 641.8-1216.7 mg.kg⁻¹ aralığında bulunmuştur. En yüksek Mg içeriği 4 numaralı örnekte, en düşük içerik ise 5 numaralı örnekte gözlenmiştir. Bağımsız değişkenlerin (buğday unu ve teff unu) tarhana örneklerinin Mg içeriği üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları ve Mg içeriği üzerine bağımsız değişkenler (buğday unu ve teff unu) arasındaki pozitif lineer ilişkiyi açıklayan kodlanmış faktörler ve gerçek faktörlerle gösterimi Çizelge 4.6’de verilmiştir. Tarhanaların genel beğeni puanı üzerine, tarhana formülasyonuna teff unu ilavesinin pozitif yönde etkisi önemlidir. Bağımsız değişkenlerin Mg içeriği üzerine 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.4’de verilmiştir. Teff unu ilavesinin tarhanaların Mg içeriğini artırdığı, şekilde gösterilmiştir.

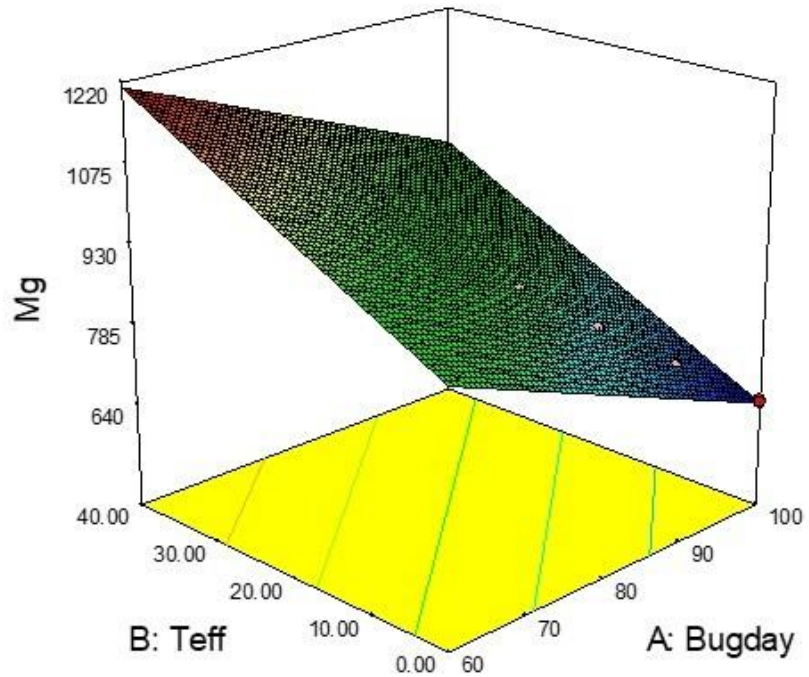
Çizelge 4.6. Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Mg içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F Değeri	P Değeri
Model	6.117E+005	1	6.117E+005	37312.18	<0.0001
Lineer Karışım	6.117E+005	1	6.117E+005	37312.18	<0.0001
Residual	180.32	11	16.39		
Uyum Eksikliği	16.44	6	2.74	0.084	0.9955
Saf Hata	163.89	5	32.78		
Genel	6.118E+005	12			
R ² =0.9997					

Design-Expert® Software

Mg
1216.73
641.808

X1 = A: Bugday
X2 = B: Teff



Şekil 4.4. Tarhanalarda “Mg içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik

Örneklerin Fe içeriği 20.003-41.870 mg.kg⁻¹ aralığında bulunmuştur. Fe içeriği bakımından en zengin tarhana örneği 4 numaralı örnek olurken, en düşük içeriğe sahip örnek ise 2 numaralı örnek olmuştur. Bağımsız değişkenlerin (buğday unu ve teff unu) tarhana örneklerinin Fe içeriği üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları ve Fe içeriği üzerine bağımsız değişkenler (buğday unu ve teff unu) arasındaki pozitif lineer ilişkiyi açıklayan kodlanmış faktörler ve gerçek faktörlerle gösterimi Çizelge 4.7’de

verilmiştir. Tarhanaların Fe içeriği üzerine, teff unu ilavesinin pozitif yönde etkisi önemlidir. Bağımsız değişkenlerin Fe içeriği üzerine 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.5’de verilmiştir. Teff unu ilavesinin tarhanaların Fe içeriğini artırdığı, şekilde görülmektedir.

Demir eksikliği, gelişmekte olan ülkelerde nüfusun yaklaşık %50 ve gelişmiş ülkelerde de nüfusun %10’luk kısmında anemiye neden olmaktadır. Çocuklar, ergen kadınlar ve doğurganlık çağındaki kadınlarda demir eksikliği anemisinin görülme olasılığı daha yüksektir. Gelişmiş ülkelerde, son yıllarda gıdaların demirle zenginleştirilmesi, demir eksikliği anemisinin yaygınlığını önemli ölçüde azalmasını sağlamıştır (Denic ve Agarwal, 2007).

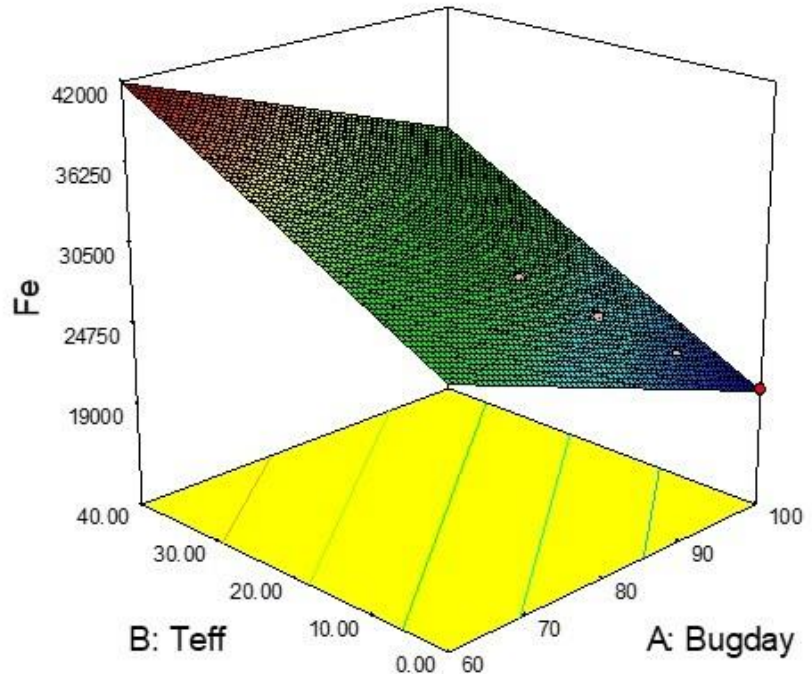
Çizelge 4.7. Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Fe içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F Değeri	P Değeri
Model	9.119E+008	1	9.119E+008	2.196E+006	<0.0001
Lineer Karışım	9.119E+008	1	9.119E+008	2.196E+006	<0.0001
Residual	4567.89	11	415.26		
Uyum Eksikliği	528.81	6	88.14	0.11	0.9911
Saf Hata	4039.08	5	807.82		
Genel	9.119E+008	12			
R ² =1.0000					

Design-Expert® Software

Fe
41870
20003.9

X1 = A: Bugday
X2 = B: Teff



Şekil 4.5. Tarhanalarda “Fe içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik

Tarhanalarda Zn içeriğinin ise 15.083-24.800 mg.kg⁻¹ aralığında olduğu ortaya konulmuştur. En yüksek Zn içeriği 24.800 mg.kg⁻¹ ile 6 numaralı örnekte, en düşük içerik ise 15.083 mg.kg⁻¹ ile 9 numaralı örnekte tespit edilmiştir. Bağımsız değişkenlerin (buğday unu ve teff unu) tarhana örneklerinin Zn içeriği üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları ve Zn içeriği üzerine bağımsız değişkenler (buğday unu ve teff unu) arasındaki pozitif lineer ilişkiyi açıklayan kodlanmış faktörler ve gerçek faktörlerle gösterimi Çizelge 4.8’de verilmiştir. Tarhanaların Zn içeriği üzerine, teff unu ilavesinin pozitif yönde etkisi önemlidir. Bağımsız değişkenlerin Zn içeriği üzerine 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.6’da verilmiştir. Teff unu ilavesinin tarhanaların Zn içeriğini artırdığı şekilde görülmektedir.

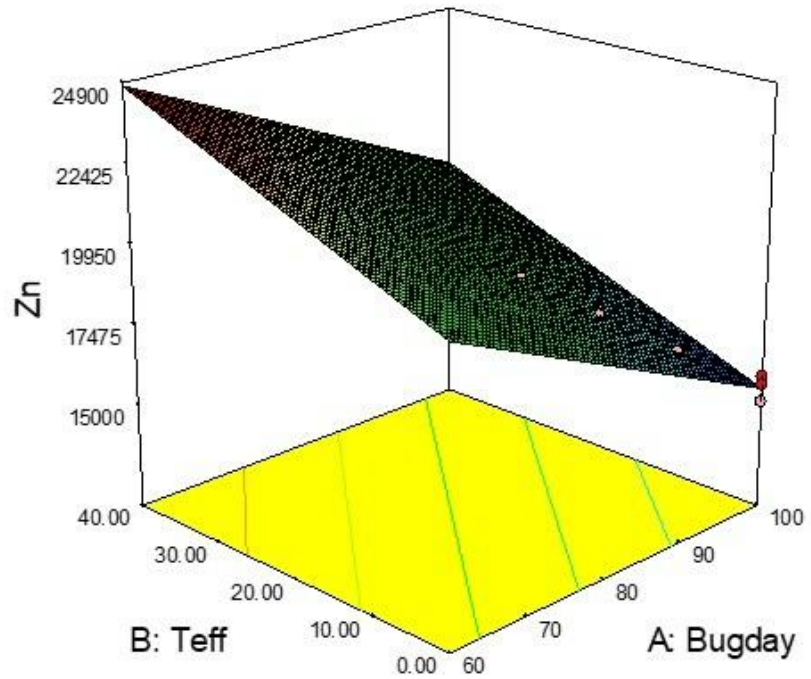
Çizelge 4.8. Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Zn içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F Değeri	P Değeri
Model	1.625E+008	1	1.625E+008	5072.32	<0.0001
Lineer Karışım	1.625E+008	1	1.625E+008	5072.32	<0.0001
Residual	3.524E+005	11	32035.62		
Uyum Eksikliği	8408.95	6	1401.49	0.020	0.9999
Saf Hata	3.440E+005	5	68796.56		
Genel	1.628E+008	12			
R ² =0.9978					

Design-Expert® Software

Zn
24800.8
15083.7

X1 = A: Bugday
X2 = B: Teff



Şekil 4.6. Tarhanalarda “Zn içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik

Tarhana örneklerinin Cu içeriğine bakıldığında, 2.799-4.402 mg.kg⁻¹ aralığında değerler belirlenmiştir. Cu içeriği en yüksek örneğin 11 numaralı örnek, en düşük olan örneğin ise 9 numaralı örnek olduğu görülmüştür. Bağımsız değişkenlerin (buğday unu ve teff unu) tarhana örneklerinin Cu içeriği üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları ve Cu içeriği üzerine bağımsız değişkenler (buğday unu ve teff unu) arasındaki pozitif lineer ilişkiyi açıklayan kodlanmış faktörler ve gerçek faktörlerle

gösterimi Çizelge 4.9’da verilmiştir. Tarhanaların Cu içeriği üzerine, teff unu ilavesinin pozitif yönde etkisi önemlidir. Bağımsız değişkenlerin Cu içeriği üzerine 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.7’de verilmiştir. Teff unu ilavesinin tarhanaların Cu içeriğini artırdığı, şekilde görülmektedir.

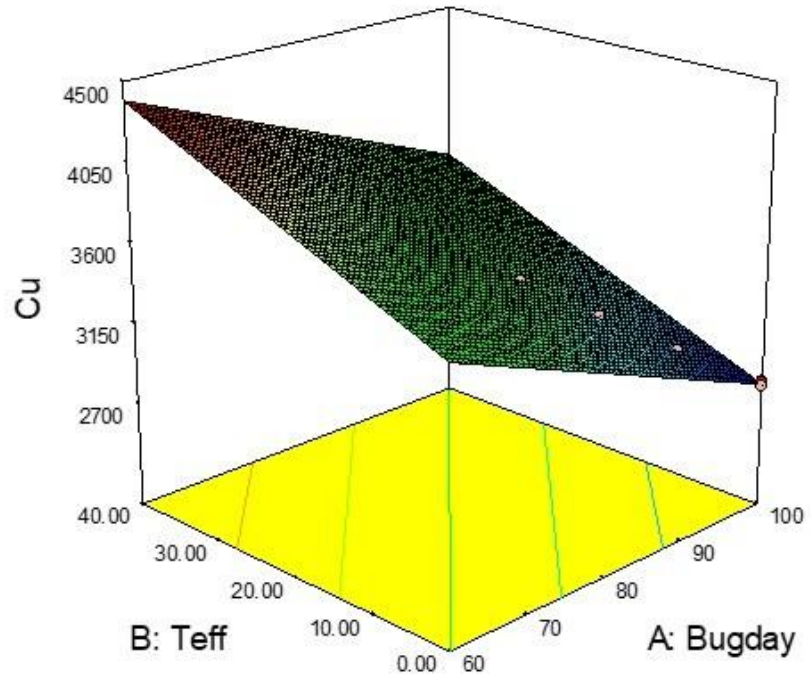
Çizelge 4.9. Tarhana örnekleri üzerine bağımsız değişkenlerin Cu içeriği üzerine etkilerinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F Değeri	P Değeri
Model	4.746E+006	1	4.746E+006	62141.27	<0.0001
Lineer Karışım	4.746E+006	1	4.746E+006	62141.27	<0.0001
Residual	840.18	11	76.38		
Uyum Eksikliği	78.76	6	13.13	0.086	0.9952
Saf Hata	761.42	5	152.28		
Genel	4.747E+006	12			
$R^2=0.9998$					

Design-Expert® Software

Cu
4402.73
2799.38

X1 = A: Bugday
X2 = B: Teff



Şekil 4.7. Tarhanalarda “Cu içeriği” üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren 3 boyutlu grafik

Bilgiçli (2009), karabuğday ilavesinin tarhananın fonksiyonel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, karabuğday ilavesi ile birlikte tarhanaların mineral (K, Mg, Fe, Zn) içeriğinin de arttığını tespit etmiştir.

