



**KUM DARININ (*Panicum miliaceum* L.)
GLÜTENSİZ EKMEK YAPIMINDA
KULLANIMI**

İlke GÜLTEKİN

Yüksek Lisans Tezi

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
2021**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KUM DARININ (*Panicum miliaceum* L.) GLÜTENSİZ EKMEK
YAPIMINDA KULLANIMI**

İlke GÜLTEKİN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

İlke GÜLTEKİN

İMZA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KUM DARININ (*Panicum miliaceum* L.) GLÜTENSİZ EKMEK YAPIMINDA

KULLANIMI

İlke GÜLTEKİN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

Tez kapsamında, kum darının (*Panicum miliaceum* L.) glütensiz ekmek yapımında kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada öncelikle kum darının çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz edilmiş ve laboratuvar değirmeninde öğütülerek un haline getirilmiştir. Kum darı unu ekmek formülasyonuna %0 (kontrol unu olarak %50 pirinç unu+%50 mısır unu), %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında eklenmiş, geriye kalan kısımlar eşit oranda mısır ve pirinç unu ile tamamlanmıştır. Tüm un karışımlarına, ön denemelerle belirlenen miktarda tuz, ayçiçek yağı, DATEM, ekmek mayası, keçiyoynuzu gamı ve kristal şeker ilave edilerek toplam 6 farklı glütensiz un paçalı hazırlanmıştır. Un paçalarının fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal analizleri yapılmıştır. Direkt hamur yöntemi modifiye edilerek un paçalarından aynı üretim prosesiyle glütensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikleri analiz edilmiştir. Glütensiz ekmek örneklerinde yapılan analizlerde; formülasyondaki darı unu miktarı arttıkça protein, yağ, kül, asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite ile Na, Mg, K, P, Fe, Mn ve Zn miktarları ve sertlik değerleri artış gösterirken, ekmek içi ve kabuk rengi değerleri (L^* , a^* ve b^*), nem oranları, kalsiyum (Ca) içerikleri, esneklik değerleri, ekmek içi yapışkanlık değerleri ve çignenebilirlik değerleri azalmıştır. Söz konusu artış ve azalmalar istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) oluşturmuştur. Duyusal analiz sonucunda; değerlendirilen tüm kriterlerde darı unu içeriği arttıkça panelistlerin verdiği puanlar düşüş göstermiş ve istatistiksel olarak da söz konusu düşüşler anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) oluşturmuştur. Kum darı unu içeriği yüksek olan ($>%40$) ekmekler ağızda acımsı-buruk bir tat bırakmıştır. Bu olumsuzluğun, kum darının fenolik madde içeriğinin yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Genel beğeni puanlarına göre en çok beğenilen ekmekler, %20 ve %40 kum darı unu içeren glütensiz ekmekler ile kum darı unu içermeyen kontrol ekmeği olmuştur. Formülasyonda kum darı unundaki artışın, glütensiz ekmek örneklerinin besin içeriğini olumlu yönde etkilerken, yüksek oranda ($>%40$) kullanılmasının tekstürel ve duyuşsal özellikleri olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Panicum miliaceum* L., Kum Darı, Glütensiz Ekmek, Çölyak

2021, 103 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

USE OF PROSO MILLET (*Panicum miliaceum* L.) IN GLUTEN-FREE BREAD MAKING

İlke GÜLTEKİN

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

This study aimed to determine the use of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in gluten-free bread making. First, the physical and chemical properties of proso millet grains were analyzed and grains were ground into flour using laboratory mills. Proso millet flour was added into the bread formula at 0% (50% rice flour+50% corn flour as control), 20%, 40%, 60%, 80% and 100% levels for gluten-free bread production, and the remainings were completed with equal amounts of rice flour and corn flour. Salt, sunflower oil, DATEM, baker's yeast, carot gum and crystal sugar were added to all mixtures in predetermined amounts. Thus, six different gluten-free flour mixes were prepared totally. Physical, chemical and physiochemical properties of the flour mixes were analyzed. Gluten-free bread was made from flour blends with the same production process by modifying the direct dough method and the samples were analysed for their physical, chemical, textural and sensory properties. Results showed that protein, oil, ash, acidity, total phenolic contents, antioxidant activity, Na, Mg, K, P, Fe, Mn, Zn amounts and hardness values of bread samples increased with the addition of proso millet flour in the recipe increased while color values (L*, a* and b*) of bread crumb and crust, moisture and calcium (Ca) contents, flexibility values, crum stickness values and chewability values decreased. All the results were statistically different ($p<0,05$). According to sensory analysis results, panelists points decreased in all sensory criteria as the proso millet flour incorporation levels increased in the bread formula, and significant differences ($p<0,05$) were observed in the analyzed sensory criteria. The breads with high proso millet rates ($>40\%$) left bitter and astringent tastes in the mouths. These unfavourable tastes could be related with the high fenolic content of the proso millet. According to overall acceptance scores, the most favoured breads were the ones with 20% and 40% proso millet flour gluten-free bread and the control bread. The results of this study revealed that the increase of proso millet flour in gluten-free bread making resulted in beneficial effects on nutrient content while the addition of the high amount of proso millet flour ($>40\%$) had negatively affected textural and sensory properties of the gluten-free bread samples.

Key words: *Panicum miliaceum* L., Proso millet, Gluten-free Bread, Celiac

2021, 103 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	vii
ŞEKİL DİZİNİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TEŞEKKÜR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	3
2.1. Kum Darı (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	3
2.2. Kum Darının Kimyasal Bileşimi ve Besin Değeri	7
2.2.1. Proteinler.....	8
2.2.2. Nişasta.....	9
2.2.3. Lipidler	10
2.2.4. Vitaminler ve Mineraller	10
2.2.5. Diyet Lifi	11
2.2.6. Fenolik Bileşikler.....	12
2.3. Kum Darının Gıda Sektöründe Kullanımı	13
2.3.1. Glütensiz Ekmek Çalışmaları	13
2.3.2. Darılar ile Yapılan Çalışmalar	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	32
3.1. Materyal.....	32
3.2. Yöntem	32
3.2.1. Kum Darı Analizleri	32
3.2.1.1. Tane boyutu	32
3.2.1.2. Bin Tane Ağırlığı	33
3.2.1.3. Hektolitreye Ağırlığı.....	33
3.2.1.4. Renk Analizi	33
3.2.1.5. Nem İçeriğinin Belirlenmesi.....	33
3.2.1.6. Protein İçeriğinin Belirlenmesi	33
3.2.1.7. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi	33
3.2.1.8. Kül İçeriğinin Belirlenmesi.....	34

3.2.1.9. Su Aktivitesi Analizi.....	34
3.2.1.10. Asitlik Analizi	34
3.2.1.11. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi..	35
3.2.2. Glütensiz Ekmek Yapımı İçin Kum Darı Unu İçerikli Ekmek Formülasyonlarının Hazırlanması	36
3.2.3. Un Paçalarında Fiziksel, Kimyasal ve Fiziko-Kimyasal Analizler	37
3.2.3.1. Elek Analizi	37
3.2.3.2. Renk Analizi	37
3.2.3.3. Nem İçeriğinin Belirlenmesi.....	37
3.2.3.4. Protein İçeriğinin Belirlenmesi	38
3.2.3.5. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi	38
3.2.3.6. Kül İçeriğinin Belirlenmesi.....	38
3.2.3.7. Su Aktivitesi Analizi.....	38
3.2.3.8. Asitlik Analizi.....	38
3.2.3.9. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi	38
3.2.3.10. Jelatinizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi.....	38
3.2.3.11. Mineral Madde Kompozisyonunun Belirlenmesi	39
3.2.4. Glütensiz Ekmek Pişirme Denemesi	39
3.2.5. Glütensiz Ekmek Analizleri.....	39
3.2.5.1. Renk Analizi	39
3.2.5.2. Nem İçeriğinin Belirlenmesi.....	40
3.2.5.3. Protein İçeriğinin Belirlenmesi	40
3.2.5.4. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi	40
3.2.5.5. Kül İçeriğinin Belirlenmesi.....	40
3.2.5.6. Su Aktivitesi Analizi.....	40
3.2.5.7. Asitlik Analizi.....	40
3.2.5.8. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi	40
3.2.5.9. Mineral Madde Kompozisyonunun Belirlenmesi	40
3.2.5.10. Spesifik Hacim	41
3.2.5.11. Pişme Kaybı	41
3.2.5.12. Ekmek Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi.....	41
3.2.5.13. Duyusal Analiz.....	41
3.2.6. İstatistiksel Analizler	42

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	43
4.1. Kum Darı Analizleri	43
4.2. Un Paçalarında Fiziksel, Kimyasal ve Fiziko-Kimyasal Analizler	44
4.2.1. Elek Analizi	44
4.2.2. Renk Değerleri.....	45
4.2.3. Nem Oranı	46
4.2.4. Protein Oranı.....	47
4.2.5. Yağ Oranı.....	48
4.2.6. Kül Oranı	48
4.2.7. Su Aktivitesi	49
4.2.8. Asitlik değeri	50
4.2.9. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	50
4.2.10. Jelatinizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi	51
4.2.11. Mineral Madde Kompozisyonu	53
4.3. Glütensiz Ekmek Analizleri.....	56
4.3.1. Renk Analizi	56
4.3.2. Nem Oranı	58
4.3.3. Protein Oranı.....	59
4.3.4. Yağ Oranı.....	59
4.3.5. Kül Oranı	60
4.3.6. Su Aktivitesi	60
4.3.7. Asitlik Analizi.....	61
4.3.8. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	62
4.3.9. Spesifik Hacim.....	63
4.3.10. Pişme Kaybı.....	64
4.3.11. Mineral Madde Kompozisyonu	64
4.3.12. Ekmek Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi	67
4.3.12.1. Sertlik	67
4.3.12.2. Esneklik.....	68
4.3.12.3. Elastikiyet.....	69
4.3.12.4. Ekmek İçi Yapışkanlık	70
4.3.12.5. Çiğnenebilirlik.....	71
4.3.13. Duyusal Analiz	72

4.3.13.1. Görünüm.....	72
4.3.13.2. Ekmek Kabuk Rengi	73
4.3.13.3. Ekmek İçi Rengi.....	73
4.3.13.4. Gözenek Yapısı	74
4.3.13.5. Tat ve Aroma.....	74
4.3.13.6. Çiğnenebilirlik.....	74
4.3.13.7. Genel Beğeni	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR.....	78
EKLER	91
1. DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU	91
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünyada darı üreten önemli ülkelerin darı ekim alanları	5
Çizelge 2.2. Dünyada darı üreten önemli ülkeler ve üretim miktarları	6
Çizelge 2.3. Kıtalara göre darı üretim miktarları.....	6
Çizelge 2.4. Darı ve diğer tahılların besin içerikleri	7
Çizelge 2.5. Darıların ve diğer tahılların mineral bileşimi	8
Çizelge 3.1. Glütensiz ekmek formülasyonları	37
Çizelge 4.1. Kum darının bazı fiziksel özellikleri	43
Çizelge 4.2. Kum darının bazı kimyasal ve fiziko-kimyasal özellikleri	44
Çizelge 4.3. Un paçalarında elek analizi değerleri	45
Çizelge 4.4. Un paçalarının renk değerleri	46
Çizelge 4.5. Un paçalarının bazı kimyasal özellikleri	48
Çizelge 4.6. Un paçalarının bazı kimyasal özellikleri	50
Çizelge 4.7. Un paçalarının jelatinizasyon değerleri	52
Çizelge 4.8. Un paçalarının mineral madde miktarları	54
Çizelge 4.9. Glütensiz ekmek örneklerinin ekmek içi ve kabuk rengi analizleri	57
Çizelge 4.10. Glütensiz ekmek örneklerinin bazı kimyasal özellikleri	59
Çizelge 4.11. Glütensiz ekmeklerin su aktivite değerleri	61
Çizelge 4.12. Glütensiz ekmeklerin bazı fiziko-kimyasal özellikleri	63
Çizelge 4.13. Glütensiz ekmeklerin mineral madde miktarları	65
Çizelge 4.14. Glütensiz ekmeklerin sertlik değerleri	67
Çizelge 4.15. Glütensiz ekmeklerin esneklik değerleri	69
Çizelge 4.16. Glütensiz ekmeklerin elastikiyet değerleri	70
Çizelge 4.17. Glütensiz ekmeklerin ekmek içi yapışkanlık değerleri	71
Çizelge 4.18. Glütensiz ekmeklerin çiğnenebilirlik özellikleri	72
Çizelge 4.19. Glütensiz ekmeklerin duyusal analiz sonuçları	73

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Kum Darı (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	3
Şekil 2.2. Kum Darı (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	4
Şekil 3.1. Deneme materyali kum darı (<i>Panicum miliaceum</i> L.) (solda) ve kum darı unu (sağda) örnekleri.....	32
Şekil 4.1. Glütensiz ekme yapımında kullanılan un paçalları	44
Şekil 4.2. Glütensiz ekme örneklerinin üstten görünüşü.....	56
Şekil 4.3. Glütensiz kum darı ekme örneklerinin dilim görüntüsü.....	56



SİMGELER VE KISALTMALAR

a_w	: Su aktivitesi
DATEM	: Diasetil tartarik asit ester
dk	: Dakika
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrotıl
EC ₅₀	: Yarı maksimum etkili konsantrasyon
FC	: Folin-Ciocalteu
FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
g	: Gram
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
GI	: Glisemik indeks
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
hl	: Hektolitre
H ₂ SO ₄	: Sülfirik asit
ICC	: International Association for Cereal Science and Technology (Uluslararası Tahıl Bilimi ve Teknolojisi Birliği)
ICP-OES	: İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kJ	: Kilojoule
l	: Litre
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
rpm	: Revolutions per minute
sn	: Saniye
sa	: Saat
ssp	: Subspecies (alttür)
TPA	: Tekstür profil analizi
v.b.	: Ve benzeri
v.d.	: Ve diğerleri
μ	: Mikron
μ g	: Mikrogram
μ l	: Mikrolitre
μ M	: Mikromolar
β	: Beta
°C	: Santigrat derece

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans programlarına başladığım günden bu yana akademik bilgisi ve yaratıcı fikirleri ile bana katkı sağlayan; içinde bulunduğumuz pandemi süresince, okuldan uzak kalmama rağmen desteğini hep yanımda hissettiğim saygıdeğer hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Orhan Dağlıoğlu'na,

İntörn mühendislik süresince birlikte çalıştığım, sonrasında tez çalışması için bana kapılarını açan Tekirdağ Un Sanayii çalışanlarına ve özellikle çalışma boyunca her türlü konuda bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen Ar-ge Müdürü Utku Yıldız ve Ar-ge Uzmanı Bahadır Artar'a,

Tez kapsamında yaptığım laboratuvar çalışmaları boyunca bana yardımcı olan Doç. Dr. İbrahim Palabıyık'a, Arş. Gör. Didem Sözeri Atik'e, Gıda Yük. Müh. Kadriye Şen'e, Gıda Yük. Müh. Özgür Karadaş'a ve Gıda Yük. Müh. Esra Bölük'e,

Lisans programından sonra yüksek lisans programına da birlikte başladığım, çalışma boyunca yanımda olan sevgili arkadaşlarım Kübra Güneş, Tuba Erhan ve Başak Gürbüz'e,

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi her zaman yanımda olan, desteğini üzerimden hiç esirgemeyen sevgili büyüğüm Keriman Alp'e,

Kendi imkanlarımla gerçekleştirdiğim tez çalışmamda maddi manevi her zaman yanımda olan Eryener, Bacaksız, Gül, Saraç, Gültekin ailelerine ve Zuhâl Çelikyılmaz'a,

Vazgeçmeyi düşündüğümde beni yüreklendiren, beni hep en iyisini yapabileceğime inandıran, bu zamana kadar olduğu gibi bundan sonra da hep yanımda olacağına inandığım Zübeyir Kekeç'e,

Doğduğum günden bugüne bana iyi bir insan olmayı, pes etmemeyi ve hep ileri gitmeyi öğreten, her zaman yanımda olan canım annem ve canım babam Sema ve Adil Gültekin'e, kardeşlerim İlker Gültekin, Nuria Altimis Bonavida ve İnci Eryener'e sonsuz teşekkür ederim.

Eylül, 2021

İlke GÜLTEKİN

1. GİRİŞ

Yaşamakta olduğumuz küresel iklim değışiklikleri, su sıkıntıları, dünya nüfusundaki artış ve diğler sosyo-ekonomik etkenlerin, tarım ve gıda güvenliğı açısından gelecekte bütün dünyada büyük tehdit oluşturacağı konu ile ilgili uzmanlar ve uluslararası kuruluşlar tarafından ifade edilmektedir. Bu olumsuz durumdan, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaşayan insanların en yüksek düzeyde etkileneceğı ileri sürülmektedir. Bu nedenle kurak ve yarı kurak şartlarda yetişebilen ürünler her geçen gün biraz daha önem kazanmakta ve kurak şartlara dayanıklı ürünlerle ilgili araştırmalar her geçen gün artmaktadır (Boz, 2014; Saleh, Zhang, Chen ve Shen, 2013).

Darılar (sorgum ve millet), kurak ve yarı kurak bölgelerde üretimi yapılan farklı tür ve çeşitlere sahip, gelecekte ekonomik öneminin artması beklenen tahıllar arasındadır. Buğday, mısır, çeltik gibi yoğun olarak yetiştirilen tahıllara göre darılar, böceklere ve çeşitli hastalıklara daha dayanıklı, üretim sezonu son derece kısa (yaklaşık 2-3 ay), kurak koşullarda verimliliğı yüksek olan tahıllardır. Özellikle çeşitli Asya ve Afrika ülkelerinde çok önemli bir besin kaynağı olan darılar üretim bakımından mısır, buğday ve pirinçten sonra Dünyada 4.sırada gelmektedir (Annor, Tyl, Marcone, Ragaee ve Marti, 2017; Boz, 2014; Saleh vd., 2013).

Darılar, başta Asya ve Afrika olmak üzere dünyanın farklı coğrafyalarında kurak ve yarı kurak iklimlerde yetiştirilen önemli tahıllar arasındadır. Sorgum ve millet olmak üzere iki gruba ayrılır. Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), ülkemizde şeker darısı olarak bilinen darıdır. Millet, içerisinde farklı darı türlerini bulundurur. Dünya genelinde en fazla üretimi yapılanlar; kum darı (proso millet/*Panicum miliaceum*), inci darı (pearl millet/*Pennisetum glaucum*), cin darı (foxtail millet/*Setaria italica*) ve ragi darı (finger millet/*Eleusine coracana*)'dır. Çin'de daha çok cin darı üretilirken, Afrika, Hindistan ve Nepal'de inci darısı, Kuzey Amerika'da ise kum darı üretilmektedir (Annor vd., 2017; Boz, 2014).

Darıların kimyasal bileşiminde yaklaşık %60-70 karbonhidrat, %6-19 protein, %1,5-5 yağ, %12-20 diyet lifi, %2-4 mineral madde ile çeşitli vitaminler ve fitokimyasallar bulunur. Glüten içermemeleri nedeniyle çölyak hastaları için son derece uygun gıda kaynaklarıdır. Diğler taraftan hipoglisemik etkisi nedeniyle tip-II diyabetin kontrol altına alınmasında kullanılabilecek potansiyel gıda kaynakları arasındadır (Annor vd., 2017).