Bilgiçli ve ark., (2006b), buğday ruşeymi ve kepeği ilavesi ile birlikte tarhana örneklerinin içerdiği Ca, Cu, Fe, K, Mg, Zn minerallerinin miktarlarında artış olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kilci ve Gocmen (2014), tarhananın formülasyona buğday ikamesi olarak farklı oranlarda yulaf unu ilave ettiklerinde tarhanaların mineral içeriğinin (Fe, Cu, Zn, K, Mg, Ca) yulaf unu ilavesi ile birlikte arttığını belirlemişlerdir.

Kılıç Keskin ve ark. (2022), glutensiz tarhana üretmek için formülasyona dahil ettikleri farklı oranlarda baklagil (nohut, mercimek, fasulye ve acı bakla) unlarının, tarhanaların mineral (Ca, Fe, K, Zn) içeriğinde, kontrol örneğine göre artış sağladıklarını ortaya koymuşlardır.

Cetin ve ark. (2024), Uşak tarhanasında farklı oranlarda (%20, 25, 30, 35) kurutulmuş tavuk eti tozu kullanmış ve bunun sonucunda örneklerin Mg ve Zn içeriğinin arttığını saptamışlardır.

4.2. Tarhana formülasyonunda kullanılan unların bileşimleri

Tarhana üretiminde kullanılan buğday unu ve teff ununun kimyasal, fonksiyonel ve renk özelliklerine ilişkin değerler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, tarhana üretiminde kullanılan buğday ununda nem miktarının %9.20, kuru maddedeki kül miktarının %0.67 ve protein miktarının %12.62 olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine uygun olduğu görülmüştür (Anonim, 2013).

Tarhana üretiminde kullanılan teff ununun protein değeri hariç tüm kimyasal ve fonksiyonel özellik değerlerinin buğday unundan yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Teff ununun nem miktarının %13.00, kül miktarının %2.64 ve protein miktarının %12.27 olduğu çizelgede görülmektedir. Bu sonuçların literatürde bildirilen sonuçlarla paralellik gösterdiği söylenebilir (Bultosa, 2016; Gebremarian ve ark., 2012).

Çizelge 4.10. Tarhana üretiminde kullanılan unların özellikleri

Özellikler	Buğday Unu	Teff Unu
Nem (%) [*]	9.20±0.15	13.00±0,09
Kül (%) [*]	0.67±0.02	2.64±0.04
Protein (%) [*]	12.62±0.08	12.27±0.04
Yağ (%) [*]	1.16±0,01	3.27±0.04
Toplam besinsel lif [*]	2.18±0.04	21.98±0,06
Antioksidan aktivite (%) [*]	48.93±0.54	66.96±0.91
Toplam fenolik madde (mg GAE/kg) [*]	171.49±22.48	174.87±13.30
Fitik asit (mg/g) [*]	3.04±0.03	5.79±0.04
L [*]	93.72±0.22	68.12±0.26
a [*]	-0,70±0.04	4.72±0.08
b [*]	10.56±0.25	13.81±0.10

^{*}Kuru madde esasına göre hesaplanmıştır.

Teff ununun toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit miktarlarının sırasıyla 174.87 mg GAE/kg, %66.96, 5.79 mg/g olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar Forsido ve ark. (2013) ve Gebremariam ve ark. (2012) tarafından bildirilen sonuçlarla uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 4.10'da teff ununun, buğday unundan daha düşük L^{*} ve daha yüksek a^{*} ve b^{*} renk değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Teffin tam tane şeklinde öğütülmesi renginin daha koyu olmasına neden olmuştur. Kılınççeker ve Karahan (2019) yapmış oldukları bir çalışmada teff ununda L^{*} değerini 53.62, a^{*} değerini 5.69, b^{*} değerini ise 11.13 olarak tespit etmişlerdir.

Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde tarhananın standart bir üretimi olmadığı tespit edilmiştir. Tarhananın özellikleri, kullanılan bileşenlere ve bunların miktarlarına bağlı olarak değişmektedir. Tarhana standardı (TS 2282)'na göre tarhananın en çok %10 nem, kuru maddede en az %12 protein ve en çok %10 tuz içermesi, asitlik derecesinin de 10-35 arasında değişebileceği bildirilmiştir. Tarhananın mikrobiyolojik özelliklerine göre spesifik bir standart bulunmamaktadır. Fermentasyon sonunda pH'nın düşmesi ve son üründe nemin düşük olması nedeniyle tarhana bozulmaya neden olan ve patojen mikroorganizmalar için elverişsiz bir ortam haline gelmektedir (Şimşek ve ark., 2017).

4.3. Tarhanaların Kimyasal Özellikleri

Çalışma kapsamında üretilen ve 90 gün depolanan tarhana örneklerinin bazı kimyasal özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi örneklerin 1. gündeki nem değerleri %6.97-8.21 aralığında değişmiştir. En küçük nem değeri TUT örneğinde tespit edilirken, en yüksek nem değeri ise BUT örneğinde tespit edilmiştir. Tarhanaların nem içeriklerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). TS 2282 Tarhana Standardında, tarhananın maksimum nem içeriğinin %10 olması gerektiği bildirilmiştir (TSE, 2004). Tarhana örneklerinde belirlenen nem içerikleri TS 2282 Standardına uygunluk göstermiştir. Cankurtaran-Kömürcü ve Bilgiçli (2022), farklı antik tahılları kullanarak ürettikleri tarhanalarda nem içeriğinin %6.76-8.29 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, Aytunç ve Özsisli (2020) buğday dövmesi yerine tavlanmış mısır kullanarak ürettikleri tarhanaların nem içeriğinin %8.06-8.90 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Sarı (2022), Maraş tarhanalarının nem içeriğinin 6.24-9.13 aralığında olduğunu ortaya koymuştur. Bahsedilen bütün bu çalışmalarda bildirilen nem değerleri, çalışmamızdaki tarhana örneklerinin nem içerikleriyle uyumluluk göstermektedir.

Örneklerin 90. gün nem değerleri ise %7.92-9.34 arasında değişmiştir. Nem içeriği, en düşük OUT örneğinde, en yüksek BUT örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresi tarhanaların nem içeriklerini önemli düzeyde etkilemiştir ($p\leq 0.05$). Depolama sonunda örneklerin nem içerikleri artmıştır. Nem içeriğindeki bu artışa rağmen TS 2282 Tarhana Standardında belirtilen üst sınır olan %10’u geçmediği görülmüştür. Akan ve Özdestan Ocak (2019), depolamanın başlangıcında %3.50-4.10 aralığında nem değerlerine sahip olan tarhanaların, depolamanın 6. ayında %7.00-9.10 aralığına yükseldiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.11. Tarhana örneklerinin kimyasal bileşimi^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	Nem	Kül	Protein	Yağ
BUT	1. Gün	8.21±0.45 ^{a1}	1.47±0.01 ^{a2}	12.40±0.05 ^{a1}	2.63±0.04 ^{a2}
	90. Gün	9.34±0.03 ^{a2}	1.32±0.01 ^{a1}	11.21±0.06 ^{a2}	2.53±0.00 ^{a1}
OUT	1. Gün	7.01±0.05 ^{a1}	2.11±0.02 ^{b2}	12.35±0.04 ^{a1}	3.50±0.00 ^{b2}
	90. Gün	7.92±0.06 ^{a2}	1.99±0.04 ^{b1}	11.44±0.04 ^{a2}	3.42±0.00 ^{b2}
TUT	1. Gün	6.97±0.05 ^{a1}	3.16±0.02 ^{c2}	12.29±0.02 ^{a1}	5.12±0.07 ^{c1}
	90. Gün	8.78±0.03 ^{a2}	3.03±0.02 ^{c1}	11.28±0.06 ^{a2}	5.00±0.02 ^{c1}

*Kuru madde esasına göre hesaplanmıştır.

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre, farklı rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (p≤0.05).

Örneklerin 1. gündeki kül değerlerinin %1.47-3.16 aralığında olduğu belirlenmiştir. TUT örneğinin kül içeriği bakımından en yüksek içeriğe sahip olduğu, en düşük içeriğe sahip örneğin BUT örneği olduğu görülmüştür. Un çeşidinin, tarhanaların kül içeriğine etkisinin istatistiksel olarak önemli (p≤0.05) olduğu saptanmıştır. Teff unun kül içeriğinin (%2.64), buğday ununa kıyasla oldukça yüksek bir değerde olması nedeniyle, tarhana formülasyonuna giren teff unu miktarı arttıkça, tarhanaların kül içeriğinin arttığı düşünülmektedir. Güler (1993), Çukurova bölgesinin farklı yerlerinde topladığı yöresel tarhanaların kül içeriğinin %2.0-8.0 arasında değiştiğini bildirmiştir. Bilgiçli (2009), %1.95 kül içeriğine sahip karabuğday ununu ilave ederek ürettiği tarhana örneklerinde, ilave edilen karabuğday unu oranı arttıkça, örneklerin kül içeriğinin arttığını tespit etmiştir. Aktaş ve Akın (2020), pirinç kepeği ve mısır kepeği ilavesiyle ürettikleri tarhanalarda kül içeriğini, pirinç kepeği ilaveli tarhanalarda %2.91-3.64 arasında, mısır kepeği ilavesiyle üretilen tarhanalarda ise %2.16-2.70 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlarla, kepek ilavesinin kül artışına neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Akan ve Özdekan Ocak (2019), farklı oranlarda üzüm çekirdeği ilave ettikleri tarhanalarda kül miktarlarının %3.27-3.54 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Bilgiçli ve ark. (2006b) buğday unu ile birlikte, buğday rüşeymi ve buğday kepeği kullanarak ürettikleri tarhanalarda, buğday rüşeymi ve buğday kepeği ilavesinin, örneklerin kül miktarını artırdığını göstermişlerdir. Sonuçlar, bizim örneklerimize ait olan kül değerleri ile paralellik göstermiştir.

Depolama sonunda yapılan analizlerde kül miktarının %1.32-3.03 arasında olduğu tespit edilmiştir. Kül içeriğinin, BUT örneğinde en düşük, TUT örneğinde ise en yüksek olduğu bulunmuştur. Tarhanaların kül içerikleri üzerine, depolama süresinin etkisinin önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda, örneklerin kül içeriğinde düşüş gözlenmiştir. Kül içeriklerindeki bu düşüşün, tarhanaların nem içeriğinin artmasından dolayı, oransal olarak gerçekleştiği düşünülmektedir.

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi tarhana örneklerinin 1. gün protein değerleri %12.29-12.40 aralığında tespit edilmiştir. Protein içeriği, en düşük TUT örneğinde, en yüksek BUT örneğinde tespit edilmiştir. Un çeşidinin, tarhanaların protein içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu bulunmuştur. Teff unu ilavesine rağmen, tarhana örneklerinde önemli bir protein artışı olmamasının, kullanılan buğday unu (%12.62) ve teff unu (%12.27) protein içeriklerinin birbirine yakın değerde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yıldırım ve Güzeler (2016), piyasada satılan tarhana cipslerinin protein içeriğini %12.3 olarak tespit etmişlerdir. Bu değer, protein değerlerimizle uyumlu bir değerdir. Sabuncu (2024), mor patates unu, sarı patates unu ve nohut unu kullanarak ürettiği glutensiz tarhanalarda, mor patates ve sarı patates oranlarının azalması, dolayısıyla da nohut unu oranının artmasıyla, protein oranının yükseldiğini bildirmiştir. Bunun nedeni olarak da nohut ununun mor ve sarı patates unlarına kıyasla daha fazla protein içeriğine sahip olmasını göstermiştir.

Örneklerin protein değerleri, 90. günde 11.21-11.44 arasında bulunmuştur. En düşük protein içeriği BUT örneğinde tespit edilirken, en yüksek protein içeriği OUT örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresinin, tarhanaların protein içerikleri üzerine etkisinin önemli ($p\leq 0.05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. 90 günlük depolama sonunda, tarhanaların protein değerlerinde düşme gözlenmiştir. Bu değer kaybının oransal olarak gerçekleştiği ve bunun da rutubet miktarındaki artıştan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Tarhanaların 1. gündeki yağ değerleri %2.63-5.12 aralığında değişmiştir. Yağ içeriği bakımından, en yüksek değer TUT örneğinde, en düşük değer ise BUT örneğinde saptanmıştır. Tarhanaların yağ içeriklerine un çeşidinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p\leq 0.05$) olduğu ortaya konulmuştur. Teff unu ilavesi ile tarhanaların yağ içeriği artmıştır. Bu sonucun teff ununun bileşimi ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Çizelge 4.10 incelendiğinde teff ununun yağ içeriğinin neredeyse buğday ununun 2 katı kadar olduğu görülmektedir. Yıldırım ve Güzeler (2016), piyasada satışa sunulan tarhana cipslerinin yağ içeriklerinin %2.8 olduğu bildirmişlerdir. Bu değer bizim kontrol örneğimiz olan buğday unlu tarhananın yağ

içeriği değerine yakın bir değerdir. Yükselci-Kilci (2012), tarhana örneklerinin yağ içeriğini %4.69-7.15 arasında tespit etmiş ve yulaf katkı oranı arttıkça yağ içeriğinin arttığını bildirmiştir. Ibanoglu ve ark. (1995), beyaz buğday unu, tam buğday unu, yoğurt ve tuzun farklı kombinasyonları ile ürettikleri 4 farklı tarhanada yağ içeriklerini %3.3-5.7 aralığında bulmuşlardır. Verilen değerler, örneklerimizde tespit ettiğimiz yağ içerikleri değerleri ile uyumludur.

Örneklerin 90. gündeki yağ içeriklerinin %2.53-5.00 arasında olduğu saptanmıştır. Yağ içeriği en düşük BUT örneğinde, en yüksek TUT örneğinde saptanmıştır. Depolama süresinin, tarhanaların yağ içerikleri üzerine etkisinin önemsiz ($p>0.05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Depolama ile örneklerin yağ değerlerinde bir miktar düşüş olduğu görülmüş olup, bu sonucun nem içeriğinin artmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.4. Tarhanaların Fonksiyonel Özellikleri

Tarhana örneklerinin fonksiyonel özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Tarhana örneklerinin fonksiyonel özellikleri^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	Fenolik madde (mg GAE/kg)*	Antioksidan aktivite (% İnhibisyon)*	Besinsel Lif (mg/g)*	Fitik Asit (mg/g)*
BUT	1. Gün	206.07±2.73 ^{a1}	47.53±0.25 ^{a1}	4.18±0.03 ^{a1}	0.07±0.00 ^{a1}
	90. Gün	243.68±4.14 ^{a1}	42.89±0.19 ^{a1}	4.11±0.02 ^{a1}	0.04±0.00 ^{a1}
OUT	1. Gün	264.38±5.79 ^{b1}	51.93±0.42 ^{a1}	7.89±0.06 ^{b1}	0.15±0.00 ^{a1}
	90. Gün	288.15±5.93 ^{b1}	46.82±0.56 ^{a1}	7.86±0.02 ^{b1}	0.10±0.00 ^{a1}
TUT	1. Gün	314.08±3.51 ^{c1}	62.07±1.54 ^{b1}	16,11±0.06 ^{c1}	3.00±0.03 ^{b1}
	90. Gün	314.75±11.46 ^{c1}	55.02±1.13 ^{b1}	15,92±0.08 ^{c1}	2.89±0.01 ^{b1}

*Kuru madde esasına göre hesaplanmıştır.