Glütensiz beslenme günümüzde popüler bir diyet türü gibi görünse de çölyak hastalarının hayatları boyunca benimsedikleri bir beslenme tipidir. Çölyak hastalığı; glüten proteinleri içeren gıdaların tüketimiyle ortaya çıkan bağışıklık sistemiyle ilişkili bir rahatsızlıktır. Glütene duyarlı tüketicilerde bağışıklık sistemine bağlı bağırsak problemleriyle ayırt edilebilir. Çevre ve genetik faktörlerin etkileşimi sonucu oluşur (Ergin, 2011). Bağırsak problemleri haricinde vücudun diğer kısımlarını da etkileyebilir. Etkiler, yaş gruplarına göre farklılık gösterebilir. Çocuklarda kilo kaybı, kusma, karın ağrısı, karında şişlik, kalıcı kabızlık veya ishal, açık renkli, yağlı ve kötü kokulu dışkı görülürken; yetişkinlerde yorgunluk, cilt rahatsızlıkları, eklem sertliği ve ağrısı, düzensiz adet dönemleri, uzuvlarda uyuşma ve karıncalanma görülür. Günümüzde hastalığın farkındalığı artmış ve teşhis yöntemleri gelişmiştir (Yarpuz, 2011). Glüten intoleransı, çölyak hastalığı ile karıştırılabilir. İkisinin belirtileri de aynıdır ancak çölyak hastalığı tedavisi olmayan ve genetik kaynaklı bir hastalık iken glüten intoleransı tedavi sonucu iyileşebilen bir alerji durumudur. Çölyak hastaları glüten içeren ürünler tüketmemeli ve günlük beslenme düzenlerine dikkat etmelidirler. Bu nedenle başta buğday olmak üzere arpa, çavdar, yulaf ve tritikale içeren tüm gıda ürünleri çölyak hastalarının diyetlerinden elimine edilmektedir. Çölyak hastalarına yönelik olarak glüten içermeyen ekmek, makarna, bisküvi, kek gibi unlu mamuller mevcuttur. Ancak, özellikle temel gıda maddesi durumundaki glütensiz ekmek çeşitlerinin geliştirilmesi çölyak hastalarının beslenmesi bakımından önemlidir (Ergin, 2011). Türkiye’de çölyak hastalığı görülme sıklığı 1/100 ile 3/1000 arasında değişmekte olup ülkemizde çölyak hastalığına sahip insan sayısının 250 bin ile 750 bin arasında olduğu tahmin edilmektedir. Ancak yalnızca %10’una tanı konulmuştur. Toplumda tanı almamış birçok hasta bulunmaktadır. Sağlık Bakanlığı Bilgi Sistemlerinden elde edilen verilere göre Türkiye’de tanı konan hasta sayısı 2019 yılı mayıs ayı itibari ile 68.123’tür (Anonim, 2021).

Bu çalışmada; kum darı unu kullanılarak glütensiz ekmek geliştirilmesi ve böylece çölyak hastalarının da beslenmesinde çok önemli olan sınırlı sayıdaki ekmek çeşitlerine bir alternatif oluşturulması; diğer taraftan, sıcak ve kurak koşullara dayanıklı, su tüketimi diğer tahıllara göre en düşük olan kum darının gıda sektöründe kullanım alanının artırılması amaçlanmıştır. Tez kapsamında; kum darı unu kullanılarak glütensiz ekmek formülasyonu geliştirilmiş ve kum darının glütensiz ekmeğin kalite özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Kum Darı (*Panicum miliaceum* L.)

Kum darı (*Panicum miliaceum* L.), kültüre alınan en eski bitkisel ürünlerden birisidir. Çeşitli varsayımlar olmakla beraber ağırlıklı olarak kabul edilen görüşe göre; kum darının ilk olarak Orta Asya ve Afganistan'dan Hindistan'a kadar uzanan bölgede tarımının yapıldığı ve oradan hem Avrupa'ya hem de Asya'nın doğusuna yayıldığı düşünülmektedir (Sakamoto, 1987).

Kum darı, Afrika ve Hindistan'da binlerce yıldır temel gıda maddesi olarak kullanılmaktadır (Bough, Colosi ve Cavers, 1986). Çin'de, pirincin baskın temel gıda maddesi haline gelmesinden önce en yaygın tahılın darı olduğu bilinmektedir (Bohle, Hirt, Nachbargauer, Ebner ve Ebner, 2003). Moğolistan'da 13. yüzyıldan 15. yüzyıla kadar beslenme ve arazi kullanımına ilişkin kanıtlar ortaya çıkmış ve sonrasında kum darı en sık görülen dört tahıl arasında gösterilmiştir. Avrupa'da kum darının, Slavların ana tahıllarından birisi olduğu tespit edilmiştir. Ancak 18. yüzyılda patates yetiştiriciliğinin gelişmesi, pirinç ithalatı ve buğday ekmeğinin yaygınlaşmasıyla önemi giderek azalmıştır (Bough vd., 1986).

Kum darı taksonomik olarak 4 alttüre ayrılmaktadır. Bunlar *ssp. Effusum*, *ssp. contractum*, *ssp. compactum* ve *ssp. erectum*'dur. Yapılan çalışmalarda kum darının $2n=18$, 36, 40, 49, 54 ve 72 kromozomlu türleri olduğu tespit edilmiştir. Ancak kültürü yapılan kum darıları genellikle $2n=36$ olanlardır (Emeklier, 2012).



Şekil 2.1. Kum Darı (*Panicum miliaceum* L.) (Anonim, 2021)

Sıcak hava şartlarına oldukça dirençli olan kum darı, dona karşı hassastır. Gelişimini yazın gerçekleştirir. Su tüketimi, diğer tahıllar ile karşılaştırıldığında oldukça azdır. 1 kg kuru

madde başına 308 litre su harcar. Kuraklığın yanı sıra sodyum karbonata da direnç gösterebilmektedir (Şekil 2.1) (Emeklier, 2012).

Tahıllar, mineraller ve vitaminler açısından zengindir (Seetharam, 1999). Kum darının besin değeri yaklaşık olarak 100 g için 1427 kJ'dür (341 kcal); buğday, mısır ve pirince (sırasıyla 348, 358 ve 362 kcal) yakın değerlerdedir (Yanez, Walker ve Nelson, 1991). Gıda maddesi olarak darı kullanımına olan ilginin asıl sebebi sağlık açısından destekleyici olmasıdır. Örneğin, son zamanlarda Japonya'da darı tüketimi, çölyak hastalığı ve atopik dermatit için ikame tahıl olarak kullanımdan dolayı artmıştır (Şekil 2.2) (Shimanuki, Nagasawa ve Nishizawa, 2006).



Şekil 2.2. Kum Darı (*Panicum miliaceum* L.) (Gültekin, 2021)

Kum darı üretimi hakkında kesin istatistiksel veriler mevcut değildir. Kum darı Çin, Rusya, Hindistan, bazı Doğu Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde üretilmektedir. Colorado, Amerika Birleşik Devletleri'nde darı üretiminin en fazla yapıldığı eyalettir (Baltensperger, 1996). Batı ülkelerinde buğday, mısır ve diğer tahılların bolluğu nedeniyle kum darının ekonomik önemi daha azdır (Delost-Levis, Lorenz ve Tribelhorn, 1992).

FAO üretim verilerini, sorgumu tek, milletleri genel başlık altında birlikte vermektedir. “Çizelge 2.1”de görüldüğü gibi, 2019 yılında Dünyada toplam darı ekim alanı 31.653.878 hektardır. Ülkemizde 2000 yılında 2.990, 2010 yılında 2.933, 2019 yılında ise 1.762 hektarlık bir alanda darı ekimi yapılmıştır. “Çizelge 2.2”de Dünya darı üretiminde önemli yere sahip ülkeler ve üretim miktarları verilmiştir. En fazla darı üretimine sahip ilk üç

ülke Hindistan, Nijer ve Çin'dir. 2019 yılında dünyada toplam 28.371.792 ton darı üretimi yapılmıştır (FAOSTAT, 2019).

“Çizelge 2.3”de kıtalara göre darı üretim miktarları verilmiştir. Afrika Kıtası 13,7 milyon tonla 2019 yılında darının en fazla üretildiği kıtadır. Afrika'yı 13,6 milyon tonla Asya Kıtası izlemektedir (FAOSTAT, 2019). Darı Türkiye’de az miktarda (~5 bin ton) üretilmekte olup gıda olarak yeterince tanınmayan bir tahıldır. Daha çok hayvan yemi için yetiştirilen darının üretimi diğer tahılların yanında önemsiz düzeydedir (Kün, 1994).

Çizelge 2.1. Dünyada darı üreten önemli ülkelerin darı ekim alanları (FAOSTAT, 2019)

Ülkeler	Ekim Alanı (hektar)		
	2000	2010	2019
Hindistan	13.012.200	11.791.800	8.449.720
Nijer	5.151.395	7.253.200	6.831.217
Çin	1.250.000	808.700	900.000
Nijerya	5.814.000	4.364.140	2.778.395
Mali	1.078.624	1.257.043	1.989.953
Sudan	Veri yok	Veri yok	3.016.440
Etiyopya	361.000	408.110	455.580
Burkina Faso	1.138.581	1.361.835	1.176.512
Senegal	842.124	1.033.157	880.408
Çad	791.753	1.340.184	1.180.431
Türkiye	2.990	2.933	1.762
Dünya Toplam	37.116.850	36.009.231	31.653.878

Çizelge 2.2. Dünyada darı üreten önemli ülkeler ve üretim miktarları (FAOSTAT, 2019)

Ülkeler	Üretim Miktarı (ton)		
	2000	2010	2019
Hindistan	10.077.800	13.293.000	10.235.830
Nijer	1.678.631	3.837.525	3.270.453
Çin	2.125.100	1.573.000	2.300.000
Nijerya	6.105.000	5.170.430	2.000.000
Mali	759.114	1.373.342	1.878.527
Sudan	Veri yok	Veri yok	1.133.000
Etiyopya	320.090	634.826	1.125.958
Burkina Faso	725.613	1.147.894	970.176
Senegal	600.221	813.295	807.044
Çad	258.828	759.940	717.621
Türkiye	5.300	6.772	4.765
Dünya Toplam	27.672.185	32.799.463	28.371.792

Çizelge 2.3. Kıtalarla göre darı üretim miktarları (FAOSTAT, 2019)

Kıtalar	Üretim Miktarı (ton)		
	2000	2010	2019
Afrika	12.717.450	16.135.254	13.701.709
Asya	13.097.667	15.998.354	13.623.358
Avrupa	1.586.348	358.365	629.274
Amerika	213.937	271.425	381.076
Avusturya ve Yeni Zelanda	56.783	36.065	36.375

2.2. Kum Darının Kimyasal Bileşimi ve Besin Değeri

Kum darı; arpa, yulaf, çavdar ve buğdaydan daha yüksek esansiyel amino asit içeriğine sahiptir. Bu nedenle darı proteini, diğer proteinlerle birlikte yeni gıdaların geliştirilmesinde temel oluşturabilir. Kum darı taneleri zengin bir nişasta, mineral, diyet lifi ve vitamin kaynağıdır. Ayrıca, kandaki düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyesini azaltan ve karaciğer faaliyetlerini olumlu yönde etkileyen biyoaktif bileşenleri içermektedir (Kalinová, 2007). “Çizelge 2.4” ve “Çizelge 2.5”de bazı tahılların karşılaştırmalı olarak besin değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Darı ve diğer tahılların besin içerikleri (Devi, Vijayabharathi, Sathyabama, Malleshi ve Priyadarisini, 2014)

	Protein (%)	Yağ (%)	Ham Lif (%)	Kül (%)	Nişasta (%)	Toplam Diyet Lifi (%)	Toplam Fenolik Madde (mg/100g)
Buğday	14,4	2,3	2,9	1,9	64,0	12,1	20,5
Pirinç	7,5	2,4	10,2	4,7	77,2	3,7	2,5
Mısır	12,1	4,6	2,3	1,8	62,3	12,8	2,9
Sorgum	11,0	3,2	2,7	1,8	73,8	11,8	43,1
Arpa	11,5	2,2	5,6	2,9	58,5	15,4	16,4
Yulaf	17,1	6,4	11,3	3,2	52,8	12,5	1,2
Çavdar	13,4	1,8	2,1	2,0	68,3	16,1	13,2
Ragi Darı	7,3	1,3	3,6	3,0	59,0	19,1	102,0
İnci Darı	14,5	5,1	2,0	2,0	60,5	7,0	51,5
Kum Darı	11,0	3,5	9,0	3,6	56,1	8,5	13,3
Cin Darı	11,7	3,9	7,0	3,0	59,1	19,1	106,0
Kodo Darı	8,3	1,4	9,0	3,6	72,0	37,8	368,0

Çizelge 2.5. Darıların ve diğer tahılların mineral bileşimi (mg/100g) (Devi vd., 2014)

	Ca	P	K	Na	Mg	Fe	Mn	Zn	Tiamin	Riboflavin
Buğday	40	350	360	40	140	40	40	31	0,57	0,12
Pirinç	20	120	100	0	30	19	12	10	0,07	0,03
Mısır	30	290	370	30	140	30	5	20	0,38	0,14
Sorgum	40	350	380	50	190	50	16	15	0,46	0,15
Arpa	40	560	500	20	140	37	19	24	0,44	0,15
Yulaf	110	380	470	20	130	62	45	37	0,77	0,14
Çavdar	50	360	470	10	110	38	58	32	0,69	0,26
Ragi Darı	330	240	430	20	110	46	8	15	0,48	0,12
İnci Darı	10	350	440	10	130	75	18	30	0,38	0,22
Kum Darı	10	150	210	10	120	33	18	18	0,63	0,22
Cin Darı	10	310	270	10	130	33	22	22	0,48	0,12
Kodo Darı	10	320	170	10	130	7	-	-	0,32	0,05

2.2.1. Proteinler

Darı'nın protein içeriği, mısır ve buğday ile benzerlik gösterir. Protein içeriği, genetik yapıya, toprak ve iklim koşulları gibi tarımsal faktörlere bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir. Protein oranı, %11,5 ile %17,0 arasında değişmektedir (Dendy, 1995; Geervani ve Eggum, 1989; Kalinová ve Moudrý, 2006; Parameswaran ve Thayumanavan, 1995). Kırmızı renkli taneler, açık renge sahip tanelere göre daha düşük protein içeriğine ve kalitesine sahiptir. (Kalinová ve Moudrý, 2006). Kum darının protein içeriği ve kalitesi diğer darı türlerine göre daha yüksektir (FAO 1995; Geervani ve Eggum, 1989).

Kum darı, inhibe edici tanenler ve proteaz içerse de pişmiş darı sindirilebilirlik bakımından diğer tahıllara benzerlik gösterir. Yapılan *in vitro* çalışmalarda, kum darının protein sindirilebilirlik değerinin %71,3 olduğu ve pişmiş örneklerde bu oranın %88,6'ya çıktığı tespit edilmiştir (Ravindran, 1992).

Kum darının aminoasit kompozisyonunda lösin, glutamik asit, alanin, prolin ve aspartik asit gibi amino asitler bulunur (Kalinová ve Moudrý, 2006; Ravindran, 1992). Lisin amino asidini sınırlı düzeyde içerir. Amino asit kompozisyonunda %1,4 ile %4,3 arasında değişen oranda lisin bulunur (Dendy, 1995; FAO, 1995; Kalinová ve Moudrý, 2006; Ravindran, 1992).

Kum darı proteini, çoğunlukla çapı 2,5 µ kadar olan küresel şekilli yapılardan oluşur (Jones, Beckwith, Khoo ve Inglett, 1970). Prolaminler, tahılların depo proteinleridir. Kum darıdaki proteinlerin yaklaşık %31-50'sini prolaminler oluşturur (Dendy, 1995; Jones vd., 1970). Prolaminler, suda çözünen albüminlerden veya tuzlu suda çözünen globülinlerden daha az lisin (%0,65), arginin (%11,64) ve glisin (%2,56); daha fazla alanin (%4,25) metiyonin (%1,30) ve lösin (%13,55) içerir (Jones vd., 1970; Parameswaran ve Thayumanavan, 1995).

Kum darı proteini, kolesterol metabolizmasında önemli bir rol oynar. Yüksek yoğunluklu lipoproteini (HDL) arttırdığı belirlenmiştir (Nishizawa ve Fudamo 1995; Shimanuki vd., 2006).

2.2.2. Nişasta

Nişasta, karyopsis ağırlığının yaklaşık ¾'ünü oluşturur (Jašovskij, 1987; Yanez vd., 1991). Kum darının nişasta granülleri, küçük küresel ve büyük çokgen olmak üzere iki temel şekil ve boyutta olabilmektedir (Kumari ve Thayumanavan, 1998).

Polisakkaritler, kum darıdaki toplam sakkaritlerin (64,5 g/100 g) büyük bölümünü (%97,1) oluşturur (Becker, 1994). Nişasta, amiloz ve amilopektin olmak üzere iki ana bileşenden meydana gelir. Kum darıdaki amiloz içeriği, %17,21 ile %32,6 (kuru ağırlığın) arasında değişmektedir. Kum darı nişastasının amiloz içeriği mısır ve pirinçten biraz daha yüksektir (Kumari ve Thayumanavan, 1997; Yanez vd., 1991).

Darı nişastasının, buğday nişastasından daha yüksek su bağlama kapasitesi vardır ve ayrıca parçalanma eğilimi daha yüksektir (Kumari ve Thayumanavan, 1998). Kum darının

jelatinleşme sıcaklığı 56-68°C (başlangıç) ile 61-76°C (nihai) arasında değişmektedir (Dendy, 1995; FAO, 1995).

Isıl işlem, nişastanın sindirilebilirliğini artırır, ancak nişastanın bir kısmı sindirim enzimlerine karşı dirençlidir. Dirençli nişasta, kan şekeri düşürmede önemli bir rol oynar ve serum trigliserid düzeyini etkiler (Kumari ve Thayumanavan, 1997).

2.2.3. Lipidler

Lipidler, tahıl tanelerinde az bulunan bileşenlerdir ancak kabuğu soyulmuş kum darı tanelerinin lipid içeriği %3,5 ile %6,7 arasında değişmektedir (Jones vd., 1970; Kalinová, 2002; Lorenz ve Hwang, 1986; Ravindran, 1991). Tahıllardan yalnızca yulaf, kum darıdan daha yüksek lipid içeriğine (%7,14) sahiptir (Becker, 1994).

Kum darıdaki toplam lipidlerin %62,2'sini serbest lipidler, %27,82'ini de bağlı lipidler oluşturur (Sridhar ve Lakshminarayana, 1994). Serbest lipidlerde, hidrokarbonlar, sterol esterler, trigliseritler, digliseritler ve yağ asitleri mevcuttur. Bağlı lipidler ise monogalaktosidigliseridler, digalaktosidigliseridler, fosfatidiletanolamin, fosfatidil serin ve fosfatidil kolin içerir (Lorenz ve Hwang, 1986). Kum darı lipidlerinin fiziko-kimyasal özellikleri ayçiçeği, mısır ve soya lipidlerine benzerlik gösterir (Jašovskij, 1987).

Kum darı lipidleri, %86 ile %89 oranında doymamış yağ asidi içerir ve çoklu doymamış yağ asitleri, doymamış yağ asitlerinin yaklaşık %42'sini oluşturur (Becker, 1994). Çoklu doymamış yağ asitleri, özellikle linoleik asit, kolesterol metabolizmasında önemli bir rol oynar. Kum darının başlıca yağ asitleri; linolenik (%38,4-66,68), oleik (%21,4-22,7) ve palmitik (%6,61-11,3) asitlerdir (Dendy, 1995; Lorenz ve Hwang, 1986). Söz konusu yağ asitleri tanenin zedelenmesi veya kırılması sonrasında kolayca oksitlenip ransid bir tat verirler (Jašovskij, 1987).