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre, farklı rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. ($p\leq 0.05$).

Fenolik bileşikler, bitkilerde ve bitki kaynaklı yiyecek ve içeceklerde yaygın olarak bulunan ikincil metabolitlerdir. Oldukça basit moleküller (örneğin vanilin,

gallik asit, kafeik asit) ve stilbenler, flavonoidler ve bu çeşitli gruplardan türetilen polimerler gibi polifenoller de dahil olmak üzere çok çeşitli yapılar gösterirler. Bunlar güçlü antioksidasyon, antikanser, bakteriyostatik, karaciğer koruma, anti-enfeksiyon, kolesterol düşürücü ve bağışıklık güçlendirici özelliklere sahiptir. Ayrıca, tip 2 diyabet dahil olmak üzere çeşitli biyolojik aktivitelerin önlenmesine yardımcı olur (Cheynier, 2012; Khatun ve Mollah, 2024).

Tarhanaların 1. gün fenolik madde içeriği 206.07-314.08 mg GAE/kg aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.12). Örneklerin fenolik madde içeriği en düşük BUT örneğinde, en yüksek ise TUT örneğinde tespit edilmiştir. Buğday unlu tarhanaya (kontrol) göre teff unu ile optimize edilen un ve %100 teff unu ile üretilen tarhanalarda fenolik madde miktarında artış tespit edilmiştir. Bu artışın istatistiksel olarak da önemli ($p \leq 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Akan ve Özdehan Ocak (2019), üzüm çekirdeği ekstraktı ilaveli tarhanalarda toplam fenolik içeriğin 1908-5728 mg GAE/kg olduğunu, en yüksek değerin %40 oranında üzüm çekirdeği ekstraktı ilaveli tarhanalarda tespit edildiğini ortaya koymuşlardır. Kullanılan üzüm çekirdeği ekstraktının toplam fenolik içeriğinin 623 mg GAE/kg, dolayısıyla örneklerin fenolik madde miktarındaki artışın üzüm çekirdeği ekstraktının içerdiği yüksek miktardaki fenolik maddeden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Kilci ve Göçmen (2014), farklı oranlarda yulaf kırması ilave ederek ürettikleri tarhanalarda fenolik madde içeriğinin 298.4-1090.9 mg GAE/100 g aralığında olduğunu, tarhanadaki yulaf kırması oranı arttıkça fenolik madde içeriğinin de arttığını tespit etmiştir. Demir (2008), tam buğday unu ile ürettiği tarhana örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ortalama değerlerinin 714.31-1521.08 mg GAE/100g arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. Olcay (2024), buğday unu ikamesi olarak çimlendirilmiş amarant ve karabuğday unu kullanarak ürettiği tarhanalarda, dezenfektan kullanılarak çimlendirilen %30 oranında amarant ununun en yüksek (2538.94 mg GAE/100 g) fenolik madde içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Önceki çalışmalarda tespit edilen sonuçlarla ile çalışmamızdaki tarhana örneklerindeki fenolik madde sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Örneklerin 90. gün fenolik madde içeriği 243.68-314.75 mg GAE/kg aralığında bulunmuştur. En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer TUT örneğinde görülmüştür. Tarhanaların fenolik madde içerikleri depolama sonunda düzenli olmayan değişimler göstermiş (depolama sonunda, BUT ve OUT örneklerinin fenolik madde içeriğinde artış meydana gelirken, TUT örneğinde belirgin bir değişiklik olmamıştır) ve bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Akan ve Özdehan Ocak (2019), 6 aylık depolama sonunda örneklerdeki fenolik madde içeriğini 1537-4632 mg GAE/kg olarak bulmuş ve değerlerin düştüğünü ortaya

koymuşlardır. Araştırmacılar depolama sonunda fenolik madde ve antioksidan değerlerindeki düşmeden dolayı, tarhanaların birkaç aylık bir süre içerisinde tüketilmesini tavsiye etmişlerdir.

Antioksidanlar, oksidasyon süreçlerini engelleyerek ve birçok diyet takviyesi, nutrasötik ve fonksiyonel gıda bileşeni tarafından sağlanan sağlık gelişimine katkıda bulunarak gıda korumada önemli bir rol oynar. Epidemiyolojik çalışmalar, tam tahılların ve tahıl bazlı ürünlerin tüketiminin kronik hastalık riskinin azalmasıyla ilişkili olduğunu belirtmektedir. Tam tahılların sağlık yararları kısmen benzersiz fitokimyasal bileşimleri ile ilişkilendirilmektedir (Adom ve Liu, 2002; Shahidi ve Zhong, 2015).

Örneklerin antioksidan aktivite değeri 1. gün %47.53-62.07 arasında değişmiştir. Antioksidan aktivite içeriği bakımından en düşük değer yine BUT örneğinde, en yüksek değer ise TUT örneğinde saptanmıştır. Tarhanaların antioksidan madde içeriklerine un çeşidinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.11’de de görüldüğü gibi, teff unundaki artışla birlikte antioksidan madde miktarı da artmıştır. Teff ununun antioksidan madde içeriği, buğday ununa göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.10). Bu nedenle, tarhanalardaki antioksidan madde miktarı artışı, teff ununun içeriğinden kaynaklanmıştır. Akan ve Özdestan Ocak (2019), üzüm çekirdeği ekstraktı ilaveli tarhana örneklerinde antioksidan aktivite değerini %15.75-92.80 aralığında belirlemişlerdir. Köten (2021), teff unu, mısır unu ve patates nişastasını farklı oranlarda kullanarak ürettiği glutensiz tarhanalarda, hiç teff unu bulunmayan örnekte antioksidan kapasitesi değerini %3.18 olarak bulurken, %100 teff unlu tarhanada bu değer 9.34’e çıkmıştır. Böylelikle teff unu ilavesinin antioksidan kapasitesi değerini artırdığını ortaya koymuştur. Diğer çalışmalarda elde edilen verilerin, bizim örneklerimizde belirlediğimiz verilerle uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Tarhanaların 90. gün antiosidan aktivite değerleri incelendiğinde, %42.89-55.02 aralığında tespit edilmiştir. Depolama sonunda, örneklerin antioksidan değerlerinde bir miktar düşüş olmuş, fakat bu düşüşün istatistiksel olarak önemli ($p > 0.05$) olmadığı belirlenmiştir. Depolama sonunda tarhanaların antioksidan aktivitesindeki düşüşün oksidasyon reaksiyonları sonucu veya enzimatik aktivite nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

Besinsel lif, insanlarda sindirim sistemi tarafından sindirilemeyen, fakat

probiyotik mikroorganizmalar aracılığıyla kalın bağırsakta fermente olabilen bitkilerin yenilebilir kısımlarında bulunan bileşiklerdir. Besinsel lifi alımı ile koroner kalp hastalığı, felç, hipertansiyon, diyabet, obezite ve bazı gastrointestinal hastalıklar geliştirme riskinin önemli ölçüde daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kan basıncını ve serum kolesterol seviyelerini düşürmek, diyabetli ve diyabetsiz bireylerde glisemiye ve insülin duyarlılığını iyileştirmek, obez bireylerde kilo kaybını önemli ölçüde artırmak gibi faydalarının yanı sıra prebiyotik lifler bağışıklık fonksiyonunun artmasını destekler (Anderson ve ark., 2009; Salçın ve Ercoşkun 2021).

Tarhanalarda besinsel lif içeriğinin 1. günde %4.18-16.11 aralığında olduğu görülmüştür. Besinsel lif bakımından en düşük içeriğe sahip örnek BUT örneği, en yüksek ise TUT örneği olmuştur. Un çeşidinin, tarhanaların besinsel lif içeriklerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Esimek (2010), yaptığı araştırmada ortalama değer olarak besinsel lif miktarlarının, ev yapımı tarhanalarda %7.65, hazır tarhanalarda ise %5.63 olduğunu ve aradaki farklılığın da bileşime giren farklı hammaddelerin içerdiği besinsel lif miktarının farklı olması ve tarhana formülasyonunda buğday kırması kullanılıp kullanılmaması durumundan kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Sabuncu (2024), glutensiz tarhana üretiminde mor patates unu kullanım olanaklarını araştırdığı çalışmasında, kontrol örneğine kıyasla (%3.90) mor patates ilavesi (%25, 50, 75 ve 100) ile birlikte tarhanaların besinsel lif içeriğinin arttığını (%10.62, 11.68, 11.72 ve 13.26) bildirmiştir.

Besinsel lif açısından 90. gün değerleri %4.11-15.92 arasında bulunmuş, en düşük değerin BUT örneği, en yüksek değerin de TUT örneğinde olduğu saptanmıştır. Örneklerde besinsel lif içerikleri üzerine depolama süresinin etkisinin önemsiz ($p > 0.05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda tarhanalardaki besinsel lif içeriği değerleri, örneklerin 1. gün besinsel lif içeriği değerleriyle benzer bulunmuştur.

Myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hekzakisfosfat (InsP6), yaygın olarak fitik asit olarak bilinir, tahıl tanelerindeki fosforun (P) temel depolama şeklidir ve toplam tohum P'sinin %65-85'ini oluşturabilir. Geriye kalan P, çözünür inorganik fosfat (P: yaklaşık %5) ve nükleik asitlerde, proteinlerde, lipitlerde ve şekerlerde bulunan hücresel P (toplam tohum P'sinin yaklaşık %10 ila %20'si) formundadır. Tahıllarda (buğday, arpa, pirinç gibi) özellikle aleurın tabasında birikir. Kepek, yüksek fitik asit içeriğine sahip bir üründür, düşük ekstraksiyonlu beyaz unlar düşük fitik asit miktarları içerir. Fitik asit negatif yüklüdür ve bu nedenle kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), demir (Fe) ve çinko (Zn) gibi katyonları güçlü bir şekilde şelatlar ve genellikle fitat veya fitin olarak adlandırılan karışık tuzlar halinde bulunur. Bu çok çözünmeyen tuzlar

insan bağırsağında önemli besinlerin emilimini engeller ve bu da mikrobelerin eksikliklerine yol açabilir. Literatürde, gıdalara uygulanan fermantasyon işlemi ile fitik asit miktarı azaldığı belirtilmiştir (Hídvégi ve Lásztity, 2002; Wu ve ark., 2009; Perera ve ark., 2018).

Örneklerde fitik asit içeriğinin 1. günde 0.07-3.00 mg/g aralığında olduğu tespit edilmiştir. En düşük fitik asit içeriği BUT örneğinde, en yüksek TUT örneğinde görülmüştür. Un çeşidinin, tarhanaların fitik asit içeriklerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Demir (2008), farklı oranlarda tam buğday unu ilave ederek ürettiği tarhanalarda fitik asit miktarının, %100 buğday unu ile üretilen tarhanada 33.50 mg/100 g, %100 tam buğday unu ile ürettiği tarhanada ise 102.04 mg/100 olduğunu, tam buğday unu miktarı arttıkça fitik asit miktarının arttığını tespit etmiştir. Bilgiçli ve ark (2006b), ürettikleri tarhanalarda, rüşeym ve kepek ilavesi ile birlikte tarhanaların fitik asit miktarının arttığını ortaya koymuşlardır. Bilgiçli ve İbanoğlu (2007), fitik asit miktarının fermantasyon sonrasında azaldığını bildirmişlerdir.

Tarhanaların fitik asit içeriği, 90. günde, 0.04-2.89 mg/g arasında belirlenmiştir. Burada en az içerik BUT örneğinde, en yüksek içerik ise TUT örneğinde belirlenmiştir. Depolama süresinin tarhana örneklerde besinsel lif içerikleri üzerine etkisinin önemsiz ($p > 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

4.5. Tarhanaların pH ve Renk Özellikleri

Örneklerin pH değerleri ve renk özellikleri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Tarhana örneklerini pH değeri, 1. günde 4.47-4.65 aralığında bulunmuştur. En düşük değerin BUT örneğinde, en yüksek değerin de OUT örneğinde olduğu belirlenmiştir. Un çeşidinin, tarhana örneklerimizin pH değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) olduğu bulunmuştur. Kılıç-Keskin ve ark. (2022) glutensiz tarhana üretmek amacıyla gluten içermeyen farklı tahıl unları kullanarak ürettikleri tarhanaların pH içeriğinin 4.14-4.92 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. İbanoğlu ve ark. (1995), ürettikleri tarhanalarda, pH içeriklerinin 4.3-4.8 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Akan ve Özdehan Ocak (2019), ürettikleri tarhana örneklerinin 4.12-4.26 aralığında pH değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bu değerler, örneklerimizin pH değerlerine uygunluk göstermektedir.

Çizelge 4.13. Tarhana örneklerinin pH ve renk özellikleri^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	pH	Renk		
			L*	a*	b*
BUT	1. Gün	4.47±0.02 ^{al}	83.91±0.05 ^{al}	5.92±0.02 ^{al}	26.64±0.06 ^{al}
	90. Gün	4.50±0.02 ^{al}	84.35±0.03 ^{al}	5.57±0.02 ^{al}	27.86±0.00 ^{al}
OUT	1. Gün	4.65±0.03 ^{bl}	76.68±0.12 ^{bl}	4.31±0.02 ^{bl}	19.55±0.03 ^{bl}
	90. Gün	4.64±0.02 ^{bl}	76.16±0.10 ^{bl}	4.08±0.04 ^{bl}	20.14±0.10 ^{bl}
TUT	1. Gün	4.61±0.02 ^{bl}	74.11±0.04 ^{cl}	3.84±0.01 ^{cl}	15.71±0.03 ^{cl}
	90. Gün	4.61±0.01 ^{bl}	73.73±0.03 ^{cl}	3.55±0.03 ^{cl}	15.88±0.17 ^{cl}

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre, farklı rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (p≤0.05).

Örneklerin 90. gündeki pH değeri 4.50-4.64 arasında saptanmıştır. Burada en düşük pH değerine sahip örneğin BUT, en yüksek değere sahip örneğin ise OUT örneği olduğu görülmüştür. Tarhanaların pH değerlerinin, 1. gün pH değerlerine yakın değerlerde olduğu ve örneklerin pH değerine, depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemsiz (p>0.05) olduğu belirlenmiştir.