2.2.4. Vitaminler ve Mineraller

Kum darı, B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niasin), B₆ (piridoksin) ve vitamin-E (tokoferol) açısından zengindir (Becker, 1994; Dendy, 1995; Gromova, 1991). B₁ ve B₂ vitaminlerinin seviyesi pirinç, buğday ve arpanın yaklaşık iki katıdır (Murzamadieva, 1979). Tanelerin renginde karoten ve ksantofiller belirleyicidir (Iljin, Michajlova ve Rasskazova, 1973). Karoten içeriği iklim, toprak koşulları ve gübreleme gibi tarımsal faktörlerden etkilenir

(Jašovskij, 1987). Kum darı tanesinden ekstrakte edilen rafine edilmemiş yağın 100 g'ında 8,3-10,5 mg A vitamini ve 87-96 mg E vitamini vardır (FAO, 1995).

Kum darı tanelerinde mineral madde içeriği %1,5 ile %4,2 arasında değişir ve mineral maddelerin büyük kısmı perikarp, aleurone ve ruşeym tabakalarında bulunur (Jašovskij, 1987; Kalinová, 2002; Ravindran, 1991). Mineral içeriği buğdaydan daha yüksektir. Kabuk soyma sırasında mineral madde içeriği yaklaşık %27-53 oranında azalır (Dendy, 1995).

Kum darı kalsiyum bakımından yetersiz olmakla birlikte yüksek miktarda fosfor içerir. Fosforun büyük oranda fitat formunda olması, herhangi bir işlem (pişirme, fermentasyon, çimlendirme vb.) görmemiş tanelerde fosforun emilimini önemli ölçüde azaltır (Dendy, 1995). Fosfor haricinde kum darı potasyum, demir ve manganez açısından da zengindir (Jašovskij, 1987; Ravindran, 1991). Kum darıdaki birçok mineral maddenin içeriği diğer tahıllara benzerlik gösterir (Kalinová, 2007).

2.2.5. Diyet Lifi

Tahıllar, insan diyetindeki en önemli diyet lifi kaynakları arasında yer alır. Darı taneleri %10'a yakın lif içerir ve bu bakımdan yulafa benzerlik gösterir (Geervani ve Eggum, 1989; Jašovskij, 1987; Kalinová, 2002). Çözünür lif oranı, toplam lifin yaklaşık %36'sı kadardır (Becker, 1994).

Günlük diyetimizde yer alan bitkilerin hücre duvarları, kolon kanserine karşı koruma sağladığı düşünülen diyet lifi bileşenlerini (suberin, lignin, pentozanlar, β -glukanlar vd.) içerir (Ferguson ve Harris, 1996). Kum darının hücre duvarı bileşimi, tahılların dokularına benzemektedir. Hücre duvarlarının yapısında ağırlıklı olarak ksiloglukan, arabinoksilan, uronik asit, arabinosil, galaktozil kalıntıları, arabinogalaktan ve β -D-glukanlar bulunur (Carpita, Jenny, Mulligan ve Heyser, 1985). β -D-glukanlar (uzun bir polimer zincirine bağlı glikoz birimleri), kan kolesterolünü düşürdükleri için insan beslenmesinde önemli bir rol oynarlar. Kum darıdaki β -glukan içeriği (%0,5-1,0); mercimek (%0,4-1,1), mısır (%0,5-1,3), pirinç (%0,4-0,9), kavuzlu buğday (%0,6-1,2) veya buğday (%0,5-1,0) ile aynı seviyededir (Demirbaş, 2005).

2.2.6. Fenolik Bileşikler

Polifenoller çoğunlukla tahılların kabuk tabakalarında bulunur. Bitki yapısı, gelişme aşaması ve çevre gibi faktörler bitkilerdeki polifenol içeriğini etkiler. Kum darıdaki toplam fenolik madde içeriği, kuru maddede 100 g kateşin eşdeğeri başına yaklaşık 0.05-0.10 mg'dır (Dendy, 1995). Polifenoller, proteinlerle etkileşime girer ve tanen-protein kompleksleri oluştururlar (Salunkhe, Jadhav, Kadam ve Chavan, 1983).

Tanenler, proteinleri bağlayarak protein sindirilebilirliğini azaltırlar ve ürünün besleyici değerini düşürürler (Lestienne, Caporiccio, Besancon, Rochette ve Treche, 2005). Koyu renkli taneler açık renkli tanelerden daha yüksek tanen içeriğine sahiptir. Kum darının tanen içeriği %0,06 ile %0,18 kateşin eşdeğeri arasında değişir (Lorenz, 1983; Odumodu, 1992). Öğütme işlemi sırasında tahılların kabuk tabakalarının uzaklaştırılması tanen içeriğini %65-80 oranında düşürür (Lorenz, 1983).

Fitatlar, belirli mineralleri özellikle Ca, Mg, Fe ve Zn gibi çok değerlikli katyonları bağlayarak biyolojik olarak daha az kullanılabilir hale getirirler (Ravindran, 1991). Kum darıdaki fitik asit içeriği 0,17 g/100 g ile 0,61 g/100 g arasında değişir ve pirinçten daha yüksek, buğdaydakinden daha düşüktür (Lorenz, 1983). Kum darıda fitik asit formunda bulunan toplam fosfor yüzdesi yaklaşık %67,3'tür (Ravindran, 1991). Kabuk soyma, fitat içeriğini %17-24 oranında azaltır (Lorenz, 1983). Ayrıca öğütme, ıslatma, pişirme, fermantasyon ve çimlendirme gibi işlemlerin gıdaların fitik asit içeriğini azalttığı bilinmektedir (Ravindran, 1991).

Oksalik asit, esas olarak tahıl tanelerinin dış tabakalarında bulunur (Siener, Hönow, Voss, Seidler ve Hesse, 2006). Kabuğu soyulmuş kum darı tanesinde oksalat içeriği (21-23 mg / 100 g) düşüktür ve oksalatların yaklaşık %60-91'i çözünür formda bulunur (Ravindran 1991; Siener vd., 2006). Kum darı tanesinin çözünür oksalat içeriği kavuzsuz arpaya yakın, buğday ve çavdardan ise oldukça düşüktür (Siener vd., 2006). Koyu renkli darı çeşitleri en yüksek oksalat içeriğine sahiptir (Odumodu, 1992).

Bunun dışında, bazı fenolik bileşikler potansiyel olarak kanser ve kalp hastalıklarına karşı koruyucudur. Kum darı yaklaşık 373 mg/kg düzeyinde fenolik asit (ağırlıklı olarak ferulik asit, p-kumarik asit, ferulik asit dehidrodimerleri ve çözünür klorojenik asit) içerir (Mattila, Pihlava ve Hellström, 2005).

Kum darı kabuklarının öğütme işlemi sırasında uzaklaştırılması elde edilen unların besin ve anti-besin içeriğinde değişikliklere neden olur. Anti-besin faktörler çoğunlukla kabuk tabakalarında yoğunlaşmıştır. Kum darıdan elde edilen glutensiz unlar çeşitli unlu mamullerin, atıştırmalık gıdaların, şekerlemelerin ve bazı geleneksel ürünlerin üretiminde buğday ununun yerine ikame olarak kullanılabilir. Glutensiz ürünlerin üretiminde ise buğday ununa alternatif oluşturabilir (Devisetti, Yadahally ve Bhattacharya, 2014).

2.3. Kum Darının Gıda Sektöründe Kullanımı

Kum darıdan elde edilen un ekmek, kurabiye ve makarna gibi gıdaların üretiminde buğday ununa ikame olarak kullanılabilir (Delost-Levis vd., 1992). Çin'in kuzeybatısındaki Geç Neolitik Çağ'da keşfedilen bir toprak kapta, tarih öncesinden kalma darı unundan yapılan erişte örneğine rastlanmıştır (Lu vd., 2005). Avrasya'da tahıl lapalarında, ekmek yapımında, alkollü veya alkolsüz içeceklerin üretiminde darı kullanımı yaygındır (Delost-Levis vd., 1992).

Kum darı yüksek amilaz aktivitesi nedeniyle değerli bir malt maddesidir. Bu özellik çeşide bağlıdır (Jašovskij, 1987). Kum darıdan elde edilen malt, II. Dünya Savaşı sırasında bazı Avrupa ülkelerinde arpa maltı yerine kullanılmıştır. Günümüzde darı, Hindistan'da malt endüstrisinde, Doğu Avrupa ve Afrika'da fermente içeceklerde kullanılmaktadır (Delost-Levis vd., 1992).

Kum darının geleneksel yöntemlerle tüketilmesi kurak bölgelerde yaygınken, endüstriyel olarak işlenmesi ve kullanılması yaygın değildir. Endüstriyel işlemenin başlıca zorluğu, kum darının sert kabuklu küçük tane yapısına sahip olmasıdır. Bununla birlikte, besin değeri nedeniyle kum darı çeşitli unlu mamüller, bebek mamaları, atıştırmalık yiyecekler, diyet yiyecekleri v.b. gıda ürünlerinin üretiminde hem tane hem de un formunda kullanılmaya uygundur (Subramanian ve Viswanathan, 2003).

2.3.1. Glütensiz Ekmek Çalışmaları

Glütensiz ekmeğin kalite parametreleri üzerine hidrokolloidlerin etkilerinin incelendiği bir çalışmada; pirinç unu, mısır nişastası ve sodyum kazeinat içeren hamur formülasyonlarının elastikiyet ve deformasyonunu en fazla etkileyen hidrokolloidler sırasıyla ksantan>karboksimetilselüloz>pektin>agaroz> β -glukan olarak belirlenmiştir (Lazaridou, Duta, Papageorgiou, Belc ve Biliaderis, 2007).

Fermantasyon işlemi sırasında salınan karbondioksit gazını tutmak için gerekli hamur yapısının olmaması nedeniyle, süngerimsi dokuya sahip mısır ekmeği elde etmek oldukça güçtür. Yapılan bir çalışmada; öğütme işleminin (elektrik ve su değirmeni), formülasyon ve proses parametrelerinin mısır ekmeğinin duyuşal ve fiziksel kalite özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, kompozit unlardan (mısır, çavdar, buğday) geleneksel yöntemle üretilen etnik Portekiz ekmeği (broa) formülasyonu modifiye edilerek glütensiz broa üretilmiştir. Yöresel ve hibrit mısır çeşitleri arasında protein, amiloz ve viskozite özellikleri bakımından önemi farklılıklar ($p<0,05$) bulunmuştur. Mısırların su değirmeninde öğütülmesi elektrikli değirmene göre daha yavaş olmuş, su değirmeninden elde edilen unların kül içeriği daha düşük; maksimum, minimum ve final viskoziteleri ise daha yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan, ekmek yapım prosesinde una uygulanan ısıl işlem mısır nişastasının kısmi jelatinizasyonuna yol açmış ve tekstür analiz cihazında ekmek hamurlarının sertliğı, esnekliğı ve yapışkanlığı kontrol ekmeğine göre daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. Duyusal analizlerde, yerel mısır çeşitlerinden yapılan glütensiz broa ekmeği hibrit çeşitlerden yapılan ekmeklere göre daha fazla beğeni kazanmış ve glütensiz broa ekmeği üretiminde, araştırmada kullanılan ekmek yapım yönteminin rahatlıkla kullanılabileceğı ileri sürülmüştür (Brites, Trigo, Santos, Collar ve Rosell, 2010).

Sabanis, Lebesi ve Tzia (2009) yaptıkları çalışmada; mısır nişastası, pirinç unu ve hidroksipropil metil selüloz bazlı glütensiz ekmek formülasyonuna 3, 6 ve 9 g/100 g düzeyinde farklı tahıl lifleri (buğday, mısır, yulaf ve arpa) ekleyerek diyet lifi içeriğini arttırmayı hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda, glütensiz ekmek yapımında tahıl liflerinin formülasyona ilave edilebileceğı, söz konusu liflerin ekmeğın beslenme ve duyuşal özellikleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğı tespit edilmiştir.

Moroni, Dal Bello ve Arendt (2009), glütensiz ekmeklerin kalite özelliklerini geliştirmek amacıyla glütensiz ekmek yapımında ekşi maya yöntemini uygulamışlar ve söz konusu yöntemin glütensiz ekmeklerin tekstürel ve duyuşal özellikleri ile raf ömrünü olumlu yönde etkilediğini saptamışlardır.

Glütensiz ürünlerin üretiminde kullanılan pirinç+kavuzlu karabuğday unu ve pirinç+kavuzsuz karabuğday unu karışımları, miksolab cihazında buğday ununa benzer reolojik özellikler göstermiştir. Her iki karışımda da pirinç ununun karabuğday ununa oranı sırasıyla 90:10, 80:20 ve 70:30 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, kavuzlu karabuğday unu içeren glütensiz ürünlerin, kavuzsuz karabuğday unu içerenlere göre daha yüksek su

absorbsiyon kapasitesine, daha düşük stabiliteye, daha zayıf protein ağ yapısına ve daha düşük viskoziteye sahip olduğunu göstermiştir (Torbica, HadnaCev ve Dapcevic, 2010).

Demirkesen, Mert, Sumnu ve Şahin (2010) yaptıkları çalışmada; emülgatörlü ve emülgatörsüz farklı gamlar içeren glütensiz pirinç ekmeği formülasyonunun reolojik özelliklerini ve ekmeklerin kalite özelliklerini (hacim, sertlik ve duyu analizi) incelemiştir. En iyi glütensiz ekmek formülasyonunu bulmak için farklı gamlar (ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, hidroksil propil metil selüloz, pektin, ksantan-guar gam ve ksantan-keçiyoynuzu gamı karışımı) ve emülgatörler [Purawave (lesitin, soya proteini, mono/digliseritler ve bitkisel gamlardan oluşan karışım) ve DATEM] kullanmışlardır. Gam ve emülgatör içermeyen pirinç unu ve buğday unu karışımları kontrol formülasyonları olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, hamur formülasyonlarında istenen fiziksel özellikleri elde etmek için gamlara ek olarak emülgatörlerin de gerekli olduğu, emülgatör olarak DATEM'in hamurun reolojik özelliklerini daha fazla geliştirdiği tespit edilmiştir. Gamlar söz konusu olduğunda hamur yapısını iyileştirmede en etkili gamların ksantan gam, ksantan gam+keçiyoynuzu gamı ve ksantan gam+guar gam karışımları olduğu belirlenmiştir.

Miñarro, Albanell, Aguilar, Guamis ve Capellas (2012) çalışmalarında; üç farklı baklagil unu (nohut unu, bezelye izolatu ve soya unu) ve keçiyoynuzu unu olmak üzere toplam dört farklı un kullanarak oluşturdukları glütensiz ekmek formülasyonlarının özelliklerini incelemiştir. Keçiyoynuzu unu iyi reolojik özelliklere sahip hamur yapısı oluşturmuş ancak ekmekler tekstürel ve duyu özellikleri açısından zayıf bulunmuştur. Nohut unlu ve bezelye izolatu ekmekler, incelenen tüm parametrelerde iyi sonuçlar vermiş ve bu bileşenlerin soya ununa iyi bir alternatif olabileceği ileri sürülmüştür.

Ziobro, Witczak, Juszczak ve Korus (2013) yaptıkları bir çalışmada; glütensiz hamur karışımlarının farklı kaynaklardan elde edilen protein konsantreleri ve izolatları ile zenginleştirilme olasılığını ve elde edilen glütensiz ekmeklerin tekstürel ve duyu özelliklerini incelemiştir. Çalışmalarında albümin, kolajen, bezelye, acı bakla ve soya proteinlerini kullanmışlardır. Ekmek hamurlarının reolojik analizlerinde, eklenen protein konsantrelerinin, viskoelastik özellikleri olumlu yönde etkilediği, ekmek hacmi üzerindeki etkilerinin de kullanılan protein konsantrisi/izolatına göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Soya proteini ve kolajen, ekmek hacmini düşürürken; acı bakla ve albümin, hacimde önemli bir artışa neden olmuştur. Duyusal değerlendirmede, genel beğeni bakımından en fazla beğenilen bezelye proteinli ekmek, en az kabul gören de soya proteini içeren ekmek olmuştur.

Turkut, akmak, Kumcuoğlu ve Tavman (2016) yaptıkları çalışmada; kinoa, karabuğday, pirinç unu ve patates nişastasından oluşan yeni bir glütensiz ekmek formülasyonu geliştirmişlerdir. Çalışmada, ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve duysal özellikleri incelenmiştir. Kinoa ununun ilave miktarı, ekmek örneklerinin pişme kaybını, özgül hacmini ve protein içeriğini önemli düzeyde etkilemezken, %25 kinoa unu içeren ekmek daha yumuşak dokusu ile duysal değerlendirmede diğer ekmek örneklerinden daha yüksek puanlar almıştır. Bu nedenle kinoa ve karabuğday unu karışımının, glütensiz ekmek formülasyonları için iyi bir alternatif olacağı ileri sürülmüştür.

Phongthai, D'Amico, Schoenlechner ve Rawdkuen (2016), pirinç unu bazlı glütensiz ekmekleri; pirinç kepeği protein konsantresi, yumurta albümini ve bunların kombinasyonları ile zenginleştirmişlerdir. Glütensiz ekmeklerin elastik yapısı, pirinç kepeği protein konsantresi ilavesiyle önemli oranda gelişirken, yumurta albümininin eklenmesi hamur stabilitesini arttırmıştır. Çalışma sonucunda, yumurta albümininin glütensiz ekmek yapımında pirinç kepeği protein konsantresi ile başarıyla kullanılabilereği tespit edilmiştir.

Marston, Khouryieh ve Aramouni (2016) glütensiz ekmek ve kekte ısııl işlemin, sorgum ununun işlevselliği üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, sorgum ununu 15, 30 ve 45 dk. süreyle iki farklı sıcaklıkta (95°C ve 125°C) kuru ısıya tabi tutmuşlardır. Isıl işlem görmüş sorgum unlarından yapılan glütensiz ekmek ve kekin fiziko-kimyasal ve duysal özelliklerini kontrol ekmeği ve keki ile karşılaştırmışlardır. Sorgum ununa uygulanan ısııl işlem, kek ve ekmek kalitesinde önemli rol oynayan viskozite değerlerini arttırmıştır. Sonuçlar, glütensiz diyete ihtiyaç duyan tüketiciler için sorgum bazlı glütensiz gıdaların iyi bir tercih olabileceğini göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada; mısır ununa %5, %10 ve %15 olmak üzere farklı oranlarda soya unu ilavesiyle hazırlanan glütensiz ekmeklerin besin değerleri ile fiziko-kimyasal ve duysal özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında soya unu ilave oranının artışıyla birlikte glütensiz ekmeğin protein içeriği %9,8'den %12,9'a, yağ içeriği %3,3'ten %4,1'e, lif içeriği %0,29'dan %0,38'e, kül içeriği %1,7'den %2,2'ye artış göstermiş, buna karşılık nem oranı %27,9'dan %26,5'e ve karbonhidrat oranı da %58,3'ten %52,3'e düşmüştür. En yüksek toplam duysal değerlendirme puanını %15 soya unu içeren ekmek örneği almış, söz konusu ekmeğin kabuk ve ekmek içi rengi ise diğer ekmek örneklerinden önemli oranda daha koyu bulunmuştur.

Sonuç olarak, glütensiz ekmeğe yüksek oranda soya unu ilavesinin ekmeğin kalitesini, duyuşal özelliklerini ve besin değerini iyileştirebileceği tespit edilmiştir (Taghdir vd., 2016).