Gıdanın rengi, tüketiciler tarafından değerlendirilen ilk kalite parametresidir ve ürün kabulü için kritik öneme sahiptir. Çoğunlukla yüzey rengi tarafından belirlenen gıda görünümü, tüketicinin algıladığı ve gıdayı kabul etmek veya reddetmek için bir araç olarak kullandığı ilk histir (Pathare ve ark., 2015).

Çizelgeden renk değerlerine bakıldığında, 1. günde L* değeri 74.11-83.91, a* değeri 3.84-5.92 ve b* değeri de 15.71-26.64 aralığında olduğu görülmektedir. Renk değerleri (L*, a* ve b*) en düşük TUT örneğinde, en yüksek ise BUT örneğinde belirlenmiştir. Tarhanaların renk değerleri (L*, a* ve b*) üzerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli (p≤0.05) bulunmuştur. Çizelge 4.4'te de görüldüğü üzere, formülasyonlara teff unu dahil oldukça, örneklerin renk (L*, a* ve b*) değerlerinin düştüğü görülmüştür. Karaçoban (2022) defitinize teff unundan bisküvi üretim olanaklarını incelediği çalışmada, bisküvi formülasyonuna teff unu ilave edilmesinin bisküvilerin L* değerinde düşüşe neden olduğunu belirlemiştir. Şanlıdere Aloğlu (2021), teff unu ilavesi ile ürettiği ekmeklerde, teff unu ilavesiyle rengin koyulaştığını, L* değerinin düştüğünü tespit etmiştir. Benzer şekilde, Bilgiçli (2009), buğday ununa ikame olarak teff unu ilavesiyle ürettiği tarhanalarda, tarhana formülasyonuna giren teff unu oranı arttıkça L* ve b* değerlerinin düştüğünü belirlemiştir. Aktaş ve Akın (2020), pirinç kepeği ve mısır kepeği ilavesinin a* ve b*

değerlerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bilgiçli ve ark. (2006b), tarhana formülasyonuna farklı oranlarda buğday ruşeymi ve kepeği ilave ederek ürettikleri tarhanalarda, renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) hem buğday ruşeymi, hem de buğday kepeği ilavesi ile birlikte düştüğünü tespit etmişlerdir. Diğer çalışmalarda bildirilen değerler, örneklerimizde belirlediğimiz verilerle paralellik göstermektedir.

Depolama sonunda tarhana örneklerinin L^* değerleri 73.73-84.35, a^* değerleri 3.55-5.57 ve b^* değerleri 15.88-27.86 aralığında saptanmıştır. En düşük renk değerinin TUT örneğine en yüksek değerin ise BUT örneğine ait olduğu görülmüştür. Tarhanaların L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir.

4.6. Tarhanaların Mineral Madde İçerikleri

Tarhana örneklerinin mineral (Fe, Cu, Zn, Mg, K, Ca) içerikleri Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Mineral maddeler, insan vücudunda metabolik süreçlerin devam ettirilmesi ve en uygun sağlık koşullarının korunması için kritik bir rol oynar. Ancak, bu minerallerin vücuda alımındaki yetersizlikler hem bireysel hem de toplumsal sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Mineral eksiklikleri yalnızca gıdalardaki mineral içeriğinin azlığından değil, aynı zamanda minerallerin biyoyararlılığının düşük olmasıyla da ilişkilidir. Bunun temel nedeni, vücuda alınan minerallerin sadece küçük bir kısmının sindirim sonrasında biyoyararlanabilir hale gelmesidir (Affonfere ve ark., 2023).

Çizelge 4.14. Tarhana örneklerinin mineral içerikleri (mg kg⁻¹)^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	Fe [*]	Cu [*]	Zn [*]	Mg [*]	K [*]	Ca [*]
BUT	1. Gün	20.15±0.09 ^{al}	2.90±0.04 ^{al}	14.96±0.07 ^{al}	645.35±3.61 ^{al}	4372.06±7.21 ^{al}	262.23±1.30 ^{al}
	90. Gün	19.65±0.10 ^{al}	2.72±0.04 ^{al}	13.62±0.13 ^{al}	637.81±2.23 ^{al}	4302.95±15.82 ^{al}	256.43±1.41 ^{al}
OUT	1. Gün	39.69±0.14 ^{bl}	4.52±0.04 ^{bl}	23.58±0.10 ^{bl}	1145.05±7.53 ^{bl}	4939.93±17.74 ^{bl}	376.53±1.24 ^{bl}
	90. Gün	38.12±0.18 ^{bl}	4.45±0.02 ^{bl}	22.77±0.06 ^{bl}	1142.95±3.40 ^{bl}	4856.66±7.28 ^{bl}	369.28±1.98 ^{bl}
TUT	1. Gün	61.26±0.22 ^{cl}	7.90±0.03 ^{cl}	41.20±0.18 ^{cl}	2167.45±20.21 ^{cl}	6163.56±16.32 ^{cl}	590.71±3.57 ^{cl}
	90. Gün	59.61±0.14 ^{cl}	7.77±0.02 ^{cl}	40.61±0.14 ^{cl}	2105.68±9.19 ^{cl}	6044.84±19.37 ^{cl}	570.21±4.73 ^{cl}

*Kuru madde esasına göre hesaplanmıştır.

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre, farklı rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (p≤0.05).

Örneklerin depolamanın 1. günündeki Fe, Cu, Zn, Mg, K ve Ca içerikleri sırasıyla; 20.15-61.26, 2.90-7.90, 14.96-41.20, 645.35-2167.45, 4372.06-6163 ve 262.23-590.71 mg kg⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. Tüm mineraller için en düşük değerlerin BUT örneğinde, en yüksek değerlerin ise TUT örneğinde olduğu bildirilmiştir. Tarhanaların mineral madde içerikleri üzerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi, teffin Fe içeriği, buğdaya kıyasla 4-5 kat, Mg içeriği %50, Zn içeriği 2.5 kat daha fazladır. Bununla birlikte, buğday unu üretilirken, kepek tabakasının ayrılmasıyla birlikte, undaki mineral madde içeriği buğdaya göre daha da azalmaktadır. Tarhanaların Fe içeriğinin teff ilavesiyle artmasının belirtilen nedenlerle gerçekleştiği düşünülmektedir. Erilmez İltir (2022), tarhananın fonksiyonel özelliklerini artırmak amacıyla formülasyona farklı oranlarda kumkuat unu ilave ederek ürettiği tarhana örneklerinde, buğday ununa kıyasla daha fazla mineral madde içeren kumkuat unu ilavesinin tarhanaların mineral madde içeriğini yükselttiğini tespit etmiştir. Olcay (2024), çimlenmiş karabuğday ve çimlenmiş amarant unu ilavelerinin, tarhananın mineral madde içeriğini artırdığını ortaya koymuştur. Bahsedilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile, bizim elde ettiğimiz sonuçlar örtüşmektedir.

Tarhana örneklerinin depolama sonunda mineral madde içeriklerinin (Fe, Cu, Zn, Mg, K ve Ca) sırasıyla; 19.65-59.61, 2.72-7.77, 16.62-40.61, 637.81-2105.68, 4302.95-6044.84 ve 256.43-570.21 mg kg⁻¹ aralığında olduğu ortaya konulmuştur. Örneklerin 1. gün değerlerine benzer şekilde tüm minerallerin en düşük değere sahip olan örneğin BUT örneği, en yüksek değere sahip olan örneğin de TUT örneği olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda tarhanaların mineral madde miktarlarında bir miktar azalış görülmüş olmakla birlikte bu azalışın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir. Tarhanaların mineral madde içeriğinde 90. gündeki düşüşün örneklerin nem içeriğindeki artıştan kaynaklanmış olabileceği tahmin edilmektedir.

4.7. Tarhana Çorbalarının Viskozite Değeri ve Tekstürel Özellikleri

Tarhana çorbalarında ölçülen viskozite ve tekstürel özellik değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çorbaların viskozite değerinin 521.67-847.34 (centipoise) aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Viskozite için en düşük değer düşük değerlerin BUT çorbasında, en yüksek değerler ise TUT çorbasında belirlenmiştir. Tarhana çorbalarının viskozite

değeri üzerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Teff unu ilavesi ile örneklerin viskozite değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Bu sonuç teff unundaki yüksek lif içeriğinin suyu bağlayarak viskozite değerini yükseltmesiyle ilişkilendirilebilir. Birçok araştırmacı diyet liflerin fermente ürünlerde suyu bağlayarak viskoziteyi artırdığını bildirmiştir (Şahan ve ark., 2008; Gee ve ark., 2007; Kearney ve ark., 2011).

Çizelge 4.15. Tarhana çorbalarının viskozite değeri ve tekstürel özellikleri^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	Viskozite (Centipoise)	Sertlik (g)	Kıvam (g s)	Yapışkanlık (g)	Kohezyon Enerjisi (g s)
BUT	1. Gün	521.67±2.35 ^a	15.59±0.62 ^a	136.67±3.15 ^a	-11.18±0.23 ^a	-5.57±0.25 ^a
OUT	1. Gün	566.67±0.94 ^a	17.94±0.11 ^b	158.85±3.34 ^b	-12.02±0.21 ^a	-6.08±0.03 ^a
TUT	1. Gün	847.34±24.52 ^b	33.26±0.24 ^c	277.39±2.86 ^c	-20.35±0.16 ^b	-10.87±0.04 ^b

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p \leq 0.05$).

Çorbaların sertlik değeri 15.59-33.26 g arasında bildirilmiştir. En düşük sertlik değeri BUT çorbasında, en yüksek ise TUT çorbasında bulunmuştur. Tarhanaların sertlik değeri üzerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Tarhana formülasyonuna giren teff unu miktarının artışına bağlı olarak çorbaların serylik değerinin de arttığı ortaya konulmuştur. Örneklerimizde teff unu miktarı arttıkça sertlik değerinin arttığı gözlenmiştir. Cankurtaran-Kömürcü ve Bilgiçli (2022), antik buğday (Einkorn ve Emmer) unlarını farklı oranlarda kullanarak ürettikleri tarhanalarda sertlik değerini 52.66-83.66 g arasında olduğunu ve antik tahıl unu oranı arttıkça sertlik değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Sertlik değerinin, bizim örneklerimizde artarken, ilgili çalışmada düşmesinin nedeni; teff ununun tam tahıl unu olarak kullanılması dolayısıyla lif içeriğinin yüksek olması, einkorn ve emmer buğdaylarında ise kepeğin ayrılması sonucu, lif oranının daha düşük olmasından dolayı teff ununun çorbada daha yoğun bir yapı oluşmasını sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çorbalarda kıvam değerleri incelendiğinde 136.67-277.39 g s arasında olduğu belirlenmiştir. En düşük kıvam değeri BUT çorbasında, en yüksek ise TUT çorbasında görülmüştür. Tarhanaların kıvam değeri üzerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Formülasyona giren teff unu miktarının artmasıyla kıvam değerlerinde artış gözlenmiştir. Cankurtaran Kömürcü ve Bilgiçli (2022), tarhana örneklerinde, kıvam değerlerini 872.14-1393.87 g s aralığında bulmuşlardır.

Örneklerimizin kıvam değerinin artmasının nedeni, yine teff ununun lif içeriğinin yüksek olması nedeniyle, yapılan çorbaların daha kıvamlı olması nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Yapışkanlık değerleri incelendiğinde, çorbalarda -11.18 ile -20.35 g aralığında olduğu bulunmuştur. En düşük yapışkanlık değeri BUT çorbasında, en yüksek ise TUT çorbasında bulunmuştur. Çorbaların yapışkanlık değeri üzerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Yapışkanlık 3-boyutlu protein ve yağ matriksini meydana getiren iç bağlara ait kuvvetinin ölçüsü olarak ifade edilmektedir (Szczesniak, 1963; Tunick, 2000). Tarhana formülasyonuna giren teff unu miktarının artışına bağlı olarak çorbaların yapışkanlık değerinin arttığı görülmüştür. Bu sonuç teff unundaki lifler ile yoğurttaki kazein arasında daha güçlü bir polimer yapının meydana gelmesi ile açıklanabilir. Cankurtaran Kömürcü ve Bilgiçli (2022), einkorn ve emmer buğdaylarından ürettikleri tarhanalarda yapışkanlık değerini -51.61 ile -67.39 g aralığında değerler tespit etmişlerdir. Bu verilerle, antik buğday ilavesiyle iç yapışkanlık değerinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Çorbaların kohezyon enerjisi değeri -5.57 ile -10.87 g s arasında bulunmuştur. En düşük kohezyon enerjisi değeri BUT çorbasında, en yüksek ise TUT çorbasında bulunmuştur. Tarhanaların kohezyon enerjisi değeri üzerine un çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Tarhana formülasyonuna giren teff unu miktarının artışına bağlı olarak çorbaların kohezyon enerjisi değerinin arttığı belirlenmiştir. Cankurtaran Kömürcü ve Bilgiçli (2022), tarhanalarda -87.11 ile -151.07 g s aralığında kohezyon enerjisi değeri bildirmişler ve antik buğday ununun kohezyon enerjisi değerini artırdığını ortaya koymuşlardır. Örneklerimizdeki kohezyon enerjisi değerinin artmasının, yine kıvam değerinde olduğu gibi yüksek oranda besinsel lif içermelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.8. Tarhanaların Mikrobiyolojik Özellikler

Tarhanaların mikrobiyolojik özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Örneklerin maya küf sayısı, 1. günde 3.48-5.84 log kob/g aralığında belirlenmiştir (Çizelge 4.16). En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer ise OUT örneğinde bulunmuştur. Un çeşidinin, tarhana örneklerimizin maya-küf sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.05$) olduğu bulunmuştur. Taşoğulları (2017), ürettiği tarhanalardaki maya küf sayısını 6.42-8.90 log kob/g aralığında bulmuştur. Özdemir ve ark. (2012), yaş tarhanalarda, üretim sonrası belirledikleri maya küf

sayısının 2.85-6.38 log kob/g aralığında olduğunu ve yaş tarhanaların depolanması sonrası maya küf sayısında artış olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.16. Tarhana örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri (log kob/g)^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	Maya Küf	Laktik Asit Bakterileri (LAB)
BUT	1. Gün	3.48±0.01 ^{a1}	5.14±0.00 ^{a1}
	90. Gün	4.30±0.05 ^{a1}	5.28±0.02 ^{a1}
OUT	1. Gün	5.84±0.01 ^{b1}	5.39±0.01 ^{b1}
	90. Gün	6.55±0.03 ^{b1}	5.49±0.02 ^{b1}
TUT	1. Gün	5.22±0.02 ^{b1}	5.58±0.00 ^{c1}
	90. Gün	6.42±0.02 ^{b1}	5.76±0.02 ^{c1}

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre, farklı rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p≤0.05).

Tarhana örneklerinde 90. günde maya küf sayısı, 4.30-6.55 log kob/g aralığında tespit edilmiştir. En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer ise OUT örneğinde bulunmuştur. Tarhana örneklerimizin maya-küf sayısı depolama sonunda bir miktar artmış olmakla birlikte bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı (p>0.05) belirlenmiştir.

Tarhana örneklerinde 1. günde LAB sayısı, 5.14-5.58 log kob/g aralığında tespit edilmiştir. En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer ise OUT örneğinde bulunmuştur. Un çeşidinin, tarhana örneklerimizin LAB sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli (p≤0.05) olduğu bulunmuştur. Bu sonucun teff ununun bileşiminde bulunan diyet liflerle ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Bilindiği gibi diyet lifler LAB'de bulunan enzimler sayesinde bu organizmalar tarafından enerji kaynağı olarak kullanılabilir (Sonnenburg and Sonnenburg, 2014). Teff unu içeren tarhanalarda LAB sayısının daha yüksek olması buna bağlanabilir. Ferhat (2023), bonkalite un ilaveli tarhana örneklerinde LAB sayısını 6.25-6.87 log kob/g aralığında bulmuştur. Özdemir ve ark. (2012), yaş tarhanalarda üretim sonrası belirlenimleri LAB sayım sonuçlarının, *Lactobacillus* spp. 2.84-6.58 log kob/g, *Lactococcus* spp. 2.90-6.40 log kob/g aralığında olduğunu ve 4 ay depolanan yaş tarhanaların LAB sayılarında artış olduğunu tespit etmişlerdir.

90. günde tarhana örneklerinde LAB sayısı, 5.28-5.76 log kob/g aralığında tespit edilmiştir. En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer ise TUT örneğinde bulunmuştur. Depolama sonunda tarhanaların LAB sayısında saptanan düşük düzeydeki artışın istatistiksel olarak önemli ($p>0.05$) olmadığı belirlenmiştir.

4.9. Tarhanaların Fiziksel Özellikler

Tarhana örneklerinin fiziksel özelliklerine ait değerler Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Tarhana örneklerinin fiziksel özellikleri^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	Su Absorpsiyonu (ml/g)	Yağ Absorpsiyonu (ml/g)
BUT	1. Gün	0.65±0.02 ^{a1}	0.66±0.02 ^{a1}
	90. Gün	0.63±0.00 ^{a1}	0.63±0.01 ^{a1}
OUT	1. Gün	0.71±0.01 ^{b1}	0.78±0.02 ^{b1}
	90. Gün	0.68±0.01 ^{b1}	0.74±0.01 ^{b1}
TUT	1. Gün	0.89±0.02 ^{c1}	0.82±0.01 ^{c1}
	90. Gün	0.87±0.02 ^{c1}	0.81±0.01 ^{c1}

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre, farklı rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p\leq 0.05$).

Su absorpsiyon kapasitesi, gıdaların su emiliminden önce ve sonra meydana gelen ağırlık farkı olarak tanımlanır. Gıdaların suyu emme veya tutma yeteneklerini ortaya koyar. Bu yetenek, gıdalar için çok önemli bir özelliktir. Ayrıca, su absorpsiyon kapasitesi, gıdanın emebileceği veya tutabileceği maksimum su miktarının bir endeksidir. Su tutma kapasitesi, viskoz gıdalarda önemli bir fonksiyonel özelliktir ve tarhananın su tutma kapasitesini belirleyen faktörler, yapısal proteinler ve nişastadır (Henry ve ark., 2016; Şensoy ve Tarakçı, 2023).

Çizelge 4.17’ye göre, su absorpsiyonu değeri, 1. günde 0.65-0.89 ml/g aralığında belirlenmiştir. En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer ise TUT örneğinde bulunmuştur. Un çeşidinin, tarhana örneklerimizin su absorpsiyonu değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p\leq 0.05$) olduğu bulunmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlardan, teff ilavesinin su absorpsiyonu değerini artırdığı tespit edilmiştir. Bunun da, teff’in tam tahıl olarak öğütülmesi ve perikarp kısmının da una

dahil edilmesinden dolayı, unun içerdiği kompleks karbonhidrat miktarının artmasından ve dolayısıyla suyu absorbe etme kabiliyetinin yükselmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Aktaş ve Akın (2020), tarhana örneklerinde formülasyona giren pirinç kepeği ve mısır kepeği oranlarının artırılmasıyla, su absorpsiyonu değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Pirinç kepeği eklenen tarhanalarda 0.78-1.01 ml/g aralığında, mısır kepeği eklenen örneklerde ise 0.62-0.78 ml/g aralığında değerler tespit etmişlerdir. Verilen sonuçlar bizim verilerimizle uygunluk göstermektedir.

Depolama sonunda 90. gün, örneklerin su absorpsiyonu değeri 0.63-0.87 ml/g aralığında bulunmuştur. En yüksek değer TUT örneğinde, en düşük değer ise BUT örneğinde görülmüştür. Örneklerin su absorpsiyonu kapasitesi üzerine depolamanın etkisinin istatistiki olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir. 90 gün sonunda örneklerin su absorpsiyon değeri üzerinde bir miktar düşüş belirlenmiştir.

Yağ absorpsiyon kapasitesi, gıdalarda önemli bir işlevsel özellik olup, lezzeti, dokuyu, ağız hissini ve ürün verimini etkiler. Yağ absorpsiyon kapasitesi, ayrıca tatlı çörek, krep, fırınlanmış ürünler, tatlılar, şekerlemeler, içecekler, salata soslarında önemli bir kalite kriteridir. Yağ absorpsiyon kapasitesi, yağın proteinler ve lipit-protein etkileşimlerinde rol oynayan hidrofobik, elektrostatik ve hidrojen bağı gibi kovalent olmayan bağlar içindeki fiziksel olarak tutulmasıyla ilişkilidir. Yağın tutulması, yağın hidrokarbon zincirlerinin amino asitlerin polar olmayan yan zincirlerine bağlanmasının sonucudur. Yağ absorpsiyon kapasitesini belirlemek için en yaygın kullanılan yöntem, numuneyi yağla karıştırdıktan sonra oluşan dispersiyonu santrifüj etmek ve ağırlık farkını tespit etmek şeklindedir (Wang ve ark., 2020).

Yağ absorpsiyonu değeri, örneklerde 1. günde 0.66-0.82 ml/g aralığında bulunmuştur. En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer ise TUT örneğinde bulunmuştur. Örneklerimizin yağ absorpsiyonu değeri üzerine un çeşidinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p\leq 0.05$) olduğu bulunmuştur. Örneklerin içerdiği teff unu oranı arttıkça, yağ absorpsiyonu değerinin arttığı görülmüştür. Güven (2023) buğday ununa ikame ürün olarak bonkalite un kullanarak ürettiği tarhanalarda, formüle giren bonkalite un miktarı arttıkça tarhanaların yağ absorpsiyonu kapasitesinin arttığını bildirmiştir. Çalışmalarda yağ absorpsiyonu ile ilgili olarak verilen veriler, çalışmamızda elde ettiğimiz verilerle benzerlik göstermektedir. Olcay (2024), çimlenmiş karabuğday ilavesinin tarhanaların yağ absorpsiyon kapasitesini yükselttiğini ve lösin, izolösin, alanin, valin, fenilalanin, metiyonin ve triptofan aminoasitlerinin hidrofobik özellik gösterdiğini bildirilmiştir. Teffin bileşiminde de yüksek miktarda bulunan bu aminoasitlerin (Adebawale ve ark., 2011), teff unu ilavesi ile tarhanaların yağ absorpsiyon kapasitesinin artmasında rol oynadığı

söylenbilir. Çalışmalarda bildirilen veriler, yağ absorpsiyonu ile ilgili ortaya koyduğumuz veriler ile örtüşmektedir.

Örneklerin 90. gündeki yağ absorpsiyonu değerleri 0.63-0.81 ml/g olarak tespit edilmiştir. En düşük değer BUT örneğinde, en yüksek değer ise TUT örneğinde bulunmuştur. Örneklerin yağ absorpsiyonu kapasitesi üzerine depolamanın etkisinin istatistiki olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir. Depolama sürecinde, örneklerin yağ absorpsiyonu kapasitesinde bir miktar azalma görülmüştür. Buna, enzimatik aktivite sonucu lipidlerin parçalanması, doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ve örneklerin nem içeriğinin yükselmesinin neden olabileceği düşünülmektedir.

4.10. Tarhana Çorbalarının Duyusal Özellikleri

Kuru tarhanalardan hazırlanan çorbaların duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.18’de sunulmuştur.

Tarhanalardan hazırlanan çorbalara uygulanan duyusal analiz sonucunda, tat, renk, koku, kıvam, kumluluk, ekşilik ve genel kabul edilebilirlik kriterleri puanlanmıştır.

Örneklerin duyusal puanlamaları incelendiğinde; tat 6.58-8.67, renk 6.42-8.50, koku 6.74-7.92, kıvam 7.50-9.00, kumluluk 4.58-8.67, ekşilik 4.92-7.92 ve genel kabul edilebilirlik 6.00-8.67 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin duyusal değerlendirme kriterlerinin tamamı üzerine un çeşidinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p\leq 0.05$) olduğu bulunmuştur. Bütün duyusal değerlendirmelerde en düşük puanı TUT örneğinin aldığı saptanmıştır. En yüksek tat, renk ve kıvam puanları OUT örneğinde; yine en yüksek koku, kumluluk, ekşilik ve genel kabul edilebilirlik puanları da BUT örneklerinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, OUT örneğinin genel kabul edilebilirlik puanının da BUT örneğine çok yakın değerde olduğu ve istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı dikkat çekmiştir. Demir (2008), tam buğday unu ilave ederek yaptığı tarhanalardaki duyusal değerlendirmede, genel beğeni puanı en yüksek olan örneğinin %50 tam buğday unu ilave edilen tarhana olduğunu ve bunun üzerinde oranlarda tam buğday unu ilavesinin genel beğeni puanını düşürdüğünü tespit etmiştir.

Çizelge 4.18. Tarhana çorbalarının duyuşal özellikleri^δ

Örnek ^γ	Depolama Süresi	Tat	Renk	Koku	Kıvam	Kumluluk	Ekşilik	Genel Kabul Edilebilirlik
BUT	1. Gün	7.83±0.71 ^{ab2}	8.17±0.23 ^{a2}	7.92±0.35 ^{a2}	7.67±0.00 ^{a2}	8.67±0.00 ^{a2}	7.92±0.35 ^{a2}	8.67±0.47 ^{a2}
OUT	1. Gün	8.67±0.23 ^{a2}	8.50±0.00 ^{a2}	7.42±0.12 ^{ab2}	9.00±0.47 ^{b2}	6.34±0.47 ^{b2}	5.84±0.23 ^{b2}	8.58±0.35 ^{a2}
TUT	1. Gün	6.58±0.35 ^{b2}	6.42±0.12 ^{b2}	6.74±0.09 ^{b2}	7.50±0.24 ^{a2}	4.58±0.35 ^{c2}	4.92±0.35 ^{b2}	6.00±0.47 ^{b2}

^γBUT : %100 buğday unu ile üretilen tarhana (Kontrol)

^γOUT: Optimize edilmiş un (%63.27 buğday unu + 36.73 teff unu) ile üretilen tarhana

^γTUT : %100 teff unu ile üretilen tarhana

^δÇizelgede her bir özellik için sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde farklı harflerle gösterilen değerler un çeşidine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p≤0.05).

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, teff ununun tarhana üretiminde kullanımının, ürünün besinsel, fonksiyonel, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Geleneksel bir fermente gıdanın, değışen tüketici ihtiyaçlarına ne ölçüde uyarlanabileceğı değeriendirilmiştir. Teff ununun buğday ununa %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında ikame edilmesiyle üretilen tarhana örnekleri üzerinde yanıt yüzey yöntemiyle yapılan optimizasyon, %63.27 buğday unu ile %36.73 teff unu içeren karışımın (OUT) besinsel zenginlik ile tüketici kabul edilebilirliğı arasında optimal bir denge sağladığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, teff ununun tarhananın besinsel profilini geliştirme potansiyelini açıkça gösterirken, aynı zamanda teknolojik ve duyuşal sınırlamalar hakkında da önemli bilgiler sunmaktadır.

Teff unu katkısının tarhananın mineral içeriğı üzerindeki etkisi, çalışmanın en belirgin sonuçlarından birini oluşturmaktadır. Özellikle %100 teff unu içeren tarhana örnekleri (TUT), demir, çinko, magnezyum ve kalsiyum gibi mineraller açısından kontrol örneğine (%100 buğday unu, BUT) kıyasla önemli bir üstünlük sergilemiştir. Bu durum, teff ununun literatürde sıklıkla vurgulanan yüksek mineral yoğunluğu ile uyumludur. Bu sonuç, teff bazlı tarhananın, demir eksikliği anemisi gibi yaygın küresel sağlık sorunlarının çözümüne katkıda bulunma potansiyelini işaret etmektedir. Ayrıca, fermentasyon sürecinin fitik asit içeriğini azaltmasıyla mineral biyoyararlılığının arttığı ve teff ununun tam tahıl yapısının mineral kaybını minimuma indirdiğı gözlemlenmiştir. Bu özellikler, teff ununun glutensiz yapısıyla birleştğinde, tarhanayı çölyak hastaları ve mineral eksikliği riski taşıyan bireyler için değeri bir gıda alternatifi haline getirmektedir. Ancak, mineral biyoyararlılığının insan sağlığı üzerindeki klinik etkilerini tam olarak değeriendirebilmek için uzun vadeli beslenme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Diyet lifi içeriğindeki artış, teff ununun tarhana formülasyonuna sağladığı bir diğeri kayda değeri katkıdır. %100 teff unu içeren örneklerde diyet lifi miktarı, kontrol örneğine göre dört kat artış göstermiştir. Bu bulgu, teff ununun doğal yüksek lif içeriğı ve tam tahıl yapısıyla doğrudan ilişkilidir. Diyet lifinin bağırsak mikrobiyotasını destekleyici prebiyotik etkisi, tarhananın fonksiyonel potansiyelini daha da güçlendirmektedir. Bununla birlikte, artan lif içeriğinin tarhananın tekstürel özelliklerini, özellikle kumluluk ve kıvam gibi parametreleri olumsuz etkilediğı gözlemlenmiştir. Benzer durum, literatürdeki diğeri yüksek lifli tahıl bazlı ürünler için de rapor edilmiştir. Optimize edilmiş karışım (OUT) ise, lif içeriğini başarılı bir şekilde artırırken tekstürel özelliklerdeki olumsuz etkileri minimize ederek, fonksiyonel

gıda üretiminde dengeli bir yaklaşım sunmaktadır.