Rózyło, Hassoon, Gawlik-Dziki, Siastała ve Dziki (2016) yaptıkları çalışmada; glütensiz ekmek formülasyonuna un ağırlığının %2, %4, %6, %8 ve %10'u oranında kahverengi alg tozu ilavesinin ekmeklerin fiziksel özellikleri ve antioksidan kapasitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında, %4 oranında alg tozu ilave edilen ekmekte daha fazla hacim artışı saptanmıştır. Kahverengi alg ilavesi, glütensiz ekmeklerin antioksidan aktivitesini önemli ölçüde arttırmış ve glütensiz ekmek üretiminde kahverengi alg tozunun kullanılabilceği belirtilmiştir.

Sandri, Santos, Fratelli ve Capriles (2017) yaptıkları çalışmada; kabul edilebilir duyuşal özelliklere sahip tam tane chia unu içeren glütensiz ekmek formülasyonu geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda en iyi formülasyonların, duyuşal değerlendirmede 10 üzerinden sırasıyla 8,7, 8,1 ve 7,9 genel kabul edilebilirlik puanları alan %5, %10 ve %14 tam tane chia unu içeren pirinç unu karışımlarından elde edildiği, fiziksel özellikler ve görünüm açısından chia ununun tek başına glütensiz ekmek üretimi için uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Glütensiz ekmekte doku geliştirici olarak hidrokolloidlere yeni alternatifler araştırılmış ve içerdieği bileşenler nedeniyle nohut ununun glütensiz ekmeğin dokusunu iyileştirmek için ksantan gam gibi hidrokolloidlerin yerine ikame edilebileceği belirtilmiştir (Bird, Pilkington, Saputra ve Serventi, 2017).

Marti vd. (2017), yaptıkları bir çalışmada; farklı oranlarda teff unu, ekşi maya ve laktik asit bakterilerinin ilavesiyle yeni bir glütensiz ekmek formülasyonu hazırlamışlar ve önemli miktarda teff unu (%25) ilavesi ile kontrol ekmeğinden daha iyi besin içeriğine sahip glütensiz ekmek üretmenin mümkün olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Rinaldi, Paciulli, Caligiani, Scazzina ve Chiavaro (2017), kestane unu ve ekşi maya ile yaptıkları glütensiz ekmek çalışmasında; elde ettikleri glütensiz ekmeğin 5 günlük raf ömrü boyunca teknolojik kalitesini ve besin içeriğini analiz etmişlerdir. Ekşi maya fermantasyonu ve kestane unu, ekmek hacmini ve ekmek içinin heterojenliğini azaltmıştır. Ekşi hamur teknolojisi, raf ömrü boyunca, istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte ekmek içinin nem düzeyinin artmasını sağlamıştır. Ekşi hamur ve kestane unu, glütensiz ekmeklerin başlangıç ekmek içi sertlik değerlerinde artışa yol açmış, ancak 5. günün sonunda ekmek içi

sertlik değerlerinde önemli oranda azalma saptanmıştır. Ekşi hamur fermantasyonu glütensiz ekmeklerin *in vitro* sindiriminde nişastanın hidroliz oranını önemli düzeyde azaltarak ekmeklerin glisemik indeks (GI) değerini düşürmüştür.

Kenevir unu ve kenevir proteini konsantresinin, glütensiz ekmek yapımında kullanıldığı bir çalışmada, kenevir tohumunun besin içeriği bakımından son derece zengin olduğu ve glütensiz ekmeklerin besin içeriğini arttırmada kullanılabileceği ileri sürülmüştür (Korus, Witczak, Ziobro ve Juszcak, 2017).

Bourekoua vd. (2018) yaptıkları çalışmada; Hindistan'da yetişen ve yaprakları çay olarak da tüketilen *Moringa oleifera* bitkisinin yapraklarını kurutup öğüterek elde ettikleri toz ekstraktı glütensiz ekmek yapımında kullanmışlardır. *Moringa oleifera* yaprak tozunun, ekmeğin toplam fenolik madde ve antioksidan içeriğini önemli oranda arttırdığını ve çölyak hastaları için üretilen glütensiz ekmeğin biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmesinde iyi bir kaynak olabileceğini saptamışlardır.

Bourekoua vd. (2018), pirinç irmiğine fasulye irmiği ilavesiyle yaptıkları glütensiz ekmek çalışmasında, çeşitli katkıların (agar-agar, su, gam arabik, keçiyoynuzu gamı, tapyoka nişastası ve mısır nişastası) etkilerini araştırmışlardır. Gam arabik, tapyoka, mısır nişastası ve su ilavesi glütensiz ekmeklerin spesifik hacmini önemli oranda ($p<0,05$) arttırmış; agar-agar, gam arabik, tapyoka nişastası ve suyun ilavesi ekmeğin sertliğini; gam arabik ve su ilavesi ekmeğin çiğnenebilirlik özelliğini; gam arabik, tapyoka nişastası, mısır nişastası ve su ilavesinin ise ekmeğin esnekliğini etkilediği belirlenmiştir. Kullanılan katkıların arasında interaksiyon gözlenmiş olup, su ve gam arabik analiz edilen tüm ekmek parametrelerini önemli oranda ($p<0,05$) etkilemiştir. Bu verilere göre ekmek formülasyonu optimize edilmiş ve pirinç/fasulye irmiği içeren formülasyonda optimum gam arabik oranı %1,5 ve su oranı da %71,5 olarak belirlenmiştir. Optimum formülasyonla hazırlanan glütensiz ekmek, hamur geliştirici kullanılmayan glütensiz kontrol ekmeğine göre yüksek hacim, iyi tekstürel özellikler vermiş ve duyuşal değerlendirmede de yüksek kabul edilebilirlik puanı almıştır.

Yapılan bazı çalışmalar, keten tohumu gamının ekmek hamurunun viskozitesini arttırdığını göstermiştir. Kumar, Bejkar, Du ve Serventi (2018) yaptıkları çalışmada; keten (*Linum usitatissimum*) ve akasyadan (*Acacia dealbata*, *A. decurrens*, *A. terminalis* ve *A. verniciiflua*) elde edilen tohum tozlarının %1 oranında ilavesinin glütensiz ekmeğin dokusu ve

hacmi üzerindeki etkilerini incelemişler, glütensiz ekmek formülasyonlarına keten ve akasya tohumu tozlarının eklenmesinin, ekmek kalitesini geliştirdiğini ileri sürmüşlerdir.

Liu vd. (2018), farklı konsantrasyonlardaki hidrokolloidlerin (hidroksipropil metil selüloz, karboksimetil selüloz, ksantan gam ve elma pektini) hamurun termo-mekanik özelliklerini ve glütensiz patates ekmeğinin buharda pişirilmesinin nişasta sindirilebilirliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Hidrokolloid ilavesi patates hamurunun jelatinleşme sıcaklığını 52,0°C'den 64,2°C'ye ve su absorpsiyonunu %56,22'den %66,50'ye arttırmış, hidrokolloid ilave edilen buharda pişmiş ekmeklerin spesifik hacmi daha yüksek, ekmek içi sertliği daha düşük olmuş, hızlı sindirilen nişasta oranı 45,51'den 20,64'e, ve GI (glisemik indeks) değeri 69,54'ten 55,17'ye düşmüş, sonuç olarak hidroksipropil metil selüloz ve ksantan gamın glütensiz patates ekmeğinde kalite özelliklerini geliştirmek üzere kullanılabilceği belirtilmiştir.

Feizollahi vd. (2018) yaptıkları çalışmada; İran'da sıcak ve kurak bölgelerde yetişen iki çeşit pirinç ile (Khouzestan ve Lenjan) sıcak ve nemli bölgelerde yetişen iki çeşit pirincin; (Hashemi ve Tarom), glütensiz ekmek yapımında hamur reolojisi, nişasta sindirilebilirliği ve bazı kalite özelliklerinin (renk, spesifik hacim) karşılaştırılmasını hedeflemiştir. Ayrıca, pirinç çeşitlerinin hidrasyon özellikleri, jelatinleşme sıcaklıkları ve nişasta-granül morfolojisi değerlendirilmiştir. Khouzestan çeşidi, duyuusal değerlendirme testinde en yüksek puanı almıştır. İran'da ucuz bir pirinç çeşidi olan Khouzestan pirinci, ekmeklerin kalite testlerinin sonuçlarına göre glütensiz ekmek üretimi için en uygun çeşit olarak gösterilmiştir.

Nar çekirdeği tozu ilavesinin glütensiz ekmeğin fiziksel, duyuusal ve antioksidan özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; nar çekirdeği tozu, glütensiz ekmek formülüne %2,5, %5,0, %7,5 ve %10 oranlarında dahil edilmiştir. Karşılaştırma için, nar çekirdeği tozu eklenmeden yapılan glütensiz ekmek formülasyonu kullanılmıştır. Sonuçlar, nar çekirdeği ilavesi sonucu glütensiz ekmeklerin özgül hacminin arttığını, ancak ekmek içi sertliğinin ve çiğnenebilirliğin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Nar çekirdeği tozunun glütensiz ekmeğe eklenmesi, ekmek içi ve kabuk renginin açıklığını (L*) ve sarılığını (b*) azaltırken kızarıklığını (a*) arttırmıştır. Toplam fenolik madde içeriğinin, nar çekirdeği tozu ilavesiyle (%2,5-%10) %46'dan %181'e yükseldiği ve antioksidan aktivitenin, nar çekirdeği tozu eklenmiş ekmekte önemli ölçüde arttığı görülmüştür. En yüksek nar çekirdeği tozu yüzdesine sahip ekmeğin en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Duyusal açıdan ve antioksidan aktivite için, optimum nar çekirdeği tozu ilave oranı %7,5 olarak bulunmuştur (Bourekoua vd., 2018).

Conte, Del Caro, Balestra, Piga ve Fadda (2018) yaptıkları çalışmada; arı polenin %1, %2, %3, %4 ve %5 oranlarında ilavesinin glütensiz ekmeklerin besin değeri, biyoaktif ve aroma bileşimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Arı polenin glütensiz ekmek formülasyonlarına dahil edilmesi; proteinleri, mineralleri, polifenoller, karotenoidleri ve neredeyse tüm ilave oranlarında (%2-%5) antioksidan aktiviteyi arttırdığı saptanmıştır.

Horstmann vd. (2019) yaptıkları çalışmada; farklı bitki filizlerinden (amarant, esmer darı, mısır, mercimek, acı bakla, bezelye ve kinoa) elde edilmiş unların glütensiz ekmek üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Bileşimlerindeki farklılıkların, unların hidrasyon özelliklerini dolayısıyla da hamur özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Yüksek lif ve protein içeriğine sahip acı bakla filizlerinden elde edilmiş unun, spesifik kimyasal bileşiminden kaynaklı olarak en yüksek hidrasyon özelliği gösterdiği saptanmıştır. Bununla birlikte, en düşük hidrasyon özelliğine sahip esmer darı filizlerinden elde edilen un ile formüle edilmiş ekmekler en yüksek ekmek içi sertliği göstermiştir. Filizlenmiş unları içeren tüm glütensiz ekmek örneklerinin, kontrol örneklerine göre kalite parametrelerinde genel olarak iyileşme sağlandığı tespit edilmiştir. Mısır filizi ununa ait protein, yağ, kül ve nem değerleri sırasıyla 5,64 g/100g, 2,52 g/100g, 0,63 g/100g ve 13,03 g/100g; esmer darı filizi ununa ait değerler ise sırasıyla 10,86 g/100g, 4,29 g/100g, 3,19 g/100g ve 11,17 g/100g arasında saptanmıştır. Bu unlardan yapılan ekmeklerin spesifik hacim, pişme kaybı ve renk değerleri ise mısır filizi için sırasıyla 2,66 ml/g, %17,66, 62,50 (L*), -1,50 (a*) ve 8,03 (b*); esmer darı için sırasıyla 2,77 ml/g, %18,02, 55,80 (L*), 0,6 (a*) ve 12,64 (b*) olarak belirlenmiştir.

Witczak, Korus, Ziobro ve Juszczak (2018) çalışmalarında; mumsu nişastanın, nişasta bazlı glütensiz ekmeğin hamur yapısının oluşumu ve bayatlama üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ekmek formülasyonundaki mısır/patates nişastasası karışımını, kısmen mumsu mısır/mumsu patates nişastasası karışımı ile ikame etmişler, hamurun reolojik özelliklerinde ve ekmeğin kalitesinde ortaya çıkan değişiklikleri ve bayatlama kinetiğindeki değişimleri ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak, patates ve mısır nişastasası içeren formülasyona dayalı glütensiz ekmeğin tekstürel özelliklerini geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak için mumsu nişastanın kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Gusmão vd. (2019) yaptıkları çalışmada; kırmızı pirinç unu, mikrobiyal transglütaminaz ve prebiyotik (inülin) ile formüle edilmiş glutensiz ekmek geliştirmeyi amaçlamışlardır. Kırmızı pirinç unu, besin kalitesi nedeniyle fırıncılık sektöründe hammadde olarak kullanılabilir potansiyele sahiptir. Ancak sonuçlar, tüketici tercihleri nedeniyle ekmek yumuşaklığını geliştirmek üzere daha çok formülasyon çalışmasının gerektiğini ortaya koymuştur.

Wu vd. (2019) yaptıkları çalışmada; pirinç ununun farklı öğütme yöntemlerinin (ıslak öğütme, siklon öğütme ve ultra ince öğütme) glutensiz ekmek özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Öğütme yönteminin pirinç ununun zedelenmiş nişasta içeriğini, nişasta granülünün durumunu, jelatinleşme sıcaklığını ve absorpsiyon entalpisini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Ultra ince öğütme ve siklon öğütme ile karşılaştırıldığında, yaş öğütme ile hazırlanan pirinç ununun daha düşük zedelenmiş nişasta içeriği, daha sağlam nişasta granülleri, daha yüksek jelatinleşme sıcaklığı ve absorpsiyon entalpisi, daha yüksek jel mukavemeti sağladığı bildirilmiştir.

Rybicka, Doba ve Binczak (2019), ev yapımı glutensiz ekmeklerin, glutensiz diyetle önemli bir yere sahip olduğunu çünkü ticari olarak satılan glutensiz ekmeklerin genellikle daha az beğenildiğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; dört kolay ev yapımı glutensiz ekmeğin besin içeriklerini (yağ, protein, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, bakır, demir, çinko, manganez), maliyetlerini ve tüketici kabulünü araştırmışlardır. Mısır ve pirince dayalı glutensiz ekmek formülasyonunun (kontrol ekmeği) teff unu, amarant unu veya kinoa unu ile belirli oranlarda ikame edilmesinin, ekmeklerin besin içeriğini önemli ölçüde değiştirdiğini, glutensiz diyet uygulayan insanlar arasında yapılan duyusal analizlerde en yüksek tüketici kabulünün kinoa ve teff içeren ekmeklerde olduğunu bildirmişlerdir.

Arıcı, Özülkü, Kahraman, Yıldırım ve Toker (2020) yaptıkları çalışmada; göleveze ununun, buğday ekmeği ve glutensiz ekmek üretimi için kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Her iki ekmek çeşidinde de göleveze ununun ikame oranı %3,15, %6,30, %12,50, %18,70 ve %25,00 olarak belirlenmiştir. Buğday unu ekmeği ve glutensiz ekmek formülasyonlarına göleveze ununun eklenmesinin, hamur yapısını güçlendirici etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca ekmek formülündeki göleveze unu oranı arttıkça ekmeklerin diyet lifi içeriği de artmıştır. Ancak dirençli nişasta içeriği, göleveze unu ilavesine bağlı olarak buğday unu kullanılan ekmeklerde artarken, glutensiz ekmeklerde azalmıştır. Duyusal değerlendirmede, göleveze ununun glutensiz ticari karışımlar için %18,70'e, buğday ekmeği

formülasyonlarında ise %12,5'e kadar ikame seviyesinin kabul edilebilir olduğu, tat ve genel kabul edilebilirlik açısından gölevez ununun glutensiz ekmeklerde buğday ekmeğine göre daha iyi etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Diprat, Thys, Rodrigues ve Rech (2020) çalışmalarında; glutensiz ekmeğin beslenme kalitesini arttırmak için bezelye ununa mikro alg (*Chlorella sorokinii*) tozu ilave etmişlerdir. Glutensiz ekmeğin formülasyonunda, pirinç unu ve mısır nişastası karışımının 100 g'ına 2,5 g ve 5,0 g oranlarında mikro alg tozu eklenmiş ve elde edilen karışım bezelye unu ile belirli oranlarda ikame edilerek glutensiz ekmeğin formülasyonu hazırlanmıştır. Karotenoid profilinin ve yağ asitleri bileşiminin değerlendirilmesi için, pişirme sıcaklığı ve süre olarak iki parametre belirlenmiştir (220°C/12 dk ve 180°C/15 dk). Kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında, %5,0 oranında mikro alg tozu ilave edilen glutensiz ekmeğin protein içeriği 67 mg/g'dan 85 mg/g'a, lutein içeriği 1,6 µg/g'dan 57,5 µg/g'a ve yağ asitleri kompozisyonundaki omega-3 içeriği %5,0'den %6,1'e çıkmış, duyu analizlerde mikro alg tozu ilavesinin ekmeğin örneklerinin tekstürel özelliklerini ve hacimlerini etkilemediği tespit edilmiştir.

Rios vd. (2020), kahveden izole ettikleri diyet lifinin glutensiz ekmeklerin fiziko-kimyasal, besleyici ve duyu özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Kahve lifini içeren ekmeğin örneklerinin kontrol ekmeğine göre diyet lifi ve protein içeriklerinin daha yüksek olduğu, kahve lifi ilavesinin hamur verimini ve elastikiyetini arttırdığı, ekmeğin içi sertliğini azalttığı tespit edilmiş, üretilen glutensiz ekmeklerin besin içeriğinin, duyu ve fiziko-kimyasal özelliklerinin olumlu yönde geliştiği ileri sürülmüştür.

Santos, Aguiar, Centeno, Rosell ve Capriles (2020) yaptıkları çalışmada; nohut unu, pisilyum (*Plantago ovata*), siklodekstrin glikosil transferaz ve transglutaminazın hamur parametreleri ve glutensiz ekmeğin özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Nohut ununun, glutensiz taze ekmeğin spesifik hacmini ve ekmeğin içi sertliğini arttırdığı hem pisilyumun hem de pisilyum+nohut unu karışımının muhafaza sırasında ekmeğin örneklerinin spesifik hacmini azalttığı ve ekmeğin içi sertliğini arttırdığı; nohut unu+siklodekstrin glikosil transferazın muhafaza sırasında ekmeğin içi sertliğini azalttığı, transglutaminazın ise hacim üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuçlar, 75 g nohut unu ve 5,5 g pisilyum karışımının (g/100 g un ağırlığı üzerinden) fiziksel özellikler ve görünüş bakımından taze ve muhafaza edilmiş ticari glutensiz ekmeklere benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

Moghaddam, Jalali, Nafchi ve Nouri (2020) çalışmalarında, laktik asit bakterileri (*Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus fermentum*) ve zeytin yaprağı ekstresi (%5 ve %10 oranlarında) kullanarak mısır ve pirinç bazlı ekşi mayalı glutensiz ekmek üretimini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, laktik asit bakterilerinin ve zeytin yaprağı ekstresinin glutensiz ekmeğin kalite özelliklerini olumlu etkilediğini, bayatlamasını geciktirdiğini, ekmeğin aromasını iyileştirerek duyuşal açıdan kabul edilebilirliğini arttırdığını ortaya koymuştur.