Teff unu katkısının fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite üzerindeki olumlu etkisi, tarhananın fonksiyonel gıda niteliğini pekiştirmektedir. Teff unu oranının artmasıyla toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite seviyelerinde yükselme kaydedilmiş; bu durum, teff tanesindeki ferulik asit gibi biyoaktif bileşiklerin varlığıyla açıklanabilir. Elde edilen bu bulgular, teff ununun antioksidan kapasiteyi artırarak oksidatif stresle ilişkili hastalıkların önlenmesine potansiyel olarak katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Ancak, depolama süresince antioksidan aktivitedeki gözlenen azalma, fenolik bileşiklerin oksidasyona karşı duyarlılığını ve uygun depolama koşullarının kritik önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, tarhananın biyoaktif özelliklerini korumak için vakumlu paketlenme veya düşük sıcaklıkta depolama gibi yöntemlerin potansiyeli üzerine daha fazla araştırma yapılması tavsiye edilmektedir.

Duyusal analizler, teff unu katkısının tarhananın tüketici kabul edilebilirliği üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Optimize edilmiş karışım (OUT), tat, kıvam ve genel beğeni açısından kontrol örneğine yakın puanlar alırken, %100 teff unu içeren tarhana (TUT) koyu renk tonu ve kendine özgü yoğun tat profili nedeniyle daha düşük beğeni puanları almıştır. Bu durum, teff ununun kırmızı ve kahverengi çeşitlerindeki yüksek polifenol ve tanen içeriğiyle ilişkilendirilebilir. Literatürde, teff bazlı ürünlerin duyusal özelliklerini iyileştirmek amacıyla enzim kombinasyonları veya fermentasyon koşullarının optimizasyonu gibi yaklaşımlar önerilmektedir. Bu çalışmada belirlenen %36.73 teff unu oranı, duyusal kabul edilebilirliği korurken besinsel faydaları maksimize eden dengeli bir formülasyon olarak öne çıkmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, teff ununun duyusal özelliklerini daha da iyileştirmek için aroma maskeleyme teknikleri veya hibrid tahıl karışımları üzerine odaklanabilir.

Mikrobiyolojik açıdan bakıldığında, teff unu katkılı tarhanaların laktik asit bakterileri (LAB) içeriği, ürünün potansiyel probiyotik özelliklerini desteklemektedir. Düşük pH değeri ve nem içeriği, tarhananın patojen mikroorganizmalara karşı direncini artırmış, bu da geleneksel fermentasyon yöntemlerinin mikrobiyolojik güvenilirliğini doğrulamıştır. Ancak, depolama süresince maya ve küf sayılarındaki gözlemlenen artış, uzun süreli saklama için optimal ambalajlama koşullarının önemini ortaya koymaktadır. Bu durum, tarhananın ticari üretiminde aseptik paketlenme veya doğal koruyucu katkı maddelerinin kullanımını gerektirebilir. Ayrıca, teff ununun mikrobiyal profil üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı incelenmesi, ürünün probiyotik potansiyelini en üst düzeye çıkarmak adına faydalı olacaktır.

Fiziksel özellikler açısından, teff unu, tarhananın su ve yağ absorpsiyon kapasitesini artırmıştır. Bu durum, teff tanesinin kompleks karbonhidrat yapısı ve perikarp tabakasının varlığıyla ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, depolama süresince yağ absorpsiyon kapasitesindeki azalma, lipidlerin enzimatik veya oksidatif bozunmasına işaret etmektedir. Bu bulgu, tarhananın fonksiyonel özelliklerinin korunması için kontrollü depolama koşullarının gerekliliğini bir kez daha vurgulamaktadır. Literatürde, yüksek lifli tahıl ürünlerinde benzer tekstürel değişiklikler rapor edilmiştir; bu da teff bazlı tarhananın uzun raf ömrü için ek optimizasyon çalışmalarına ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Genel bir değerlendirme olarak, bu çalışma, teff ununun tarhana üretiminde kullanımının, ürünün besinsel ve fonksiyonel özelliklerini önemli ölçüde geliştirdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, duysal ve teknolojik özellikler açısından dikkatli bir optimizasyonun gerekli olduğu belirlenmiştir. Teff ununun glutensiz yapısı, tarhanayı çölyak hastaları ve gluten intoleransı olan bireyler için uygun bir seçenek haline getirirken, mineral ve lif içeriğindeki artış, ürünün fonksiyonel gıda pazarındaki potansiyelini artırmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, teff unu oranlarının farklı fermantasyon koşulları, çeşitli katkı maddeleri veya yenilikçi işleme teknikleriyle kombinasyonlarını inceleyerek, tarhananın duysal ve teknolojik özelliklerini daha da iyileştirebilir. Ayrıca, teff bazlı tarhananın biyoyararlılık ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendiren klinik çalışmaların yapılması, ürünün küresel beslenme çözümlerine katkısını daha da güçlendirecektir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma, geleneksel fermente tahıl-yoğurt ürünü olan tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla teff ununun kullanım potansiyelini incelemiştir. Buğday ununa %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında teff unu ikame edilerek üretilen tarhana örneklerinin genel beğeni durumuna göre, tarhana üretiminde kullanılabilecek olan en yüksek teff unu (%40) miktarı belirlenmiştir. Sonrasında ise, yanıt yüzey yöntemiyle belirlenen optimum karışım (%63.27 buğday unu ve %36.73 teff unu), besinsel zenginleştirme ile duyuusal kabul edilebilirlik arasında bir denge sağlamıştır. Kontrol (%100 buğday unu), optimum karışım ve %100 teff unu içeren tarhana örnekleri, 90 günlük depolama süresince 1. ve 90. günlerde analiz edilerek, teff unu katkısının tarhananın kalite parametreleri üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde ortaya konmuştur.

Teff ununun tarhana formülasyonuna dahil edilmesi, ürünün mineral kompozisyonunu belirgin şekilde iyileştirmiştir. Özellikle %100 teff unu içeren tarhana örnekleri (TUT), kontrol örneğine (%100 buğday unu, BUT) kıyasla demir içeriğini 20.15 mg kg⁻¹'den 61.26 mg kg⁻¹'e ve diyet lifini 4.18 mg g⁻¹'den 16.11 mg g⁻¹'e yükseltmiştir. Bu artış, teff ununun tam tahıl yapısı ve yüksek mineral içeriğiyle ilişkilendirilebilir. Özellikle demir içeriğinin buğday ununa göre 4-5 kat daha fazla olması, teff katkılı tarhanayı mineral eksikliklerinin giderilmesinde etkili bir gıda haline getirmektedir. Fermantasyon süreci, fitik asit içeriğini 0.00-3.00 mg g⁻¹ aralığına düşürerek mineral biyoyararlılığını artırmış ve tarhananın besinsel değerini güçlendirmiştir. Bu bulgular, teff ununun glutensiz yapısıyla birleştiğinde, tarhanayı çölyak hastaları ve mineral eksikliği riski taşıyan bireyler için uygun bir alternatif kıldığını göstermektedir.

Tarhananın fonksiyonel özelliklerinden biri olan diyet lifi içeriği, teff unu ilavesiyle önemli ölçüde artmıştır. %100 teff unu içeren tarhana örnekleri, kontrol örneğine kıyasla yaklaşık dört kat daha yüksek diyet lifi sergilemiştir. Bu artış, teff ununun yüksek lif oranı ve tam tahıl yapısından kaynaklanmaktadır. Diyet lifinin bağırsak mikrobiyotasını düzenleyici ve prebiyotik etkileri, tarhananın sindirim sağlığı üzerindeki olumlu rollerini pekiştirmiştir. Ayrıca, teff unu katkılı tarhanaların düşük glisemik indeks potansiyeli, kan şekeri regülasyonuna katkıda bulunarak diyabet yönetimi ve kilo kontrolü açısından avantaj sağlamaktadır. Ancak, yüksek lif içeriğinin tekstürel özellikleri olumsuz etkileyebileceği göz önünde bulundurulduğunda, optimum karışım (OUT) hem besinsel hem de duyuusal açıdan dengeli bir çözüm sunmaktadır.

Fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite, tarhananın fonksiyonel gıda niteliğini destekleyen diğer önemli parametrelerdir. Teff unu oranının artmasıyla fenolik madde içeriği 206.07 mg GAE kg⁻¹'den 314.08 mg GAE kg⁻¹'e, antioksidan aktivite ise %47.53'ten %62.07'ye yükselmiştir. Bu artış, teff tanesinde bulunan ferulik asit gibi fenolik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarıyla uyumludur. Teff unu katkılı tarhanaların antioksidan kapasitesindeki bu yükseliş, ürünün oksidatif stresi azaltma ve kronik hastalık risklerini düşürme potansiyelini artırmaktadır. Ancak, 90 günlük depolama süresince antioksidan aktivitede gözlenen azalma, oksidasyon reaksiyonları veya enzimatik aktivitelerle ilişkilendirilebilir. Bu durum, tarhananın besinsel faydalarının korunması için düşük nem ve oksijen temasıyla depolama koşullarının önemini vurgulamaktadır.

Duyusal analiz sonuçları, optimum karışımın (OUT), tat (8.67), kıvam (9.00) ve genel kabul edilebilirlik (8.67) açısından yüksek puanlar alarak, kontrol örneğine yakın bir beğeni düzeyi sunduğunu göstermiştir. Buna karşın, %100 teff unu içeren tarhana (TUT), koyu renk tonu (L* 74.11) ve kendine özgü tat profili nedeniyle daha düşük duyusal puanlar elde etmiştir. Bu durum, teff ununun duyusal özelliklerini iyileştirmek için enzim kombinasyonları veya özel üretim protokolleri gibi ek optimizasyon çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. %36.73 teff unu oranı, besinsel faydaları korurken duyusal kabul edilebilirliği dengeleyen bir formülasyon olarak öne çıkmaktadır.

Mikrobiyolojik açıdan, teff unu katkılı tarhanaların laktik asit bakterileri (LAB) içeriği (6.25-6.87 log kob g⁻¹), probiyotik özelliklerini desteklemiş ve bağırsak sağlığı ile bağışıklık sistemine katkıda bulunmuştur. Düşük pH (4.47-4.65) ve nem içeriği (%6.97-8.21), tarhanayı patojenlere karşı dirençli hale getirmiştir. Ancak, depolama süresince maya ve küf sayılarında gözlenen artış, uzun süreli saklama için ambalajlama koşullarının iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Fiziksel özellikler bağlamında, teff unu ilavesi su (0.65-0.89 ml g⁻¹) ve yağ absorpsiyon kapasitesini (0.66-0.82 ml g⁻¹) artırmıştır. Ancak, depolama süresince yağ absorpsiyon kapasitesinde gözlenen azalma, lipidlerin enzimatik parçalanması veya oksidasyonu ile ilişkilendirilebilir ve düşük sıcaklıkta depolamanın önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

7. ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları, teff ununun tarhana üretiminde kullanımının, ürünün besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, teknolojik ve duyuşal özellikler açısından dikkatli bir optimizasyonun gerekli olduğu da belirlenmiştir. Teff ununun glutensiz yapısı sayesinde, tarhananın çölyak hastaları ve glüten intoleransı olan bireyler için uygun bir alternatif haline gelme potansiyeli bulunmaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalar, teff unu oranlarının farklı fermantasyon koşulları ve çeşitli katkı maddeleriyle olan kombinasyonlarını inceleyerek, ürünün duyuşal ve teknolojik özelliklerini daha da iyileştirmeye odaklanabilir. Ayrıca, teff bazlı tarhananın insan sağlığı üzerindeki biyoyararlılık ve uzun vadeli etkilerini değerlendirecek klinik çalışmaların yapılması, ürünün fonksiyonel gıda pazarındaki konumunu daha da güçlendirecektir.

KAYNAKLAR

- AACC (2010). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of Analysis 11th Edition, Cereals & Grains Association: St. Paul, MN, U.S.A.
- Abdel-Aal, E., Wood, P. (2005). *Specialty Grains for Food and Feed*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 413 pp.
- Adebowale, A. R. A., Emmambuxa, M. N., Beukes, M., Taylor J. R. N. (2011). Fractionation and characterization of teff proteins. *Journal of Cereal Science*, 54(2011), 380-386. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.08.002>
- Adom, K. K., Liu, R. H. (2002). Antioxidant Activity of Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6182-6187. <https://doi.org/10.1021/jf0205099>
- Affonfere, M., Chadare, F. J., Fassinou, F. T. K., Linnemann, A. R., Duodu, K. G. (2023). In-vitro digestibility methods and factors affecting minerals bioavailability: A review. *Food Reviews International*, 39(2), 1014-1042. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1928692>
- Akachat, B., Himed, L., Salah, M., D'elia, M., Zomorroda, S., Ali, R., Rastrelli, L., Barkat, M. (2025). Optimization of pectin extraction from lemon peels using hydrochloric acid and response surface methodology. *Applied Food Research*, 5, 100948. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100948>
- Akan, S., Özdestan Ocak, Ö. (2019). Evaluation of storage time and grape seed extract addition on biogenic amines content of tarhana: A cereal-based fermented food. *LWT - Food Science and Technology*, 111, 861-868. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.109>
- Akan, S., Özdestan Ocak, Ö. (2021). Influence of grape seed extract on suppression of biogenic amine accumulation, chemical and color traits of wet tarhana during fermentation. *Food Bioscience*, 42, 101065. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101065>
- Aktaş, K., Akın, N. (2020). Influence of rice bran and corn bran addition on the selected properties of tarhana, a fermented cereal based food product. *LWT-Food Science and Technology*, 129, 109574. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109574>
- Alaunyte, I., Stojceska, V., Plunkett, A., Ainsworth, P., Derbyshire, E. (2012). Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 55, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.005>
- Altundağ, Ö. Ö., Kenger, E. B., Ulu, E. K. (2020). Farklı Tarhana Türlerinin Sağlık Yönünden Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma. *Sağlık Akademisi Kastamonu*, 5(2), 143-157. <https://doi.org/10.25279/sak.458051>
- Anderson, J. W., Baird, P., Davis, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A.,