Nissen, Samaei, Babini ve Gianotti (2020) yürüttükleri bir çalışmada; ekşi maya yöntemiyle üretilen glutensiz ekmeklerin protein içeriğini zenginleştirmek amacıyla formülasyona kriket (cır cır böceği) unu ilave etmişler ve kriket unu ilavesinin ekmeklerin besin değerini ve antioksidan içeriğini arttırdığı, sürdürülebilir protein kaynağı olarak glutensiz ekmeklerde özellikle protein içeriğini zenginleştirmek amacıyla kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Glutensiz ekmeklere protein ilavesi genellikle hamurda gluten benzeri yapıyı oluşturmak ve besin içeriğini zenginleştirmek için yapılmaktadır. Graça, Raymundo ve Sousa yaptıkları çalışmada (2020), hamur yapısını güçlendirmek ve ekmek özelliklerini iyileştirmek amacıyla glutensiz ekmek yapımında denatüre peynir altı suyu proteinlerini kullanmışlardır. Elde edilen bulgular, ekmeğin kalite özelliklerinin ve besin içeriğinin denatüre peynir altı suyu proteinlerinin ilavesiyle artırılabilirliğini ve bu etkilerin denatüre peynir altı suyu proteinlerinin bileşimiyle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

2.3.2. Darılar ile Yapılan Çalışmalar

Tadı ve kalite özellikleri iyi bir erişte üretimi için formülasyonda %20 oranında kum darı unu kullanılabilir. Darı ununun %40'ın üzerine çıkması, eriştede istenmeyen pürüzlü yapıya neden olur (Lorenz ve Dilsaver, 1980).

Khalil, Sawaya, Safi ve Al-Mohammad (1984), Suudi Arabistan'da yetiştirilen 2 farklı sorgum çeşidiyle gerçekleştirdikleri çalışmada, beyaz ve kırmızımsı beyaz sorgum unlarının ve bunlardan elde edilen ekmeklerin kimyasal özelliklerini ve besin içeriğini karşılaştırmışlardır. Çalışmada kullanılan sorgum unlarının nem, protein, yağ ve kül değerleri sırasıyla %12,1-12,4, %15,3-15,9, %4,7-5,1 ve %2,2-2,3; ekmeklerin ise sırasıyla %27,2-35,4, %15,7-16,4, %4,0-5,1 ve %2,2-2,5 aralığında bulunmuştur. Mineral madde analizi

sonucunda elde edilen Na, K, Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn değerleri sorgum unları için sırasıyla 21-23 mg/100g, 458-463 mg/100g, 16-18 mg/100g, 396-407 mg/100g, 54-58 mg/100g, 4,5-4,0 mg/100g, 3,2-3,3 mg/100g, 0,7-0,8 mg/100g ve 3,4-3,5 mg/100g; ekmek örneklerinde ise sırasıyla 133-174 mg/100g, 300-308 mg/100g, 23-30 mg/100g, 187-259 mg/100g, 49-57 mg/100g, 4,2-5,4 mg/100g, 2,3-2,5 mg/100g, 0,6-0,7 mg/100g ve 2,3-2,8 mg/100g aralığında tespit edilmiştir.

Chaudhary ve Kapoor (1984), üç farklı inci darı çeşidinden elde edilen unlar üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada; darı unlarının farklı koşullarda depolanmasının, darı ununun kimyasal içeriği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kullanılan inci darı unlarının nem, protein, kül ve yağ değerleri sırasıyla 7,8-8,2 g/100g, 10,4-13,1 g/100g, 1,8-2,5 g/100g ve 5,8-7,7 g/100g aralığında bulunmuştur. Depolama sonrasında nem, şeker, serbest yağ asitleri, yağ asitliği ve peroksit seviyelerinin arttığını; α -tokoferol ve β -karotenin seviyelerinin azaldığını; protein, kül, ham lif ve fosfolipid konsantrasyonlarının etkilenmediğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda, depolama koşullarından en az etkilenen unun, polietilen torbalarda saklanan un, en fazla etkilenen unun ise çuvallarda depolanan un olduğu belirlenmiştir.

Mısır, pirinç ve darı, çölyak hastalığı olan bireyler için herhangi bir yan etkiye yol açmaz (Godkin ve Jewell, 1998). Kum darıda bulunan proteinler de glüten hassasiyeti olan bireyler için tamamen güvenilirdir (Petr, Michalik, Tlaskalova, Capouchova ve Famera, 2003).

Sıçanlarla yapılan deneyler, kum darının kronik karaciğer yetmezliği durumunda karaciğer hasarı için önleyici bir gıda olarak kabul edilebileceğini doğrulamıştır. Kum darı proteinlerinin karaciğer hasarı üzerindeki baskılayıcı etkisinin amino asit profilleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir (Nishizawa vd., 2002).

Kamaraddi ve Shanthakumar (2003), ekmek yapımında kullanılmak üzere ekmeklik buğday ununa farklı oranlarda beş çeşit darı ununu (ragi darı, küçük darı (little millet), cin darı, barnyard darı ve kum darı) ilave ettikleri bir çalışmada, buğday ununun %10–20 oranında darı unuyla ikame edilmesinin mümkün olduğu sonucuna varmışlardır. Darı unlarının ikame oranları arttıka ekmeklik un karışımlarının glüten içeriği, sedimentasyon değeri ve ekmek hacimlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Schober, Messerschmidt, Bean, Park ve Arendt (2005), 10 farklı sorgum ununun glütensiz ekmek yapma kalitesini tespit etmek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Formülasyonda (nispi bazda) sorgum unu (70), mısır nişastası (30), su (105), tuz (1.75), şeker (1) ve kuru maya (2) kullanılmıştır. Yapılan ekmeklerin spesifik hacim, pişme kaybı, sertlik, iç yapışkanlık ve su aktivitesi değerleri sırasıyla 1,77-1,84 ml/g, %13,4-14,7, 7,5-21,6 N, 0,46-0,71 ve 0,986-0,988 a_w aralığında saptanmıştır. Ekmeklerin kabuk rengi değerleri L^* 53,8-63,1, a^* -0,5-6,5 ve b^* 25,1-32,5; ekmek içi renk değerleri L^* 54,8-62,9, a^* -5,7-0,3 ve b^* 15,2-19,3 aralığındadır. Artan su seviyeleri ekmeğin spesifik hacmini arttırırken, artan ksantan gam seviyeleri hacmi azaltmıştır.

Sehgal ve Kawatra (2007), inci darı unu (%40-80), rafine buğday unu (%10-50) ve maş fasulyesi unu (%10) içeren farklı karışımlarla tatlı, tuzlu ve peynirli bisküviler yapmışlar; tatlı ve tuzlu bisküvilerin, sadece buğday unundan hazırlanan bisküvilere kıyasla daha yüksek besin içeriğine sahip olduklarını ancak fitik asit gibi anti-besinlerin içeriğinin daha fazla olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Saha vd. (2011), ragi darı ve buğday ununun farklı oranlardaki karışımlarını içeren formülasyonlarla bisküvi denemesi yapmışlar ve bisküvi hamurlarının sertliğinin 60/40 (ragi darı unu/buğday unu) karışım oranında 70/30 (ragi darı unu/buğday unu) karışım oranına göre daha fazla olduğunu, buğday unu oranının artmasıyla bisküvi hamurlarının yapışkanlık ve mukavemetlerinde artış görüldüğünü, ancak 70/30 (ragi darı unu/buğday unu) oranı ile hazırlanan bisküvi örneklerinin, 60/40 (ragi darı unu/buğday unu) oranı ile hazırlananlara göre daha fazla kırılma mukavemetine ve yayılmaya sahip olduklarını saptamışlardır.

Anju ve Sarita (2010), cin darı ve barnyard darı kullanarak bisküvi formülasyonu hazırlamışlardır. Formülasyonda rafine buğday unu, darı unları ile %45 oranında ikame edilmiş; yağ, yumurta, kabartma tozu ve peynir altı suyu tozu gibi diğer tüm bileşenler bisküvi yapımında standart işlemde olduğu gibi kullanılmıştır. Darı bazlı bisküvilerin duyusal değerlendirmesi, iyi bir genel kabul edilebilirlik sağlamıştır. Ayrıca rafine buğday unu bisküvilerine kıyasla darı bazlı bisküvilerin daha yüksek ham lif, toplam kül ve toplam diyet lifi içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Cin darı unundan elde edilen bisküvilerin glisemik indeks değerleri, barnyard darı unu ve rafine buğday unundan elde edilen bisküvilerden daha düşük bulunmuştur.

Bagdi vd. (2011) yaptıkları çalışmada; altı çeşit kum darı ile ticari olarak temin edilebilen iki darının beslenme potansiyelini araştırmışlardır. Darı örneklerinin beslenmedeki potansiyelini belirlemek üzere mineral madde içeriklerini, antioksidan kapasitelerini, toplam

fenol içeriklerini (antioksidan kapasiteye bağlı), diyet lifi içeriklerini ve kabuk tabakasını uzaklaştırmanın bu bileşenler üzerindeki etkileri ile darı çeşitlerinin protein profili ve nişastanın amiloz/amilopektin oranlarını analiz etmişlerdir. Darı çeşitlerinin yapılan makro besin analizinde protein, yağ ve kül değerleri sırasıyla %11,23-15,20, %2,98-4,49 ve %1,00-1,36 aralığında tespit edilmiştir. Çeşitlerin protein içerikleri arasında önemli farklılıklar bulunduğu, mineral madde içeriklerinin ise genelde düşük çıktığı, diğer tahıllara kıyasla kepekli darının diyet lifi içeriğinin daha yüksek olduğu, protein ve yağ içeriği üzerinde kabuk tabakasını soymanın önemli bir etkisinin olmadığı ancak ham lif, diyet lifi, mineraller, toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasitesinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.

Singh, Mishra ve Mishra (2012) yaptıkları çalışmada; farklı darı çeşitlerini buğday ununa ilave ederek darının besleyici özelliği ile buğdayın hamur oluşturabilme kabiliyetini araştırmışlardır. %61,8 barnyard darı+%31,4 buğday unu+%6,8 glüten (BBU) ve %9,1 barnyard darı +%10,1 ragi darı+%10,2 kum darı+%69,6 buğday unu (BRKBU) olmak üzere iki farklı formülasyon oluşturmuşlardır. Un paçalarında yaptıkları analizlerde nem, yağ, protein ve kül değerlerini BBU için sırasıyla %7,8, %1,7, %12,1 ve %1,4; BRKBU için sırasıyla %8,2, %1,5, %10,8 ve %1,5 olarak belirlemişlerdir. Bu un paçallarından yapılan ekmeklerin nem, yağ, protein, kül ve renk değerlerini ise BBU için sırasıyla %34,1, %0,6, %11,6, %1,5, 85,30 (L*), -2,70 (a*) ve 10,7 (b*); BRKBU için sırasıyla %29,8, %0,7, %9,2, %1,4, 31,0 (L*), 8,0 (a*) ve 18,0 (b*) olarak saptamışlardır. Duyusal analiz sonuçlarına göre darı unu ilavesiyle hazırlanan ekmek örneklerinin kabul edilebilirliğinin buğday ekmeğine neredeyse eşit olduğu bildirilmiştir.

Saleh vd. (2013) darı tanelerinin besin kalitesi, işleme ve potansiyel sağlık faydaları üzerine yaptıkları çalışmada analiz ettikleri darı örneklerinin ortalama protein, yağ ve kül değerlerini sırasıyla %12,5, %3,5 ve %3,5 olarak tespit etmişlerdir.

Surekha, Ravikumar, Mythri ve Devi (2013), barnyard darı unu bazlı kurabiyelerin duyu özelliklerini ve besin içeriklerini analiz ettikleri çalışmalarında, millet unu ve bakliyat içeren (%90 barnyard darı unu+%10 soya fasulyesi ve maş fasulyesi unu) kurabiye örneklerinin en yüksek genel kabul edilebilirliğe (%85) sahip olduğunu, bunu %80 kabul edilebilirlik oranı ile sebzeli kurabiyelerin (%90 barnyard darı unu+%10 kurutulmuş havuç) ve %73 kabul edilebilirlik oranıyla kontrol kurabiyelerinin (%100 buğday unu) takip ettiğini, buğday unu bazlı kurabiyelerle karşılaştırıldığında bu formülasyonların makro ve mikro besin bileşimlerinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Winger, Khouryieh, Aramouni ve Herald (2014) glutensiz tortilla üretiminde hammadde olarak dört farklı hibrit sorgum unu kullanmışlardır. Kullanılan sorgumların tane ağırlıkları ve tane çapları sırasıyla 23,10-29,50 mg ve 2,09-2,44 mm; sorgum unlarının nem, protein ve kül değerleri ise sırasıyla %11,44-15,00, %8,61-10,53 ve %1,40-1,45 aralığında bulunmuştur. Sonuçlar, farklı hibrit sorgum çeşitlerinden elde edilen unların, glutensiz ürünlerin kalitesini etkilediğini göstermiştir.

Dhumal, Pardeshi, Sutar ve Jaybhaye (2014) çalışmalarında, patates ve barnyard darı unu bazlı yağsız, mikrodalgada pişirilmiş atıştırma ürünleri geliştirmişlerdir. Barnyard darı unu ve patates ezmesi, 50/50, 55/45 ve 60/40 olmak üzere üç farklı oranda hazırlanarak 10, 15 ve 20 dk süreyle buharda pişirilmiş, en uygun oranın 55/45 olduğu tespit edilmiştir.

Shadang ve Jaganathan (2014), buğday ununa ilave edilen cin darı, ragi darı, kum darı ve inci darı ile bisküvi, kek ve kurabiye gibi unlu mamul formülasyonları oluşturmuşlardır. Bisküvi ve kek için 10/90, 20/80 ve 30/70 oranları seçilirken, kurabiyeler için 15/85, 20/80 ve 25/75 oranları kullanılmıştır. Ürünlerinin duyu değerlendirmesinde, üç farklı kullanım oranının tüm ürün kombinasyonlarında kabul edilebilir olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Rai, Kaur ve Singh (2014), glutensiz kurabiyelerin hazırlanmasında pirinç, mısır, sorgum ve inci darı gibi alternatif unlar kullanmışlardır. Çalışmalarında, inci darı ve sorgum unu kombinasyonunun en yüksek duyu puanına sahip olduğu, bunu sırasıyla pirinç/sorgum, mısır/inci darı, pirinç/inci darı ununu içeren formülasyonlarla hazırlanan kurabiyelerin izlediği, inci darı ve sorgum unu karışımından hazırlanan kurabiyelerin besleyici yönden daha zengin; yağ, protein ve kül değerlerinin de kontrol örneğinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Ballolli, Malagi, Yenagi, Orsat ve Garipey (2014), çeşitli oranlarda buğday unu ve cin darı unu kullanarak ekme formülasyonu hazırlamışlar, tat ve genel kabul edilebilirlik üzerinde önemli bir değişiklik olmadan buğday ununun %50'ye kadar cin darı unu ile başarıyla ikame edilebileceğini, cin darı unu ilavesinin kontrol ekmeğine kıyasla toplam protein ve mineral içeriğinde artış sağladığını ileri sürmüşlerdir. Glutensiz ekme çalışmasında ekme kabuk rengi değerlerini L* (beyazlık) 40,86 (%10 cin darı unu+%90 çok amaçlı un) - 67,24 (%50 cin darı unu+%50 çok amaçlı un), a* (kırmızılık) 0,53 (%50 cin darı unu+%50 çok amaçlı un) -16,14 (%30 cin darı unu+%70 çok amaçlı un), b* (sarılık) 27,44 (%50 cin darı unu+%50 çok amaçlı un) -35,66 (%100 çok amaçlı un); ekme içi renk

değerlerini ise L* -63,14 (%10 cin darı+%90 çok amaçlı un) -72,71 (%100 çok amaçlı un), a* -0,76 (%50 cin darı unu+%50 çok amaçlı un) - -2,42 (%100 çok amaçlı un), b* 13,52 (%100 çok amaçlı un) - 21,90 (%50 cin darı unu+%50 çok amaçlı un), nem oranlarını %29,91 (%50 cin darı+%50 çok amaçlı un) - %33,56 (kontrol); protein oranlarını %11,49 (kontrol) - %12,67 (%50 cin darı+%50 çok amaçlı un) ve yağ oranlarını %4,70 (%50 cin darı+%50 çok amaçlı un) - %6,53 (kontrol) aralığında tespit etmişlerdir.

Ogunsakin, Banwo, Ogunremi ve Sanni (2015), çimlendirilmiş sorgum unundan ekşi maya teknolojisi kullanarak glütensiz ekmekler yapmışlardır. Araştırmada kullanılan sorgum ununun nem, protein, yağ ve kül değerleri sırasıyla %7,52, %10,62, %1,99 ve %1,29 olarak saptanmıştır. Elde edilen ekmeklerin nem, protein, yağ, kül, Ca, Mg, K ve spesifik hacim değerleri ise sırasıyla %25,92-50,40, %11,27-16,60, %2,98-10,97, %1,50-2,13, 6,60-13,15 mg/100g, 68,65-120,75 mg/100g, 126,2-233,25 mg/100g ve 0,94-1,19 ml/g aralığında saptanmıştır. Sorgum ekmeği örneklerinin besin içeriklerinin ve fiziksel özelliklerinin sorgum ununa göre iyileştirildiği ve ekşi mayalı ekmek için beklentiyi karşıladığı ileri sürülmüştür.

Kumari, Madhujith ve Chandrasekara (2016), Sri Lanka'da yetiştirilen ragi darı, cin darı ve kum darı üzerinde yaptıkları çalışmada; nem, protein, yağ ve kül değerlerini sırasıyla %12,6-13,0, %9,37-10,70, %3,09-3,32 ve %2,17-2,26 arasında saptamışlardır.

Fathi, Aalami, Kashaninejad ve Mahoonak (2016) yaptıkları çalışmada; kum darı ununa uygulanan ısı-nem işleminin glütensiz kek kalitesine etkisini araştırmışlardır. Kum darı ununu, iki farklı sıcaklıkta (100°C ve 120°C) ve iki farklı nem düzeyinde (%20 ve %30) bir dizi işlemde geçirmiş ve ardından kek formülasyonunda farklı miktarlarda (%0-100) işlenmiş un olarak kullanmışlardır. Bu unlardan yapılan glütensiz keklerin fiziko-kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçlar, ısı-nem uygulamasıyla elde edilen işlenmiş un kullanımının kek hamurlarının özgül ağırlığını azalttığını, hamur kıvamını artırdığını, kek örneklerinde ise hacim artışını ve kek sertliğinin azalmasını sağladığını, bununla birlikte %30 nemde ve 120 °C'de ısı işlemi uygulanan unun kekin kalitesini olumsuz etkilediğini ve bu unun %100'ünü içeren kek örneğinin panelistler tarafından kabul edilemez olarak değerlendirildiğini, bununla birlikte %30 nemde ve 100°C'de işlenmiş unun %75 oranında kullanılmasının duyuşal kabulü etkilemeden glütensiz darı keklerinin hacmini, rengini ve dokusunu iyileştirdiğini ortaya koymuştur.

Piłat, Ogrodowska ve Zadernowski (2016), hava ve ısıtma işlemiyle geliştirilmiş kum darı ve amarant (*Amaranthus cruentus* L.) tanelerinin kimyasal bileşimini analiz etmişler, kum darı ve amarant örneklerinde nişasta oranını sırasıyla %72,58-%55,53, yağ oranını %8,43-%8,99, protein oranını %13,89- %14,04, amino asit içeriğini 48,30 g/kg-54,03 g/kg, ham lif oranını %4,29-%4,47 ve toplam polifenol oranını %0,98-%0,19 olarak saptamışlar, geliştirilmiş kum darı tanelerinin yüksek miktarda fenolik bileşik ve nişasta ile düşük miktarda diyet lifi ve yağ içerdiğini, her iki ürünün de başta potasyum, kalsiyum, magnezyum ve fosfor olmak üzere makro ve mikro minerallerin önemli bir kaynağı olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Çölyak hastalığı ve glüten duyarlılığının yanı sıra obezite ve aşırı kilonun sebep olduğu hastalıklar, glütensiz tahılların araştırılmasına ve yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. McSweeney, Seetharaman, Ramdath ve Duizer (2017) yaptıkları çalışmada; her ikisi de glütensiz tahıl olan rafine kum darı unu ve rafine mısır ununu (kontrol), çörek, kuskus, ekstrüde atıştırmalık ve yulaf lapası üretiminde kullanmışlardır. Ürünler dört farklı tahıl kombinasyonu ile hazırlanmış (%100 kum darı, %75 kum darı+%25 mısır unu, %25 kum darı unu+%75 mısır unu ve %100 mısır unu) ve besin bileşimleri, *in vitro* nişasta sindirilebilirliği ve glisemik indeks açısından değerlendirilmiştir. Rafine edilmiş kum darı unu kullanılan örneklerin, rafine mısır unu kullanılanlara göre daha yüksek miktarda protein, lipid, lif ve fenolik madde içerdiği, glisemik indeks değerlerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Romero, Santra, Rose ve Zhang (2017) yaptıkları çalışmada; kum darı unundan yapılan makarna hamurunun (%37 nem içerikli) reolojik ve renk özelliklerini buğday unundan yapılan hamurla karşılaştırmışlardır. Kum darı hamurunun fiziksel özelliklerini geliştirmek için, formülasyona, %0, %1 ve %2 konsantrasyonlarında üç hidrokolloid (guar gam, ksantan gam ve sodyum alginat) ilave edilmiştir. Hidrokolloidlerle geliştirilen kum darı makarna hamurunun dokusal özellikleri de incelenmiştir. Buğday hamuru, kum darı hamurundan çok daha yüksek viskozite ve elastikiyet göstermiş, üç hidrokolloidin de hem viskoziteyi hem de elastikiyeti arttırdığı, %2 ksantan gamın elastikiyette en belirgin gelişmeyi sağladığı belirlenmiştir. Genel olarak, hidrokolloidlerin kum darı hamurunu iyileştirme kapasitesi ksantan gam>guar gam>sodyum alginat sırasını takip etmiş, hidrokolloidlerin ilavesi, kum darı hamurunun rengi üzerinde önemli bir etki göstermemiştir.

Yang vd. (2018), mumsu ve mumsu olmayan kum darının kalite özelliklerinin, değişen amiloz içerikleri nedeniyle farklı olduğunu tespit etmişler, beş çeşit mumsu ve beş çeşit mumsu olmayan kum darı çeşidinin fiziksel görünümünü, yapışkanlık ve pişme özelliklerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; mumsu olmayan kum darı ile yapılan yulaf lapası, mumsu kum darı ile yapılan lapaya kıyasla daha viskoz bir yapı göstermiş; pişirilmiş mumsu olmayan kum darı sert, mumsu kum darı ise yapışkan bir yapı vermiş; mumsu olmayan kum darının, mumsu kum darıdan daha yüksek dirençli nişasta ve daha yavaş sindirilebilir nişasta içerdiği tespit edilmiştir. Yang vd. (2018) yaptıkları çalışmada; darı örneklerinin uzunluk, genişlik, bin tane ve renk değerlerini sırasıyla 2,52-2,66 mm, 2,18-2,37 mm 6,01-7,60 g, 64,78-67,89 (L*), 3,08-3,57 (a*) ve 24,73-27,08 (b*) arasında belirlemişlerdir.

Shen vd. (2018), Çin'de üretilen dokuz farklı kum darı çeşidinde antioksidan ve antiproliferatif aktivitelerin farklılıklarını araştırmışlar kum darı çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Kum darılarının oleik ve linolenik asit bakımından zengin olduğu, mumsu olmayan kum darı çeşitlerinin amilaz enzimi ve dirençli nişasta içeriğinin mumsu çeşitlerden önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Değerler fenolik madde ve antioksidan aktivite için sırasıyla 9,28-19,05 mg/g ve 15,65-41,17 µM/g aralığında tespit edilmiştir. Genel olarak, mumsu olmayan kum darı çeşitlerinin fitokimyasal içerikleri ile antioksidan ve antiproliferatif aktiviteleri, mumsu kum darılardan daha yüksek bulunmuş, beslenme ve biyolojik aktivite verileri özellikle mumsu olmayan kum darılarının sağlıklı gıda bileşenleri açısından umut vaat ettiği ileri sürülmüştür.

Cordelino vd. (2019), darı kullanımını arttırmak amacıyla Minnesota'da yetiştirilen dört kum darı çeşidinden glutensiz taze makarna yapmışlar ve ticari olarak satılan glutensiz taze makarna ve buğday makarnası ile karşılaştırmışlardır. Çiğ ve pişmiş makarna örnekleri, nişasta ve protein, renk ve karotenoidler açısından analiz edilmiştir. Pişmiş makarna örnekleri ise pişme kalitesi, *in vitro* nişasta ve protein sindirilebilirliği ile duyu kalite açısından değerlendirilmiştir. Kum darıdan yapılan makarnadaki nişastanın, ticari glutensiz makarnaya göre daha yavaş sindirildiği, kum darı ve glutensiz ticari makarnanın protein sindirilebilirliğinin buğday makarnasından daha düşük olduğu, duyu değerlendirmede panelistlerin kum darı örneklerinde ticari makarnaya göre daha fazla tanecikli yapı ve nişastamsı tat tespit ettikleri, kum darı çeşitlerinin amiloz içerikleri ve prolamin profillerinin farklılık gösterdiği, bununda makarna özelliklerini etkilediği saptanmıştır. Amiloz ve yüksek molekül ağırlıklı prolamin içeriği daha yüksek olan makarnaların pişme kaybı ve yapışkanlık

değerlerinin daha düşük olduğu, yüksek amiloz içeriğinin darı makarnasının sertliğini arttırdığı, amiloz ve prolamin içeriği en düşük olan darı makarnasının kalitesinin de en düşük olduğu, sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, formülasyon ve proses koşulları optimize edilmek şartıyla kum darının taze makarna için uygun bir hammadde olduğu belirtilmiştir.

Mustaâ vd. (2020) yaptıkları çalışmada; kum darının öğütülmesi sırasında yan ürün olarak elde edilen kepek tabakasını eleyerek elde ettikleri besin içeriği bakımından birbirinden farklı üç fraksiyonun kimyasal bileşimlerini, oksidatif stabilitelerini ve ekmek yapımında kullanım olanaklarını incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; partikül boyutu <500 µ olan kepek fraksiyonu en yüksek besin içeriğine (%14 protein, %26 nişasta, %36 diyet lifi, %9 yağ ve 3 mg GAE/g fenolik madde (kuru maddede)) sahip olmuş ve kepek tabakası buzdolabı koşullarında 150 gün süresince stabilitesini korumuştur. Kepek partikül boyutu 171 µ'dan 26-46 µ'a düşükçe antioksidan aktivite (FRAP ve ABTS) ile suda ve %78'lik alkolde çözünen diyet lifi içeriği artış göstermiştir. Besin içeriği bakımından zengin kepek fraksiyonunu %10 oranında içeren glütensiz ekmeğin diyet lifi ve fenolik madde içeriği daha yüksek (sırasıyla %76 ve %117) bulunmuş, ekmek hacmi ve ekmek içi yumuşaklığı ise partikül boyutundan etkilenmeksizin üç kepek fraksiyonunun ilavesiyle artış göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışması kapsamında glutensiz ekmek yapımında materyal olarak kullanılan kum darı (*Panicum miliaceum* L.) Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden temin edilmiştir ve Tekirdağ Un Sanayii'nde un haline getirilmiştir (Şekil 3.1). Ekmek formülasyonunda yer alan diğer ingredientlerden pirinç unu, mısır unu, DATEM ve keçiyoynuzu gamı Tekirdağ Un Sanayii'nden; ekmek mayası, tuz, kristal şeker ve yağ ise lokal marketlerden temin edilmiştir. Ekmek yapımında orta sertlikte ve içilebilir nitelikte su kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Deneme materyali kum darı (*Panicum miliaceum* L.) (solda) ve kum darı unu (sağda) örnekleri

3.2. Yöntem

Kum darıda, glutensiz ekmek yapımında kullanılan un paçalarında ve glutensiz ekmek örneklerinde yapılan analizler aşağıda verilmiştir.

3.2.1. Kum Darı Analizleri

3.2.1.1. Tane boyutu

Kum darı için uzunluk ve genişlik değerleri Ünal (2009) tarafından belirtilen metoda göre 25 adet darı tanesinde dijital kumpas yardımıyla yapılmış ve sonuçlar ortalama olarak belirlenmiştir.

3.2.1.2. Bin Tane Ağırlığı

Analiz için yabancı maddesi ayrılmış kum darı örneğinden 1000 tane seçilmiş ve tartılarak kuru madde üzerinden gram cinsinden ağırlığı belirlenmiştir (Özkaya ve Özkaya, 2005).

3.2.1.3. Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre tayin cihazı kullanılarak kum darı örneğinin hektolitre ağırlığı belirlenmiştir (Elgün vd., 2002).

3.2.1.4. Renk Analizi

Kum darıda renk tayini HunterLab (Konica Minolta CR-5, Japan) renk ölçme cihazı ile yapılmıştır. Oda sıcaklığındaki örneklerin 3 farklı noktasından ölçüm yapılarak, L* (beyazlık veya siyahlık), a* (kırmızılık veya yeşillik), b* (sarılık veya mavilik) değerleri belirlenmiştir (Elgün vd., 2002).

3.2.1.5. Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Kum darı örneklerinde nem tayini ICC 109/1 (1976)'e göre yapılmıştır.

3.2.1.6. Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Kum darı örneklerinde ham protein miktarı Kjeldahl metodu kullanılarak ICC 105/2 (1994)'ye göre belirlenmiştir.

3.2.1.7. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi

Yağ analizlerinde sokslet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır (Elgün vd., 2002). Örnek etüve konularak nemi uzaklaştırılmış, daha sonra desikatörde soğutulmuştur. Analizde kullanılacak balon da etüvde bekletilmiş ve desikatörde soğutulmuştur. 5 g örnek tartılmış, üzerine 150 ml hekzan eklenmiştir. Balon sokslet cihazına bağlanmış ve su ısıtıcısı çalıştırılmıştır. Örnekler 6 saat ekstrakte edilmiştir. Balon, kalan çözücüyü de uzaklaştırmak için 103°C etüvde bekletilmiştir. Balonun son ağırlığı tartılarak sonuçlar aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ (g/100g)} = (M_2 - M_1) / (m * 100)$$

M_1 = Balon Ağırlığı (g)

M_2 = Balonun Son Tartımında Bulunan Toplam Yağ Miktarı

m = Alınan Örneğin Ağırlığı (g)

3.2.1.8. Kül İçeriğinin Belirlenmesi

Kum darının kül miktarı tayini ICC 104/1 (1990) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde nitrik asitle temizlenen krozeler etüvde sabit tartıma gelene kadar bekletildikten sonra, soğuması için desikatöre alınmıştır. Un paçalları hassas terazide tartılarak, miktarlar kaydedilmiştir. Örnekler, 900°C'de tamamen beyaz kül olana kadar (yaklaşık 4 saat) yakılmıştır. Ardından desikatörde bekletilip hassas terazide tartımları yapılmıştır. Örneklerde kül miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru Maddede Kül Miktarı: } [(A_1 - A_2) / A_3] / [(100 - R) / 100 * 100]$$

A_1 = Krozenin Yakma İşleminden Sonraki Tartım Değeri

A_2 = Krozenin Yakma işleminden Önceki Tartım Değeri

A_3 = Tartılan Numene Miktarı

R = Un Paçallarının Nem İçeriği

3.2.1.9. Su Aktivitesi Analizi

Kum darının su aktivitesi (a_w) değeri, gıdaların muhafazalarında kullanılan önemli bir kriterdir. Su aktiviteyi Water Activity Meter (AQUALAB) cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm kaplarına örnekler yerleştirilip, 25 °C sıcaklıkta ölçüm yapılmış ve sonuç kaydedilmiştir.

3.2.1.10. Asitlik Analizi

Kum darı örneklerinde asitlik analizi Elgün, Certel ve Etugay (1987)'a göre yapılmış ve sonuçlar H_2SO_4 asitliği cinsinden % olarak verilmiştir.

3.2.1.11. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde analizleri için örnekler ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon için metanol (\geq %99,9) ve spektrofotometrik analizler için sodyum karbonat (Na_2CO_3) kullanılmıştır. Spektrofotometrik analizler için gallik asit, Folin-Ciocalteufenol ajanı, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) ve 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilikasit (Troloks) kullanılmıştır.

Kum darıda ekstraksiyon işlemi Baltacıoğlu ve Artık'ın (2013) yöntemi modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Homojenize edilmiş örnekteki fenolik bileşikler ve antioksidan maddeler, 1/10 (g/ml) seyreltme oranına göre metanol çözeltisi (%80) ile karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte edilen örnek, fotodegradasyon ve oksidasyon reaksiyonlarını önlemek amacıyla 80 rpm'de 4 saat kapalı ortamda çalkalanmıştır. Daha sonra 6000 rpm'de 15 dakika santrifüjlenmiş, berrak kısım antioksidan ve toplam fenolik madde analizlerinde kullanılmıştır.

Ekstrakte edilen örnekte yapılan antioksidan aktivite analizi için, 5 farklı miktarda ekstrakt örneği alınıp 5400 μl metanolla tamamlanmıştır. Üzerlerine 600 μl 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH metanolde 0,3943 g/l) ilave edilmiştir. Daha sonra reaksiyonun dengeye gelmesi için 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda metanole karşı 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede (UV-1208, Shimadzu Corporation, Japan) absorbans değerleri okunmuştur. Antioksidan aktivite tayininde, ekstrakte edilen örnekteki antioksidan miktarı, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal metodu üzerinden % inhibisyon değeri olarak belirtilmiştir (Baltacıoğlu ve Artık, 2013; Beta, Nam, Dexter ve Sapirstein, 2005). Örneklerin % inhibisyon değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. İnhibisyon değerleri hacim değerleri ile bir grafiğe aktarılmış, linear regresyon analizi yapılarak bu grafiğin eğrisine ve eğrinin tanımlı olduğu denkleme ulaşılmıştır. Bu denklem kullanılarak örneklere ait EC_{50} değerleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{inhibisyon} = (A_K - A_{\text{ö}}) / A_K * 100$$

A_K : Kontrolün absorbans değeri

$A_{\text{ö}}$: Örneğin absorbans değeri

Toplam fenolik madde içeriği, Folin-Ciocalteu Metodu modifiye edilerek belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). 100 μl ekstrakte edilmiş örneğe 7,5 ml saf su

eklenerek karıştırılmıştır. Üzerine 500 µl Folin Ciocalteu (FC) reaktifi eklenmiştir. 3 dakika sonra 1 ml %20'lik sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisi ve 900 µl saf su eklenerek karıştırılmış ve 2 saat karanlıkta bekletilmiştir. Sürenin sonunda 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede (UV-1208, Shimadzu Corporation, Japan) absorbans değerleri okunmuştur. Referans olarak gallik asit standart çözeltisi kullanılmıştır ve toplam fenolik madde içerikleri mg GAE/kg olarak ifade edilmiştir.

3.2.2. Glütensiz Ekmek Yapımı İçin Kum Darı Unu İçerikli Ekmek Formülasyonlarının Hazırlanması

Glütensiz ekmek yapımında kullanılan kum darı örneği, laboratuvar tipi valsli kırıcı değirmende (BASTAK, 4500, TÜRKİYE) öğütülerek darı unu haline getirilmiştir. Öğütme sonrasında 100 birim darı unundan yaklaşık olarak 80 birim darı unu elde edilmiştir.

Glütensiz ekmek formülasyonlarında kum darı unu 5 farklı oranda (%100, %80, %60, %40, %20) kullanılmıştır. Söz konusu darı unlarının her birine ön denemelerden sonra belirlenen oranda mısır ve pirinç unu ilave edilerek ekmeklik un karışımları (paçalları) hazırlanmıştır. Darı ununun yer almadığı (%0) un karışımı ise kontrol ekmeğinin yapımında kullanılmıştır. Toplamda 6 farklı glütensiz un karışımına, yine ön denemelerle belirlenen oranlarda tuz, ayçiçek yağı, DATEM, ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*), keçiyoynuzu gamı, kristal şeker ve su ilave edilmiştir (Çizelge 3.1). Kontrol unu ve 5 farklı oranda kum darı unu içeren un paçallarının kimyasal, fizikokimyasal ve reolojik özellikleri analiz edilmiştir.

Çizelge 3.1. Glütensiz ekmek formülasyonları

Bileşenler	Glütensiz Ekmek Formülasyonları (Birim)					
	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5	Reçete 6
Kum Darı Unu	100	80	60	40	20	0
Pirinç Unu	0	10	20	30	40	50
Mısır Unu	0	10	20	30	40	50
Tuz	1	1	1	1	1	1
Ayçiçek Yağı	3	3	3	3	3	3
DATEM	1	1	1	1	1	1
Ekmek Mayası	3	3	3	3	3	3
Keçiboynuzu Gamı	2	2	2	2	2	2
Kristal Şeker	3	3	3	3	3	3
Su	70	76	70	76	70	76

3.2.3. Un Paçalarında Fiziksel, Kimyasal ve Fiziko-Kimyasal Analizler

3.2.3.1. Elek Analizi

Kum darı örneği kaba elekten geçirilip temizlendikten sonra 3.2.2.'de belirtildiği gibi laboratuvar değirmeninde öğütülüp kepek kısmı ayrılmıştır. Elde edilen darı unu ve diğer un paçaları 212 µ'luk 70 no'lu elekten elenmiş ve elek altına geçen kısım % olarak belirtilmiştir.

3.2.3.2. Renk Analizi

Kontrol unu da dahil toplam 6 farklı un paçalında renk tayini 3.2.1.4.'te belirtilen yöntemle yapılarak, L* (beyazlık veya siyahlık), a* (kırmızılık veya yeşillik), b* (sarılık veya mavilik) değerleri belirlenmiştir (Elgün vd., 2002).

3.2.3.3. Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Un paçalarında nem tayini ICC 109/1 (1976)'ya göre yapılmıştır.

3.2.3.4. Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Ham protein miktarı Kjeldahl metodu kullanılarak ICC 105/2 (1994)'e göre belirlenmiştir.

3.2.3.5. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi

Yağ analizlerinde 3.2.1.7.'de belirtilen sokslet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır (Elgün vd., 2002).

3.2.3.6. Kl İçeriğinin Belirlenmesi

Örneklerde kül miktarı tayini 3.2.1.8.'de belirtilen ICC 104/1 (1990) metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.7. Su Aktivitesi Analizi

Un paçallarının su aktivitesi (a_w) tayini 3.2.1.9.'da belirtildiği gibi yapılmıştır.

3.2.3.8. Asitlik Analizi

Unda asitlik analizi Elgün vd. (1987)'ne göre yapılmıştır.

3.2.3.9. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Un paçallarında antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi 3.2.1.11.'de belirtilen yöntemle yapılmıştır (Baltacıoğlu ve Artık, 2013; Beta vd., 2005).