- Waters, V., Williams, C. L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x>
- Anonim, (2013). *Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği*, Tebliğ No: 2013/9, Resmi Gazete Tarihi: 02.04.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28606
- Avcı, A., Akçay, F. A., Can, C., Demir, S. (2019). Mısır Unu ve Kefir Kullanılarak Üretilen Tarhanaların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Food and Health*, 5(3), 168-174. <https://doi.org/10.3153/FH19018>
- Awol, S. J., Kidane, S. W., Bultosa, G. (2024). The effect of extrusion condition and blend proportion on the physicochemical and sensory attributes of teff- soybean composite flour gluten free extrudates. *Measurement: Food*, 13, 100120. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2023.100120>
- Aytunç, R., Özsisli, B. (2020). Determination of Some Properties of the Traditional Maras Tarhana Produced by Tempered Corn Addition. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(5), 1067-1073. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i5.1067-1073.3273>
- Babatunde Obilana, A., Manyasa, A. (2002). Millets. İçinde: Belton, P. S. and Taylor, J. R. (eds) *Pseudocereals and Less Common Cereals*. Berlin: Springer- Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7_6
- Bek, Y., Efe, E. (1995). *Araştırma ve Deneme Metotları*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi. Ders Notları, No:71, Adana, 200 s.
- Belton, P. S., Taylor, J. R. N. (2002). *Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential*. Springer, Berlin, 269 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7>
- Bilgiçli, N. (2004). *Tarhananın fitik asit içeriği ve bazı besin öğeleri üzerine maya, malt ve fitaz katkılarının etkileri* (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi.
- Bilgiçli, N. (2009). Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT - Food Science and Technology*, 42, 514-518. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.006>
- Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E. N., Türker, S., Ertaş, N., İbanoğlu, Ş. (2006b). Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*, 77, 680-686. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.07.030>
- Bilgiçli, N., Elgün, A., Türker, S. (2006a). Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of tarhana. *Food Chemistry*, 98, 329-337 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.078>
- Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş. (2007). Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, a wheat flour-yoghurt mixture. *Journal of Food Engineering*, 78, 681-686. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.012>
- Blandino, A., Al-Aseeri, M.E., Pandiella, S. S., Cantero, D., Webb, C. (2003). Cereal-

- based fermented foods and beverages. *Food Research International*, 36, 527-543. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00009-7)
- Bozkurt, O., Gürbüz, O. (2008). Comparison of lactic acid contents between dried and frozen tarhana. *Food Chemistry*, 108, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.063>
- Bultosa, G. (2016). Teff: Overview. İçinde: C. Wrigley, H., Corke, K., Seetharaman, J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of food grains* (2nd ed., pp. 209-220). Oxford: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00018-8>
- Bultosa, G., Hall, A. N., Taylor, J. R. N. (2002). Physico-chemical characterization of grain tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] starch. *Starch*, 54, 461-468.
- Bultosa, G., Taylor, J. R. N. (2004). TEFF. İçinde: Wrigley, C., Corke, H. Walker, C. (eds). *Encyclopedia of Grain Science*. Oxford: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-765490-9/00172-5>
- Callejo, M. J., Benavente, E., Ezpeleta, J. I., Laguna, M. J., Carrillo, J. M., Rodríguez-Quijano, M. (2016). Influence of teff variety and wheat flour strength on breadmaking properties of healthier teff-based breads. *Journal of Cereal Science*, 68, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.11.005>
- Campo, E., Del Arco, L., Urtasun, L., Oria, R., Ferrer-Mairal, A. (2016). Impact of sourdough on sensory properties and consumers preference of gluten-free breads enriched with teff flour. *Journal of Cereal Science*, 67, 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.09.010>
- Cangi, R., Yıldız, M., Yağcı, A., Kaya, C. (2011). *Tokat'tan Geleneksel Bir Lezzet Üzüm Tarhanası*. 6th Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Şanlıurfa, Turkey, 4-8.
- Cankurtaran, T., Ceylan, H., Bilgiçli, N. (2020). Effect of partial replacement of wheat flour by taro and Jerusalem artichoke flours on chemical and sensory properties of tarhana soup. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14826. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14826>
- Cankurtaran-Kömürcü, T., Bilgiçli, N. (2022). Effect of ancient wheat flours and fermentation types on tarhana properties. *Food Bioscience*, 50, 101982. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101982>
- Cetin, R. U., Kilci, Z., Ates, K., Kaya, D., Akpınar-Bayazit, A. (2024). From Traditional to Exceptional: Impact of the Use of Dried Chicken Meat Powder on Sensory and Nutritional Quality of Tarhana. *Fermentation*, 10, 501. <https://doi.org/10.3390/fermentation10100501>
- Chandimali, N., Bak, S. G., Park, E. H., Lim, H. J., Won, Y. S., Kim, B., Lee S. J. (2024). Bioactive peptides derived from duck products and by-products as functional food ingredients. *Journal of Functional Foods*, 113, 105953. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105953>
- Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: from plants to foods. *Phytochem Rev*, 11, 153-177. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9242-8>

- Collar, C., Angioloni, A. (2014). Pseudocereals and teff in complex breadmaking matrices: Impact on lipid Dynamics. *Journal of Cereal Science*, 59, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.12.008>
- Coşkun, F. (2003). Tarhana ve beslenme yönünden önemi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 3, 46-49.
- Coşkun, F. (2014). Tarhananın Tarihi ve Türkiye'de Tarhana Çeşitleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3), 69-79.
- Çakır, A., Çakır, G., Kolukırmık, C. (2010). *Trakya Tarhanası çeşitlerinden biri olan kıymalı Tarhana* (Poster). 1. Uluslararası Adriyatik'ten Kafkaslar'a Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 15-17 Nisan, Tekirdağ, Türkiye.
- Çeltik, C., Tayfun, K., Müslümanoğlu, A.Y. (2022). Simbiyotik Özellikli Gıdalar. *Journal of Integrative and Anatolian Medicine*, 3(2), 3-12. <https://doi.org/10.53445/batd.1058749>
- Çoban, E.Ö., Patır, B. (2010). Antioksidan Etkili Bazı Bitki ve Baharatların Gıdalarda Kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 7-19.
- Çoban, N. (2022). Besleyici Değeri Yüksek Vegan Tarhana Üretimi ve Optimizasyonu (Yüksek Lisans Tezi). Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi.
- Çolak, H., Hampikyan, H., Bingol, E. B., Cetin, O., Akhan, M., Turgay, S. I. (2012). Determination of mould and aflatoxin contamination in tarhana, a Turkish fermented food. *The Scientific World Journal*, (1), 218679. <https://doi.org/10.1100/2012/218679>
- Dağ, Ü., İnanç, A. L. (2019). Farklı Kültürler Kullanılarak Üretilen Yoğurtların Maraş Tarhanasına Etkileri. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(1), 1-9. <https://doi.org/10.17780/ksujes.436311>
- Değirmencioğlu, N., Gürbüz, O., Herken, E. N., Yurdunuseven Yıldız, A. (2016). The impact of drying techniques on phenolic compound, total phenolic content and antioxidant capacity of oat flour tarhana. *Food Chemistry*, 194, 587-594. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.065>
- Demir, M. K. (2008). Geleneksel tarhana üretiminde tam buğday ununun kullanımı. *Akademik Gıda*, 16(2), 148-155. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.449606>
- Demirci, A. S., Palabıyık, I., Ozalp, S., Tırpancı Sivri, G. (2019). Effect of using kefir in the formulation of traditional Tarhana. *Food Sci. Technol, Campinas*, 39(2), 358-364. <https://doi.org/10.1590/fst.29817>
- Denic, S., Agarwal, M. M. (2007). Nutritional iron deficiency: an evolutionary perspective. *Nutrition*, 23, 603-614. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2007.05.002>
- Dhanyalakshmi, K. H., Mohan, R., Behera, S., Jha, U. C., Moharana, D., Behera, A., Thomas, S., Soumya, P. R., Sah, R. P., Beena, R. (2024). Next Generation Nutrition: Genomic and Molecular Breeding Innovations for Iron and Zinc Biofortification in Rice. *Rice Science*, 31(5), 526-544. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2024.04.008>

- Di Ghionno, L., Sileoni, V., Marconi, O., De Francesco, G., Perretti, G. (2017). Comparative study on quality attributes of gluten-free beer from malted and unmalted teff [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 746-752. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.044>
- Dueñas, M., Sánchez-Acevedo, T., Alcalde-Eon, C., Escribano-Bailón, M. T. (2021). Effects of different industrial processes on the phenolic composition of white and brown teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter). *Food Chemistry*, 335, 127331. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127331>
- Ekinci, R. (2005). The effect of fermentation and drying on the water-soluble vitamin content of tarhana, a traditional Turkish cereal food. *Food Chemistry*, 90, 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.036>
- El-Alf, Y. T. S., Ezzat, S. M., Sleem, A. A. (2011). Chemical and biological study of the seeds of *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter. *Natural Product Research*, 26, 619-629. <https://doi.org/10.1080/14786419.2010.538924>
- Erbaş, M., Uslu, M. K., Erbaş, M. O., Certel, M. (2006). Effects of fermentation and storage on the organic and fatty acid contents of tarhana, a Turkish fermented cereal food. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 294-301. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.12.002>
- Erilmez İlter, B. (2022). Kumkuat Unu İlavesi ile Fonksiyonel Tarhana Geliştirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi.
- Erinç, H., Çifçi, S. (2018). Maraş Tarhanası Üretiminde Kefir Kullanımının Son Ürün Üzerine Etkileri. *Gıda*, 43(1), 114-121. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17105>
- Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H. (2006). A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana. *Food Chemistry*, 97, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.018>
- Ertaş, N., Sert, D., Demir, M. K., Elgün, A. (2009). Effect of Whey Concentrate Addition on the Chemical, Nutritional and Sensory Properties of Tarhana (a Turkish Fermented Cereal-based Food). *Food Sci. Technol. Res.*, 15(1), 51-58. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.51>
- Esimek, H. (2010). Tarhananın Besinsel Lif İçeriği ve Antioksidatif Özelliklerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi.
- Firew, G. A. (2010). Cultivation and consumption of teff in Gojjam Highlands: implication for understanding the beginning of food production in Ethiopia. *Nyame Akuma*, 73, 77-87.
- Forsido, S. F., Rupasinghe, H. P. V., Astatkie, T. (2013). Antioxidant capacity, total phenolics and nutritional content in selected ethiopian staple food ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(8), 915-920. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.806448>

- Gamboa, P. A., Ekris, L. V. (2008). Teff: survey on the nutritional and health aspects of teff (*Eragrostis tef*). *Memorias, Red-alfa Lagrotech., Comunidad Europea, Cartagena*, 319-367.
- Gebremariam, M., Zarnkow, M., Becker, T. (2012). 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*, 51, 2881-2895. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0745-5>
- Gebremariam M. M., Zarnkow, M., Becker, T. (2014). Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: A review. *J Food Sci Technol*, 51(11), 2881-2895. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0745-5>
- Gee, V.L., Vasanthan, T., Temelli, F. (2007). Viscosity of Model Yogurt Systems Enriched with Barley Beta-Glucan as Influenced by Starter Cultures. *Int. Dairy Journal*, 17, 1083-1088. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.004>
- Gonzalez, L., Munoz-Farina, O., Fernandez-Guerrero, Y., Garcia, O., Ravanal, M. C. (2025). Assessment of essential mineral (Ca, Mg, P, K, Na, Cu, Fe, and Zn) intakes from cuban diets and their health implications: Insights from a total diet study. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 89, 127649. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2025.127649>
- Göncü, A., Çelik, İ. (2020). Investigation of some properties of gluten-free tarhanas produced by red, green and yellow lentil whole flour. *Food Sci. Technol, Campinas*, 40(Suppl.2), 574-581. <https://doi.org/10.1590/fst.34919>
- Güler, M. B. (1993). Çukurova Bölgesi Tarhanalarının Üretim Yöntemleri, Özellikleri ve Tarhana Üretiminde Soya Unundan Yararlanma Olanakları Üzerine Bazı Araştırmalar (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi.
- Güven, F. (2023). Bonkalite Un Kullanarak Tarhananın Besleyicilik ve Fonksiyonel Özelliklerinin Geliştirilmesi ve İstant Tarhana Üretimi (Yüksek Lisans Tezi). Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.
- Hídvégi, M., Lásztity, R. (2002). Phytic Acid Content of Cereals and Legumes and Interaction with Proteins. *Eriodica Polytechnica Ser. Chem. Eng.*, 46(1-2), 59-64.
- Henry, P., Edward, M. J., Essien, N. A., Emmanuel, I. C. (2016). Nutritional Evaluation of Breadfruit and Beniseed Composite Flours. *American Journal of Food Science and Technology*, 4(6), 182-187. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.02.00056>
- Hopman, E., Dekking, L., Blokland, M., Wuisman, M., Zuijderduin, W., Koning, F., Schweizer, J. (2008). Teff in the diet of celiac patients in The Netherlands. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 43, 277-282. <https://doi.org/10.1080/00365520701714871>
- Hoseney, R. C., 1994. *Principles of cereal science and technology*. St. Paul (MN): American Association of Cereal Chemists.

- İbanoğlu, Ş. (2004). Effect of dilute lactic acid hydrolysis on the cooked viscosity of a fermented white wheat flour-yogurt mixture. *Journal of Food Engineering*, 64, 343-346. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.11.001>
- Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Hayes, G. D. (1997). In vitro protein digestibility and content of thiamin and riboflavin in extruded tarhana, a traditional Turkish cereal food. *Food Chemistry*, 58(1-2), 141-144. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00233-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00233-6)
- Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Wilson G., Hayes, G. D. (1995). The effect of fermentation conditions on the nutrients and acceptability of tarhana. *Food Chemistry*, 53(1995), 143-147. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)90779-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)90779-7)
- Ibanoglu, S., Ibanoglu, E., Ainsworth, P. (1999). Effect of different ingredients on the fermentation activity in tarhana. *Food Chemistry*, 64, 103-106. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00071-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00071-5)
- Işık, F. (2013). Salça üretim atıklarının tarhana üretiminde kullanımı. (Doktora Tezi). Pamukkale Üniversitesi.
- Işık, M. S., Bilgin, R., Gökırmaklı, Ç., Şatır, G., Güzel-Seydim, Z. B. (2023). Fonksiyonel Özellikleri Geliştirilmiş Tarhana Üzerine Farklı Kurutma Yöntemlerinin Etkilerinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 11(3), 460-469. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.460-469.5732>
- Işık Erol, N. (2010). Keçiboynuzlu Tarhana Üzerine Bir Araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Ju, A., Song, K. B. (2019). Development of teff starch films containing camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc.Vaugh) extract as an antioxidant packaging material. *Industrial Crops & Products*, 141, 111737. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111737>
- Kahlon, T. S., Chiu M. C. M. (2015). Teff, Buckwheat, Quinoa and Amaranth: Ancient Whole Grain Gluten-Free Egg-Free Pasta. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 1460-1467 <https://doi.org/10.4236/fns.2015.615150>
- Karaçoban, İ. (2022). Defitinize Teff Ununun Bisküvi Üretiminde Kullanım Olanakları (Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Kearney, N., Stack, H. M., Tobin, J. T., Chaurin, V., Fenelon M. A., Fitzgerald, G. F., Ross, R. P., Stanton, C. (2011). Lactobacillus Paracasei NFBC 338 Producing Recombinant Beta- Glucan Positively Influences the Functional Properties of Yoghurt. *Int. Dairy Journal*, 21, 561-567. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.03.002>
- Ketema, S. (1997). *Tef: Eragrostis tef (Zucc.) Trotter*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).
- Khatun, S., Mollah, M. I. (2024). Analysis of black rice and some other cereal grains for protein, sugar, polyphenols, antioxidant and anti-inflammatory properties. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101121.

<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101121>

- Kılıcı, A., Gocmen, D. (2014). Phenolic acid composition, antioxidant activity and phenolic content of tarhana supplemented with oat flour. *Food Chemistry*, 151, 547-553. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.038>
- Kılıç Keskin, H., Bilgiçli, N., Yaver, E. (2022). Development of gluten-free tarhana formulations: Part II. Utilization of legume composite flours and baker's yeast. *Food Bioscience*, 47, 101692. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101692>
- Kılınççeker, O., Karahan, A. M. (2019). Tef (Eragrostic Tef) Tohumu Ununun Balık Köfte Üretiminde Kullanım Olanakları. *ADYÜTAYAM*, 7(2), 27-35.
- Kiewlicz, J., Rybicka, I. (2020). Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes. *Food Chemistry*, 305, 125452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125452>
- Koksel, H., Ozkan, K., Tekin-Cakmak, Z.H., Karasu, S., Kahraman, K., Oruc, S., Sagdic, O., Sestili, F. (2024b). A functional barley-based fermented soup (tarhana) with high β -glucan content. *European Food Research and Technology*, 251, 57-68. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04612-x>
- Koksel, H., Tekin-Cakmak, Z.H., Ozkan, K., Pekacar, Z., Oruc, S., Kahraman, K., Ozer, C., Sagdic, O., Sestili, F. (2024a). A Novel high-amylose wheat-based functional cereal soup (tarhana) with low glycemic index and high resistant starch. *Journal of Cereal Science*, 117, 103911. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103911>
- Kouame, K. J. E. P., Bora, A. F. M., Li, X., Liu, L., Coulibaly, I., Sun, Y., Hussain, M. (2023). New insights into functional cereal foods as an alternative for dairy products: A review. *Food Bioscience*, 55, 102840. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102840>
- Köse, E., Süngü Çağındı, Ö. (2002). An investigation into the use of different flours in tarhana. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 219-222. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00559.x>
- Köten, M. (2021). Development of tef [Eragrostis tef (Zucc.) Trotter] based gluten-free tarhana. *J. Food Process Preserv.* 45, e15133. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15133>
- Köten, M., Karahan, A.M., Eren Karahan, L., Yazman, M.M. (2019). "Tarhananın Besinsel Önemi ve Fonksiyonel Bileşenlerce Zenginleştirilmesi". *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(3), 120-129.
- Kurt, E., Levent, H. (2023). Ultrason destekli çimlendirilmiş maş fasulyesi ununun tarhana kalitesine etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg.*, 27(4), 531-544. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1360809>
- Marti, A., Marengo, M., Bonomi, F., Casiraghi, M. C., Franzetti, L., Pagani, M. A., Iametti, S. (2017). Molecular features of fermented teff flour relate to its suitability for the production of enriched gluten-free bread. *LWT – Food*

- Science and Technology*, 78, 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.042>
- Mehmood, T. (2015). Optimization of the canola oil based vitamin E nanoemulsions stabilized by food grade mixed surfactants using response surface methodology. *Food Chemistry*, 183, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.021>
- Mengesha, M. H. (1966). Chemical composition of teff (*Eragrostis Tef*) compared with that of wheat, barley and grain sorghum. *Economic Botany*, 20, 268-273. <https://doi.org/10.1007/BF02904277>
- Minarovičová, L., Lauková, M., Karovičová, J., Kohajdová, Z., Kepičová, V. (2019). Gluten-Free Rice Muffins Enriched With Teff Flour. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 187-193 <https://doi.org/10.5219/1045>
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology : Process and Product Optimization Using Designed Experiments* (Fourth Edition). Wiley.
- O'Callaghan, Y. C., Shevade, A. V., Guinee, T. P., O'connor, T. P., O'brien, N. M. (2019). Comparison of the nutritional composition of experimental fermented milk:wheat bulgur blends and commercially available kishk and tarhana products. *Food Chemistry*, 278, 110-118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.026>
- Oğurlu, M. N., Tarakçı, Z. (2023). Effect of Hazelnut Pulp Addition on Physical and Chemical Properties of Tarhana. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 26(6), 1358-1367. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1197006>
- Olçay, N. (2024). Çimlendirilmiş Amarant (*Amaranthus* sp.) ve Karabuğday (*Fagopyrum* sp.) Tohumlarının Ekmek ve Tarhana Üretiminde Kullanımı (Doktora Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Özdemir, N., Alkan, L. B., Çon, A. H. (2012). Taze ve Depolanmış Kastamonu Yaş Tarhanasının Mikrobiyolojik Kalitesi. *Alinteri*, 22(B), 35-40.
- Özdemir, N., Yazıcı, G., Şimşek, Ö., Özkal, S. G., Çon A. H. (2018). The effect of lactic acid bacteria and yeast usage on aroma development during tarhana fermentation. *Food Bioscience*, 26, 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.09.004>
- Pathare P. B., Opara, U. L., Al-Said, F. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol.*, 6, 36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Perera, I., Seneweera, S., Hirotsu, N. (2018). Manipulating the Phytic Acid Content of Rice Grain Toward Improving Micronutrient Bioavailability. *Rice*, 11, 4. <https://doi.org/10.1186/s12284-018-0200-y>
- Rani, V., Arora, A., Ruba, P.H., Jain, A. (2018). *Composition of Functional Food in World Diet. In: Functional Food and Human Health* (Eds: Rani and Yadav). Springer Nature Singapore Pte Ltd. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1123-9_1
- Roberfroid, M. B. (2000). Defining functional foods. İçinde: *Functional Foods:*

- Concept to Product* (Eds. Gibson and Williams, 2000). Woodhead Publishing Limited, England. <https://doi.org/10.1201/9781439822838.ch1>
- Sabuncu, M. (2024). Glutensiz Tarhana Üretiminde Mor Patates Unu Kullanımının Araştırılması (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi.
- Saha, J., Biswas, A., Chhetri, A., Sarkar, P. K. (2011). Response surface optimisation of antioxidant extraction from kinema, a *Bacillus*-fermented soybean food. *Food Chemistry*, 129, 507-513. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.108>
- Salçın, N., Ercoşkun, H. (2021). Diyet Lifi ve Sağlık Açısından Önemi. *Akademik Gıda*, 19(2), 234-243 <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.977432>
- Salma, I. M., Rizk, I. R. S., Nagwa, M. H. R., Samar, M. M. (2019). Effect of substitution of wheat flour with oat and barley meal on the functional, rheological and sensory properties of tarhana. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 27(1), 455-465. <https://doi.org/10.21608/ajs.2019.43584>
- Sarı, B. (2022). Maraş Tipi Tarhanada Formülasyonun ve Fermentasyon Sürecinin Ürünün Gluten Seviyesi ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi.
- Sengun, I. Y., Nielsen, D. S., Karapinar, M., Jakobsen, M. (2009). Identification of lactic acid bacteria isolated from Tarhana, a traditional Turkish fermented food. *International Journal of Food Microbiology*, 135, 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.07.033>
- Seyfu, K. (1997). *Tef. Eragrostis tef (Zucc.) Trotter. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops*. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research; Gatersleben: International Plant Genetic Resources Institute.
- Shahidi, F., Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, 757-781. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047>
- Silva, P. M., Vicente, A. A., Cerqueira, M. A., Pastrana, L., Van Bockstaele, F., Coimbra, M. A., Tzompa-Sosa, D., Dewettinck, K. (2024). Development of functional foods: Consumer acceptance of resveratrol-loaded crackers and cookies. *Future Foods*, 10, 100459. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100459>
- Soğuksulu, S., Balpetek-Külcü, D. (2023). Determining Some Quality Characteristics of Vegan Tarhana Added with Red Beet (*Beta Vulgaris* Var. Cruenta) Powder. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 66, e23220844. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220844>
- Sonnenburg E. D., Sonnenburg J. L. (2014). Starving our microbial self: the deleterious consequences of a diet deficient in microbiota-accessible carbohydrates. *Cell Metabol.*, 20, 779e86. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2014.07.003>
- Soyuçok, A., Zafer Yurt, M. N., Altunbas, O., Ozalp, V. C., Sudagidan, M. (2021). Metagenomic and chemical analysis of Tarhana during traditional fermentation process. *Food Bioscience*, 39, 100824.

<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100824>

- Süfer, Ö., Bozok, F. (2021). Gluten-free tarhana fortified with different ratios of edible mushroom *Lactarius deliciosus*. *International Food Research Journal*, 28(6), 1131-1140 <https://doi.org/10.47836/ifrj.28.6.04>
- Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28(4), 385-389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>
- Şahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A. A. (2008). Physical, Chemical and Flavour Quality of Non-Fat Yogurt as Affected by a Beta-Glucan Hydrocolloidal Composite during Storage. *Food Hydrocolloids*, 22(7), 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.06.010>
- Şanlıdere Ałoğlu, H. (2021). Teff (*Eragrostic Tef*) Ununun Ekmek Üretiminde Kullanımı ve Transglutaminaz Enziminin Üretime Etkisi. *Aloğlu/Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 7-1, 107-121. <https://doi.org/10.34186/klujes.947592>
- Şensoy, E., Tarakçı Z. (2023). Effect of Almond Pulp Addition on Physical, Chemical and Functional Properties of Tarhana. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(3), 620-630. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1200426>
- Şimşek, Ö., Özel, S., Çon, A. H. (2017). Comparison of lactic acid bacteria diversity during the fermentation of Tarhana produced at home and on a commercial scale. *Food Science and Biotechnology*, 26, 181-187. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0024-3>
- Şimşekli, N., Doğan, İ. S. (2015). Geleneksel ve Fonksiyonel Ürün Olarak Maraş Tarhanası. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(4), 33-40.
- Tarakci, Z., Anil, M., Koca, I., Islam, A. (2013). Effects of adding cherry laurel (*Laurocerasus officinalis*) on some physicochemical and functional properties and sensorial quality of tarhana. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 5(4), 347-355. <https://doi.org/10.3920/QAS2012.0155>
- Taşdelen, E., Şimşek, Ö. (2021). The effects of ropy exopolysaccharide-producing *Lactiplantibacillus plantarum* strains on tarhana quality. *Food Bioscience*, 43(2021), 101282. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101282>
- Taşoğulları, N. (2017). Kurutulmuş ve Ambalajlanmış Tarhananın Kalite Özellikleri Üzerine Işınlamanın Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi.
- Taşoğulları, N., Şimşek, Ö. (2020). The Effectt of Irradiation on the Quality Properties of Tarhana. *Appl. Sci.*, 10, 4749. <https://doi.org/10.3390/app10144749>

- Taylor, J. R. N. (2017). Environmental, Nutritional, and Social Imperatives for Ancient Grains. In: Gluten-Free Ancient Grains (Editors: Taylor and Awika), pp. 1-10 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00001-7>
- TSE (2002). *Tarhana Standardı TS 2282*. Ankara, Türk Standartları Enstitüsü.
- Tunick, M. (2000). Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture. *Journal of Dairy Science*, 83, 1892-1898. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75062-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75062-4)
- Vignesh, A., Amal, T.C., Sarvalingam, A., Vasanth, K. (2024). A review on the influence of nutraceuticals and functional foods on health. *Food Chemistry Advances*, 5, 100749. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100749>
- Wang, N., Maximiuk, L., Fenn, D., Nickerson, M. T., Hou, A. (2020). Development of a method for determining oil absorption capacity in pulse flours and protein materials. *Cereal Chemistry*, 97, 1111-1117. <https://doi.org/10.1002/cche.10339>
- Weber, E. J. (1987). Lipids of the kernel. İçinde: Watson, S.A. ve Ramstad, P.E. (eds) *Corn: Chemistry and Technology*. St Paul, MN: AACC International, Inc.
- Wu, P., Tian, J. C., Walker, C. E., Wang, F. C. (2009). Determination of phytic acid in cereals- a brief review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1671-1676. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01991.x>
- Yıldırım, Ç., Güzeler, N. (2016). Tarhana Cipsi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD, Özel Sayı*, 1-8. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.210953>
<https://doi.org/10.17100/nevbiltek.16158>
- Yılmaz, M. S. (2024). Diyet Lifleri: Tanımı, Türleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımları. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 924-952. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1277961>
- Yoğurtçu, H. (2019). Yanıt yüzey metodu kullanarak mikrodalga ile elma kurutmanın optimizasyonu. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(3), 1365-1376.
- Yörükoğlu, T., Dayısoylu, K. S. (2016). Yöresel Maraş tarhanasının fonksiyonel ve kimyasal bazı özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1), 53-63.
- Yükselci Kilci, A. (2012). Yulaf Katkısının Tarhana Kalitesine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi.
- Zannini, E., Jones, J. M., Renzetti, S., Arendt, E. K. (2012). Functional replacements for gluten. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 227-245. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101203>
- Zhu, F. (2018). Chemical composition and food uses of teff (*Eragrostis tef*). *Food Chemistry*, 239, 402-415. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.101>

EKLER

EK 1

Panelist Adı-Soyadı:.....

Tarih:.....

Size verilen tarhana çorbası örneklerini aşağıda verilen sıraya göre, ta-aroma, renk, koku, kıvam, kumluluk, ekşilik ve genel beğeniniz yönünden değerlendiriniz. Ürünün sizde bıraktığı etkiye göre, aşağıdaki skalayı kullanarak 1-9 arasında bir puan veriniz. Puanlamada; 1= Çok çok kötü, 5= Ne kötü ne iyi, 9= Çok çok iyiye eşittir.

TAT-AROMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

RENK

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

KOKU

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

KIVAM

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

KUMLULUK

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

EKŞİLİK

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

GENEL BEĞENİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Not: Lütfen örnekleri, tercihinize göre aşağıda sıralayınız.

- 1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10)
11) 12) 13)

Tarhana Çorbası Duyusal Analiz Formu