3.2.3.10. Jelatinizasyon zelliklerinin Belirlenmesi

Un paçallarının jelatinizasyon özelliklerini belirlemek için reometre (dinamik viskoelastisite) lmleri, Peltier sistemli sıcaklık kontrollü DHR-2 (TA Instruments, ABD) reometre cihazında 37 C'de gerçekleştirilmiştir. Örneklerin nem içeriğine göre tartılması gereken örnek miktarı belirlenmiş ve su ile karıştırılmıştır. Jelatinize olmuş örnekler 40 mm çapında paslanmaz çelikten yapılmış paralel prob arasında 1 mm genişlikte konulmuş ve ölçümler yapılmıştır (Li vd., 2016).

3.2.3.11. Mineral Madde Kompozisyonunun Belirlenmesi

Un paçalarının ayrıntılı mineral madde kompozisyonu ICP-OES (İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi) yöntemiyle belirlenmiştir. Analizler Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü (NABİLTEM) laboratuvarlarında yapılmıştır.

Analiz için, un paçaları etüvde 60°C'de 1 gece kurutulduktan sonra kuruyan her örnekten 0,5 g tartılıp üzerine 10 ml nitrik asit eklenerek asitle parçalanması sağlanmıştır. Örnekler daha sonra CEM MARS-6 marka mikrodalga yakma ünitesinde teflon mikrodalga tüpleri içerisinde yakılmıştır. Un paçalarında bulunan mineral madde konsantrasyonları Spectro marka Spectro Blue model ICP-OES (Almanya) cihazında saptanmıştır. Analizleri yapılacak metallerin standartları uygun aralıklarla hazırlanarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir (EPA, 1996; NABİLTEM 2020).

3.2.4. Glütensiz Ekmek Pişirme Denemesi

Çizelge 3.1.'de belirtilen 6 farklı reçete ile glütensiz ekmek pişirme denemeleri, direkt hamur yöntemi (Anonim, 1980) modifiye edilerek yapılmıştır. Ön denemeler sonucunda belirlenen miktarlarda su, kum darı, pirinç unu, mısır unu ve diğer malzemeler kullanılarak hamur karışımı hazırlanmıştır. Hamurlar, KitchenAid marka stand mikserlerinde düşük devirde 10 dk yoğrulmuştur. Her ekmek için 600 g hamur kesilmiştir. Kesilen hamurlar tost ekmeği kalıplarına yerleştirilip 38°C, %80 nem'de 75 dk. süreyle fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonrasında Wiesheu marka matador tipi fırında; üst 250°C, alt 240°C'de 35 dk. süreyle pişirilmiş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar ekmekler soğumaya bırakılmıştır. Soğuduktan sonra her bir ekmeğin ağırlığı ve hacmi ölçülmüştür. İlk gün tekstür ve su aktivitesi analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Glütensiz Ekmek Analizleri

3.2.5.1. Renk Analizi

Ekmek örneklerinde, ekmek içi ve kabuğunda renk tayini 3.2.1.4.'te belirtilen yöntemle yapılarak, L* (beyazlık veya siyahlık), a* (kırmızılık veya yeşillik), b* (sarılık veya mavilik) değerleri belirlenmiştir (Elgün vd., 2002).

3.2.5.2. Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Ekmekte nem tayini ICC 109/1 (1976)'e göre yapılmıştır.

3.2.5.3. Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Ekmegın protein miktarı Kjeldahl metodu kullanılarak ICC 105/2 (1994)'ye göre belirlenmiştir.

3.2.5.4. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi

Yağ analizlerinde 3.2.1.7.'de belirtilen sokslet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır (Elgün vd., 2002).

3.2.5.5. Kl İçeriğinin Belirlenmesi

Örneklerde kül miktarı tayini 3.2.1.8.'de belirtilen ICC 104/1 (1990) metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.6. Su Aktivitesi Analizi

Ekmekte su aktivitesi (a_w) tayini 3.2.1.9.'da belirtilen yöntemle yapılmıştır. Su aktivitesi ölçümleri taze ekmekte, 1., 2. ve 3. günün sonunda yapılmıştır.

3.2.5.7. Asitlik Analizi

Ekmekte asitlik analizi Elgün vd. (1987)'ne göre yapılmıştır.

3.2.5.8. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Ekmekte antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi 3.2.1.11.'de belirtilen yöntemle yapılmıştır (Baltacıoğlu ve Artık, 2013; Beta vd., 2005).

3.2.5.9. Mineral Madde Kompozisyonunun Belirlenmesi

Ekmeklerde ayrıntılı mineral madde kompozisyonu 3.2.3.11.'de belirtilen ICP-OES (İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi) yöntemiyle saptanmıştır (EPA, 1996; NABİLTEM, 2020).

3.2.5.10. Spesifik Hacim

Üretilen ekmekler oda sıcaklığına geldikten sonra ağırlık (g) ölçümleri yapılmış ve kolza tohumu kullanılarak yer değiştirme yöntemi ile hacim değerleri (ml) hesaplanmıştır. Elde edilen hacim değerlerinin ağırlığa oranlanmasıyla spesifik hacim (ml/g) değerleri bulunmuştur (Elgün vd., 2002).

3.2.5.11. Pişme Kaybı

Belirlenen formülasyona göre hazırlanan ekmek hamurları eşit miktarlarda tartılıp pişirilmiştir. Pişirme sonrası ekmekler oda sıcaklığına geldikten sonra tekrar tartılmıştır. Glütensiz ekmek örneklerinin pişme kaybı aşağıdaki formülasyonla hesaplanmıştır (Elgün vd., 2002).

Pişme Kaybı (%)=(Başlangıç Hamur Ağırlığı-Ekmeğin Soğuduktan Sonraki Ağırlığı) x100/Başlangıç Hamur Ağırlığı

3.2.5.12. Ekmek Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi

Ekmeklerde tekstür profil analizi (TPA) TA.XT Plus tekstür analiz cihazı (StableMicrosystems, Godalming, Surrey, UK) ile 1 mm'lik silindir prob kullanılarak tayin edilmiştir. Ekmeklerden 2-3 cm'lik dilimler halinde ekmek kesme makinesinde kesilmiş; 5 mm/s hız, 10 mm dalma derinliği (yaklaşık %33 deformasyon) ve 5 g ilk algılama kuvveti kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ekmeklerin dış kabukları kesildikten sonra, ekmek dilimi probu ortalayacak şekilde yerleştirilmiştir ve ekmek örneklerinin sertlik, esneklik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri iki tekerrür olacak şekilde kaydedilmiştir.

Sertlik, esneklik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik ölçümleri taze ekmekte (başlangıç), 24. sa sonunda ve 48. sa sonunda yapılmıştır (Certel, Erem, Konak ve Karataş, 2009).

3.2.5.13. Duyusal Analiz

Duyusal analiz, 5 deneyimli uzman panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistlerin değerlendirmesinde, belirlenmiş olan her bir özellik için üzerinde 1-5 aralığında skalası bulunan duyusal anket formunu doldurmaları istenmiştir (Doğan, 2012).

3.2.6. İstatistiksel Analizler

Çalışma, kum darı ununun glütensiz un formülasyonuna %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında eklenmesi ve kontrol uygulaması olacak şekilde yürütülmüş, elde edilen veriler Jump 9 programı kullanılarak analiz edilmiştir. LS Means Tukey HSD testi ile sonuçlar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kum Darı Analizleri

Tez kapsamında kullanılan kum darının bazı fiziksel özellikleri Çizelge 4.1.'de ve bazı kimyasal ve fiziko-kimyasal özellikleri de Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kum darının bazı fiziksel özellikleri ⁽¹⁾

Tane boyutu (uzunluk) (mm)		2,27±0,07
Tane boyutu (genişlik) (mm)		2,77±0,24
Bin tane ağırlığı (g)		7,24±0,05
Hektolitre ağırlığı (kg/hl)		73,46±0,48
Tane rengi	L*	67,17±0,02
	a*	8,08±0,01
	b*	31,87±0,03

⁽¹⁾ Sonuçlar 5 tekrerrün ortalamasıdır.

Araştırma materyali kum darı örneklerinin yapılan fiziksel analizlerinde; ortalama uzunluk ve genişlik değerleri sırasıyla 2,27±0,07 mm ve 2,77±0,24 mm; bin tane ağırlığı 7,24±0,05 g, hektolitre ağırlığı 73,46±0,48 kg/hl, renk değerleri L* (beyazlık) 67,17±0,02; a* (kırmızılık) 8,08±0,01 ve b* (sarılık) 31,87±0,03 olarak ölçülmüştür. Söz konusu değerler Yang vd. (2018)'nin kum darı için bulduğu değerlere benzerlik göstermektedir.

Kum darı örneklerinde yapılan kimyasal ve fizikokimyasal analizlerde; ortalama nem oranı %10,44±0,09, protein oranı %11,00±0,02, kül oranı %1,96±0,02, yağ oranı %2,45±0,02, antioksidan aktivitesi (EC₅₀) 60,19±0,19, toplam fenolik madde içeriği 498,43±0,32 mg/kg ve su aktivitesi (a_w) 0,48±0,02 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.2.). Söz konusu nem değeri, Kumari vd. (2016)'nin kum darı için bulduğu nem değerlerinden düşük; protein oranı, Bagdi vd. (2011), Kumari vd. (2016) ve Saleh vd. (2013)'nin bulduğu değerlere benzer; kül içeriği, Bagdi vd. (2011)'nin bulduğu kül oranlarından yüksek, Kumari vd. (2016)'nin bulduğu değere yakın ve Saleh vd. (2013)'nin bulduğu değerlerden daha düşük; yağ oranı, Bagdi vd. (2011), Kumari vd. (2016) ve Saleh vd. (2013)'nin bulduğu değerlerden düşük bulunmuştur. Shen vd. (2018) yaptıkları çalışmada; kum darının toplam fenolik madde

ve antioksidan aktivite değerlerini sırasıyla 9,28 mg/g-19,05 mg/g; 15,65 µM/g-41,17 µM/g arasında tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.2. Kum darının bazı kimyasal ve fiziko-kimyasal özellikleri ⁽¹⁾

Nem (%)	10,44±0,09
Protein (%)	11,00±0,02
Yağ (%)	2,45±0,02
Kül (%)	1,96±0,02
Su Aktivitesi (a_w)	0,48± 0,02
Asitlik (%)	Veri yok ⁽²⁾
Antioksidan aktivite (EC₅₀)	60,19±0,19
Toplam Fenolik Madde (mg/kg)	498,43±0,32

⁽¹⁾ Sonuçlar 3 tekrerrün ortalamasıdır.

⁽²⁾ Darı ununun asitlik değeri tespit edilebilir değerin altında çıkmıştır.

4.2. Un Paçalarında Fiziksel, Kimyasal ve Fiziko-Kimyasal Analizler

Tez çalışmasında, glütensiz ekmek yapımında kullanılan kum darı unu içeren un paçalları (A, B, C, D, E) ve kum darının kullanılmadığı kontrol unu paçalı Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Glütensiz ekmek yapımında kullanılan un paçalları [A (%100 kum darı unu), B (%80 kum darı unu+%10 pirinç unu+%10 mısır unu), C (%60 kum darı unu+%20 pirinç unu+%20 mısır unu), D (%40 kum darı unu+%30 pirinç unu+%30 mısır unu), E (%20 kum darı unu+%40 pirinç unu+%40 mısır unu), Kontrol (%50 pirinç unu+%50 mısır unu)]

4.2.1. Elek Analizi

Elek analizi, unların partikül büyüklüğünü göstermesi bakımından önemli bir kriterdir. Unların partikül büyüklüğü ekmek yapımında son derece önemlidir ve Türk Gıda Kodeksi

Buğday Unu Tebliğine göre tam buğday unu hariç buğday unlarının en az %98'i 212 mikronluk elekten geçmelidir (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2013). Unların partikül büyüklüğü fazla olduğunda ekmekler erken bayatlarırken, gereğinden düşük olduğunda ise hamur stabilitesi azalır (Tontul ve Babaoğlu, 2019).

Un paçallarının elek analizine ait değerler Çizelge 4.3.'te verilmiştir. Yapılan elek analizinde 212 µ'luk 70 no'lu eleğin altına geçen kısım en yüksek %74,21±1,60 (Kontrol) ile en düşük %43,09±1,89 (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, elek analizi değerleri bakımından un paçalları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Partikül büyüklüğü bakımından tüm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır.

Çizelge 4.3. Un paçallarında elek analizi değerleri

Un Paçalları	Elek analizi (%) ⁽¹⁾
A (%100 DU)	43,09±1,89 ^f
B (%80DU+%10PU+%10MU)	47,50±0,91 ^e
C (%60DU+%20PU+%20MU)	56,54±0,93 ^d
D (%40DU+%30PU+%30MU)	60,49±0,93 ^c
E (%20DU+%40PU+%40MU)	69,05±1,06 ^b
Kontrol (%50PU+%50MU)	74,21±1,06 ^a

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

⁽¹⁾ 212 µ'luk 70 nolu eleğin altında kalan kısım

4.2.2. Renk Değerleri

Un paçallarının renk analizine ait L* (beyazlık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Un paçallarının renk değerleri, L* için 83,48±0,04 (A)-90,49±0,15 (Kontrol), a* için 1,37±0,01 (A)-2,37±0,01 (Kontrol) ve b* için 14,70±0,09 (A)-22,09±0,03 (Kontrol) arasında değişmiştir. En düşük L*, a* ve b* renk değerlerinin %100 darı ununu içeren A kodlu un paçalına, en yüksek değerlerin de darı unu içermeyen un paçalına (kontrol) ait olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Un paçallarının renk değerleri

Un Paçalları	L*	a*	b*
A (%100 DU)	83,48±0,04 ^f	1,37±0,01 ^f	14,70±0,09 ^f
B (%80DU+%10PU+%10MU)	84,56±0,01 ^e	1,50±0,01 ^e	16,12±0,02 ^e
C (%60DU+%20PU+%20MU)	85,80±0,06 ^d	1,60±0,01 ^d	17,37±0,03 ^d
D (%40DU+%30PU+%30MU)	86,89±0,02 ^c	1,78±0,02 ^c	18,91±0,07 ^c
E (%20DU+%40PU+%40MU)	89,03±0,02 ^b	1,84±0,03 ^b	19,41±0,34 ^b
Kontrol (%50PU+%50MU)	90,49±0,15 ^a	2,37±0,01 ^a	22,09±0,03 ^a

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak farklılık önemlidir (p<0,05)

Yapılan varyans analizinde, renk değerleri bakımından un paçalları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuş (p<0,05) ve tüm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.4.). Söz konusu farklılıkların, paçal içeriğinde darı unu miktarı azaldıkça mısır unu ve pirinç unu miktarlarının artışından kaynaklandığı söylenebilir. L* değerinin 0 (sıfır) olması rengin siyah, 100 olması da beyaz olduğunun göstergesidir. Başka bir ifadeyle, L* değeri 100'den sıfıra doğru azaldıkça renk giderek koyulaşmaktadır. Analizi yapılan un paçallarında, %100 kum darı unu içeren A kodlu glütensiz un örneğinin L* değeri diğer örneklerden daha düşük olup daha koyu renklidir (Şekil 4.4.). Un paçallarında kum darı unu arttıkça kül miktarının da artması ve %100 kum darı ununda kül miktarının (mineral maddenin) diğer tüm örneklerden önemli oranda yüksek olması (Çizelge 4.5.) rengin daha koyu olmasının başlıca nedeni olarak ifade edilebilir. Buna karşılık, en yüksek a* (kırmızı) ve b* (sarı) renk değerleri, karotenoid grubu (sarı-kırmızı) renk pigmentleri bakımından zengin, kül (mineral madde) içeriğinin en düşük olduğu, mısır ununu en fazla oranda içeren Kontrol ununda ölçülmüştür (Çizelge 4.4.).

Sandhu, Singh ve Malhi (2007) tane mısır ve bunlardan elde edilen unların üzerinde yaptıkları analizlerde, mısır unlarının renk değerlerini L* için 81,94-86,96, a* için -2,28-2,81 ve b* için 7,83-24,12 aralığında tespit etmişlerdir.

4.2.3. Nem Oranı

Un paçallarının yapılan kimyasal analizlerine ait nem, protein, yağ ve kül oranları Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

Nem oranları en düşük %10,41±0,34 (A) ile en yüksek %12,63±0,29 (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) bulunmuş olup A kodlu un paçalı B kodlu un paçalı ile aynı gruba girerken C, D, E ve Kontrol paçallarıyla farklı bir grup oluşturmuştur. Kum darı unu içeriği azaldıkça paçalı unların nem içeriğinde artma meydana gelmiştir. Söz konusu azalma, mısır ve pirinç unlarının nem oranlarının kum darı unundan daha fazla olmasıyla açıklanabilir. Unların nem oranı depolama stabilitesi açısından önemli olup nem miktarının yüksek olması (>% 14) topaklanmaya, böceklenmeye ve küflenmeye sebep olabilir.

Çalışmamızdaki değerler, Winger vd. (2014) ve Khalil vd. (1984)'nin elde ettikleri nem değerleri ile benzerlikler gösterirken; Chaudhary ve Kapoor (1984), Ogunsakin vd. (2015) ve Singh vd. (2012)'nin değerlerinden daha yüksektir. Nem değerlerindeki söz konusu farklılıkların diğer çalışmalarda kullanılan darı çeşitleri ile bunların kurutulma, depolanma ve öğütülme koşullarından kaynaklandığı söylenebilir.

4.2.4. Protein Oranı

Un paçallarının protein oranları en düşük %5,05±0,06 (Kontrol) ile en yüksek %10,61±0,06 (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında protein oranları bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p<0,05$) saptanmış olup tüm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.5.). Un paçallarının kum darı içeriği azaldıkça protein oranları da azalmıştır. Bu durumun, kum darının protein içeriğinin pirinç unu ve mısır unundan daha yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Unun protein değeri arttıkça elde edilen ekmeğin sertlik değeri de artmaktadır.

Kamaraddi ve Shanthakumar (2003), buğday ununa %30 oranında farklı darı unu ilavesiyle gerçekleştirdiği çalışmada; protein değerlerini küçük darı için %8,4, cin darı için %8,6, barnyard darı için %8,0, kum darı için %8,4, ragi darı için ise %7,2 olarak saptamışlardır.

Çalışmamızda kum darı unu paçalları için saptadığımız protein değerleri Sandhu vd. (2007), Singh vd. (2012), Winger vd. (2014), Ogunsakin vd. (2015), Chaudhary ve Kapoor (1984) ve Kamaraddi ve Shanthakumar (2003)'ün çeşitli darı unları için belirledikleri protein değerlerine benzer; Khalil vd. (1984)'nin değerlerinden daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Un paçallarının bazı kimyasal özellikleri

Un Paçalları	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
A (%100 DU)	10,41±0,34 ^c	10,61±0,06 ^a	0,98±0,04 ^a	1,80±0,01 ^a
B (%80DU+%10PU+%10MU)	11,11±0,37 ^{bc}	9,55±0,01 ^b	0,97±0,01 ^a	1,59±0,03 ^a
C (%60DU+%20PU+%20MU)	11,22±0,24 ^b	8,99±0,03 ^c	0,93±0,04 ^a	1,48±0,02 ^a
D (%40DU+%30PU+%30MU)	11,74±0,10 ^b	7,16±0,02 ^d	0,58±0,01 ^b	1,39±0,51 ^a
E (%20DU+%40PU+%40MU)	12,55±0,20 ^a	6,19±0,04 ^e	0,39±0,02 ^c	0,80±0,02 ^b
Kontrol (%50PU+%50MU)	12,63±0,29 ^a	5,05±0,06 ^f	0,35±0,40 ^c	0,54±0,01 ^b

*DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0,05)

4.2.5. Yağ Oranı

Un paçallarının yağ oranları en düşük %0,35±0,40 (Kontrol) ile en yüksek %0,98±0,01 (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında yağ oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup %100 darı unu içeren A kodlu örnek ile B ve C kodlu örnekler kendi aralarında aynı gruba girerken E kodlu un paçalı ve kontrol paçalı bir grup, D kodlu paçal ise farklı bir grup oluşturmuştur (Çizelge 4.5.). Esmer renkli unlar beyaz unlara göre daha fazla yağ içerirler. Çalışmamızdaki beyazlık (L*) ve yağ değerleri ters orantılıdır.

Sandhu vd. (2007) çalışmalarında; mısır ununun yağ değerlerini %1,56-2,62 aralığında tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki yağ değerleri Chaudhary ve Kapoor (1984), Sandhu vd. (2007), Ogunsakin vd. (2015), Khalil vd. (1984) ve Singh vd. (2012)'nin yağ oranlarından daha düşük çıkmıştır.

4.2.6. Kül Oranı

Un paçallarının kül oranları en düşük %0,54±0,01 (Kontrol) ile en yüksek %1,80±0,01 (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında kül oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup A, B, C ve D kodlu un paçalları kendi aralarında aynı gruba girerken E kodlu ve kontrol un paçalları farklı bir grup oluşturmuşlardır (Çizelge 4.5.). Un paçallarının kum darı içeriği azaldıkça kül

oranları da azalmıştır. Bu durumun, kum darının kül içeriğinin pirinç unu ve mısır unundan daha yüksek olmasından ileri geldiği söylenebilir.

Kamaraddi ve Shanthakumar (2003) buğday ununa 5 farklı darı çeşidi ikamesiyle gerçekleştirdikleri çalışmada kül değerlerini; %30'luk ilavede küçük darı için %0,69, cin darı için %0,91, barnyard darı için %0,75, kum darı için %0,69, ragi darı için ise %0,75 olarak belirtmişlerdir. Sandhu vd. (2007) çalışmalarında mısır ununun kül değerlerini %0,19-1,66 aralığında tespit etmişlerdir.

Çalışmamız kum darı unu paçallarına ait kül değerleri Chaudhary ve Kapoor (1984) ve Khalil vd. (1984)'nin değerlerinden düşük; Sandhu vd. (2007), Singh vd. (2012), Winger vd. (2014), Ogunsakin vd. (2015) ve Kamaraddi ve Shanthakumar (2003)'ün kül değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Tez kapsamında elde edilen darı unu paçallarına ait kül oranlarıyla literatür verileri arasındaki farklılıkların, kullanılan darıların genotipik özelliklerinden, çeşit farklılıklarından ve paçalarda ikame olarak kullanılan unların hem çeşit hem de oran olarak farklı olmasından kaynaklandığı ileri sürülebilir.

4.2.7. Su Aktivitesi

Un paçallarının su aktiviteleri (a_w), asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Glütensiz ekmek yapımında kullanılan un paçalı örneklerinin su aktiviteleri (a_w) $0,48 \pm 0,00$ (A) ile $0,50 \pm 0,01$ (Kontrol) arasında değişmiştir.

Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında su aktivite değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p < 0,05$) tespit edilmiş olup %100 darı unu içeren A kodlu un paçalı, D ve E kodlu un paçalları ile kendi aralarında aynı gruba girerken, darı unu içermeyen kontrol örneği diğer un paçallarından farklı bir gruba girmiştir (Çizelge 4.6.). Un paçallarının kum darı içeriğinin azalması su aktivitesi değerlerinde düzenli bir artış ya da azalmaya yol açmamıştır. Söz konusu farklılıkların, un paçallarının analiz sırasındaki nem içerikleriyle ilgili olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.6. Un paçallarının bazı kimyasal özellikleri

Un Paçalları	Su Aktivitesi (a_w)	Asitlik (%)	Toplam Fenolik Madde (mg/kg)	Antioksidan Aktivite (EC_{50})
A (% 100 DU)	0,48±0,00 ^b	0,27±0,01 ^a	467,68±0,07 ^a	67,29±0,24 ^f
B (% 80DU+% 10PU+% 10MU)	0,44±0,00 ^d	0,25±0,03 ^{ab}	422,35±0,11 ^b	76,26±1,07 ^e
C (% 60DU+% 20PU+% 20MU)	0,45±0,00 ^c	0,19±0,01 ^{ab}	291,39±0,40 ^c	86,24±0,12 ^d
D (% 40DU+% 30PU+% 30MU)	0,48±0,00 ^b	0,09±0,01 ^{ab}	246,13±0,24 ^d	91,62±0,17 ^c
E (% 20DU+% 40PU+% 40MU)	0,49±0,00 ^b	0,06±0,00 ^b	220,34±0,29 ^e	106,05±0,07 ^b
Kontrol (% 50PU+% 50MU)	0,50±0,01 ^a	0,05±0,39 ^b	181,72±0,20 ^f	117,23±0,11 ^a

DU: Darı unu, PU: Pirinç unu, MU: Mısır unu

Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$)

4.2.8. Asitlik değeri

Un paçallarının asitlik değerleri sülfirik asit (H_2SO_4) cinsinden en düşük %0,05±0,39 (Kontrol) ile en yüksek %0,27±0,01 (A) arasında değişmiştir.

Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında asitlik değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) saptanmış olup %100 darı unu içeren A kodlu un paçalı B, C ve D kodlu un paçallarıyla aynı gruba girerken, E kodlu un paçalı ve kontrol un paçalıyla farklı bir grup oluşturmuştur (Çizelge 4.6.). Un paçallarında darı unu içeriği arttıkça asitlik değerlerinde de artış meydana geldiği görülmektedir. Söz konusu artışın asitlik değeri nispeten daha yüksek olan darı unundan kaynaklandığı söylenebilir.

4.2.9. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriği

Un paçallarının toplam fenolik madde içerikleri en düşük 181,72±0,20 mg GAE/kg (Kontrol) ile en yüksek 467,68±0,07 mg GAE/kg (A) arasında; toplam antioksidan aktiviteleri de (EC_{50}) 67,29±0,24 (A) ile 117,23±0,11 (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında gerek toplam fenolik madde gerekse antioksidan içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p<0,05$) saptanmış olup tüm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.6.). Un paçallarının kum darı içeriği azaldıkça toplam fenolik madde oranlarında önemli azalmalar ve antioksidan aktivitelerinde artmalar

olduğu görülmektedir. EC₅₀ değeri "ortamda bulunan DPPH radikalinin %50'sini inhibe eden antioksidan madde konsantrasyonu" olarak açıklanmaktadır. Bu değerin küçülmesi, antioksidan madde miktarının arttığını göstermektedir (Öztan, 2006). Bu nedenle çalışmamızda toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite (EC₅₀) değerleri arasında ters orantı vardır.

4.2.10. Jelatinizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Un paçallarının jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı değerleri en düşük 73,36±0,06 °C (Kontrol) ile en yüksek 77,30±0,10 °C (A); jelatinizasyon pik sıcaklığı değerleri en düşük 86,63±0,11 °C (Kontrol) ile en yüksek 89,70±0,20 °C (A); pik viskozite değerleri en düşük 638,00±6,00 mPas (A) ile en yüksek 1412,00±1,00 mPas (Kontrol); kırılma viskozitesi değerleri en düşük 199,00±11,00 mPas (A) ile en yüksek 615,00±8,00 mPas (Kontrol); katılma viskozitesi değerleri en düşük 529,00±4,00 mPas (A) ile en yüksek 834,00±9,00 mPas (Kontrol) arasında değişmiştir (Çizelge 4.7.). Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında jelatinizasyon özellikleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı için A ve B kodlu un paçalları aynı grupta iken diğer un paçalları ayrı gruplarda yer almışlardır. Jelatinizasyon pik sıcaklığı için B ve C kodlu un paçalları bir grup oluştururken; D, E kodlu ve Kontrol un paçalları farklı bir grup oluşturmuştur. A kodlu un paçalı bu grupların dışında kalmıştır. Pik viskozite değerleri için tüm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır. Un paçallarının darı unu içeriği azaldıkça kırılma viskozitesi değerleri artış göstermiş olup B ve C kodlu örnekler istatistiksel olarak aynı gruba girerken (p>0,05) diğer örnekler farklı gruplara dahil olmuşlardır (p<0,05). Kırılma viskozitesi ve pik viskozitesi değerlerinde olduğu gibi un paçallarının darı unu içeriği azaldıkça katılma viskozitesi değerleri artış göstermiş ve un paçallarının her birisi istatistiksel olarak farkı gruplara dahil olmuşlardır (p<0,05) (Çizelge 4.7.). Jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı ve jelatinizasyon pik sıcaklığı; pik, kırılma ve katılma viskozitesi değerleriyle ters orantılı olarak değişmiştir. Elde edilen veriler; un paçallarının darı unu içeriği arttıkça jelatinizasyon başlangıç ve pik sıcaklıklarının arttığını buna karşılık pik viskozite, kırılma viskozitesi ve katılma viskozitesi değerlerinin azaldığını göstermektedir.

Unların jelatinizasyon özelliklerini; nişastadaki amiloz/amilopektin oranı ve nişasta granüllerinin büyüklüğü gibi faktörler yanında lipidler, proteinler, nişasta olmayan polisakaritler, amilopektindeki yan dalların sayısı ve uzunluğu gibi birçok faktör etkilemektedir (Yang vd., 2018).

Jelatinizasyon sıcaklığının yüksek olması, nişasta granüllerinin jelatinizasyon sırasında suyu absorbe ederek şişme hızlarının düşük olmasından ileri gelmektedir. Küçük nişasta granüllerinin jelatinizasyon dereceleri büyük granüllerden daha yüksek, entalpi değerleri ise daha düşüktür. Diğer taraftan yüksek kırılma viskozitesi değerleri pik viskozitesi değerlerinin yüksekliği ile ilişkili olup nişasta granüllerinin ısıtma sırasında şişme derecesine bağlıdır. Şişme kapasitesi yüksek nişasta granüllerinin oranı arttıkça pik viskozite değerleri de yükselmektedir. Pik viskozitenin azalması kırılma viskozitesinin de azalmasına yol açar. Düşük kırılma viskozitesine sahip unlar/nişastalar, yüksek sıcaklıkta mekanik karıştırmaya maruz kalan gıdaların üretiminde iyi bir gıda ingrediенти potansiyeline sahiptir. (Brandolini, Hidalgo ve Moscaritolo, 2008; Ragaee ve Abdel-Aal, 2006). Glütensiz un paçalarında kum darı unu oranı arttıkça jelatinizasyon sıcaklığının artış göstermesi buna karşılık kırılma ve pik viskozitesi değerlerinin azalması, jelatinizasyon sırasında kum darı nişastasının pirinç ve mısır nişastalarına göre şişme kapasitesi ve hızının düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 4.7. Un paçalarının jelatinizasyon değerleri

	Jelatinizasyon Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Jelatinizasyon Pik Sıcaklığı (°C)	Pik viskozite (mPas)	Kırılma Viskozitesi (mPas)	Katılma Viskozitesi (mPas)
A (% 100 DU)	77,30±0,10 ^a	89,70±0,20 ^a	638,00±6,00 ^f	199,00±11,00 ^e	529,00±4,00 ^f
B (% 80DU+% 10PU+% 10MU)	77,50±0,20 ^a	87,80±0,30 ^b	684,00±3,00 ^e	230,00±15,00 ^d	566,00±7,00 ^e
C (% 60DU+% 20PU+% 20MU)	76,80±0,10 ^b	88,10±0,10 ^b	718,00±4,00 ^d	246,00±4,00 ^d	591,00±6,00 ^d
D (% 40DU+% 30PU+% 30MU)	75,00±0,20 ^c	87,10±0,30 ^c	937,00±3,00 ^c	396,00±4,00 ^c	674,00±4,00 ^c
E (% 20DU+% 40PU+% 40MU)	74,20±0,10 ^d	86,70±0,10 ^c	1135,33±2,52 ^b	503,00±3,00 ^b	750,00±4,00 ^b
Kontrol (% 50PU+% 50MU)	73,36±0,06 ^e	86,63±0,11 ^c	1412,00±1,00 ^a	615,00±8,00 ^a	834,00±9,00 ^a

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0,05)

4.2.11. Mineral Madde Kompozisyonu

Un paçallarında sodyum (Na), magnezyum (Mg), potasyum (K), kalsiyum (Ca), fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) değerleri belirlenmiştir.

Un paçallarının Na değerleri en dūřuk $4,42\pm 0,85$ mg/100g (Kontrol) ile en yūksek $8,83\pm 0,60$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında Na miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup C ve D kodlu un paçalları bir grupta yer alırken diğer un paçalları ayrı gruplarda yer almıştır (Çizelge 4.8.).

Un paçallarının Mg değerleri en dūřuk $31,32\pm 3,59$ mg/100g (Kontrol) ile en yūksek $185,44\pm 31,88$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında Mg miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p<0,05$) saptanmış olup tūm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.8.).

Un paçallarının K değerleri en dūřuk $100,60\pm 4,25$ mg/100g (Kontrol) ile en yūksek $296,74\pm 14,56$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında K miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p<0,05$) saptanmış olup tūm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.8.).

Un paçallarının Ca değerleri en dūřuk $20,63\pm 4,26$ mg/100g (A) ile en yūksek $31,51\pm 3,39$ mg/100g (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında Ca miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup A ve B kodlu un paçalları bir grupta yer alırken; E kodlu ve kontrol un paçalı başka bir grup oluşturmuştur. C ve D kodlu un paçalları bunlardan ayrı gruplarda yer almaktadır (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Un paçallarının mineral madde miktarları (mg/100g)

	A (% 100 DU)	B (% 80DU+ % 10PU+ % 10MU)	C (% 60DU+ % 20PU+ % 20MU)	D (% 40DU+ % 30PU+ % 30MU)	E (% 20DU+ % 40PU+ % 40MU)	Kontrol (% 50PU+ % 50MU)
Na	8,83±0,60 ^a	7,60±1,22 ^b	7,16±0,15 ^c	6,97±0,62 ^c	4,90±0,29 ^d	4,42±0,85 ^e
Mg	185,40±31,88 ^a	158,90±4,42 ^b	114,70±8,59 ^c	94,37±15,70 ^d	60,10±5,95 ^e	31,32±3,59 ^f
K	296,70±14,56 ^a	265,90±1,54 ^b	204,70±18,64 ^c	182,20±11,33 ^d	137,70±6,99 ^e	100,60±4,25 ^f
Ca	20,63±4,26 ^d	20,75±3,20 ^d	23,15±2,91 ^c	30,01±3,49 ^b	30,89±3,09 ^a	31,51±3,39 ^a
P	336,10±20,88 ^a	296,50±8,39 ^b	222,70±21,30 ^c	194,70±18,08 ^d	137,30±8,54 ^e	90,87±9,73 ^f
Fe	7,53±1,60 ^a	5,67±0,87 ^b	4,68±0,42 ^c	3,94±0,17 ^d	2,76±0,24 ^e	1,12±0,15 ^f
Cu	0,26±0,01 ^a	0,21±0,04 ^b	0,18±0,04 ^c	0,17±0,01 ^c	0,16±0,03 ^d	0,13±0,01 ^e
Mn	1,23±0,33 ^a	1,12±0,04 ^b	1,00±0,10 ^c	0,87±0,08 ^d	0,72±0,07 ^e	0,60±0,02 ^f
Zn	2,86±0,53 ^a	2,60±0,29 ^b	2,01±0,23 ^c	2,09±0,23 ^c	1,16±0,10 ^d	1,14±0,69 ^d

DU:Darı unu, PU:Pirinç Unu, MU:Mısır Unu

Aynı satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

Un paçallarının P değerleri en düşük 90,87±9,73 mg/100g (Kontrol) ile en yüksek 336,10±20,88 mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında P miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0,05) saptanmış olup tüm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.8.).

Un paçallarının Fe değerleri en düşük 1,12±0,15 mg/100g (Kontrol) ile en yüksek 7,53±1,60 mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında Fe miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0,05) saptanmış olup tüm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.8.).

Un paçallarının Cu değerleri en düşük 0,13±0,01 mg/100g (Kontrol) ile en yüksek 0,26±0,01 mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında Cu miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup C ve D kodlu un paçalları aynı grupta yer alırken; diğer un paçalları ayrı gruplarda yer almaktadır (Çizelge 4.8.).

Un paçallarının Mn değerleri en dūřuk $0,60\pm 0,02$ mg/100g (Kontrol) ile en yūksek $1,23\pm 0,33$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında Mn miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p<0,05$) saptanmış olup tūm un paçalları ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.8.).

Un paçallarının Zn değerleri en dūřuk $1,14\pm 0,69$ mg/100g (Kontrol) ile en yūksek $2,86\pm 0,53$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, un paçalları arasında Zn miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup C ve D kodlu un paçalları bir grupta; E kodlu ve kontrol un paçalı başka bir grup oluşturmuştur. Dięer un paçalları ayrı gruplarda yer almaktadır (Çizelge 4.8.).

Tahılların öğütölmesi sırasında ekstraksiyon derecesi azaldıkça başka bir ifadeyle kepek ve ruşeym tabakaları uzaklaştırıldıkça mineral madde içerikleri azalmaktadır (Elgūn ve Ertugay, 2002; Kent, 1990; Pomeranz, 1988). Paçal unların darı unu içeriği arttıķa Na, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn ve Zn içeriği artış gōsterirken Ca içeriği azalmıştır. Mısıır ve pirinç unu ticari olarak ūretilen, rafine ūrūnlerdir. Genel olarak kum darı unu içeriği artarken mineral madde ieriğininde artmasının sebebi bu duruma bağlanabilir.

Devi vd. (2014), rahi darı polifenollerinin ve diyet lifinin sağlığa faydaları ūzerinde incelemeler yapmışlardır. Çalışmada pirincin, mısıırın, sorgumun, rahi darının, inci darının, kum darının, cin darının ve kodo darının Ca değerlerinin sırasıyla 20 mg/100g, 30 mg/100g, 40 mg/100g, 330 mg/100g, 10 mg/100g, 10 mg/100g, 10 mg/100g, 10 mg/100g; P değerlerinin sırasıyla 120 mg/100g, 290 mg/100g, 350 mg/100g, 240 mg/100g, 350 mg/100g, 150 mg/100g, 310 mg/100g, 320 mg/100g; K değerlerinin sırasıyla 100 mg/100g, 370 mg/100g, 380 mg/100g, 430 mg/100g, 440 mg/100g, 210 mg/100g, 270 mg/100g, 170 mg/100g; Na değerlerinin sırasıyla 0 mg/100g, 30 mg/100g, 50 mg/100g, 20 mg/100g, 10 mg/100g, 10 mg/100g, 10 mg/100g, 10 mg/100g; Mg değerlerinin sırasıyla 30 mg/100g, 140 mg/100g, 190 mg/100g, 110 mg/100g, 130 mg/100g, 120 mg/100g, 130 mg/100g, 130 mg/100g; Fe değerlerinin sırasıyla 19 mg/100g, 30 mg/100g, 50 mg/100g, 46 mg/100g, 75 mg/100g, 33 mg/100g, 33 mg/100g, 7 mg/100g; Mn değerlerinin sırasıyla 12 mg/100g, 5 mg/100g, 16 mg/100g, 8 mg/100g, 18 mg/100g, 18 mg/100g, 22 mg/100g; Zn değerlerinin sırasıyla 10 mg/100g, 20 mg/100g, 15 mg/100g, 15 mg/100g, 30 mg/100g, 18 mg/100g, 22 mg/100g olduğunu belirtmişlerdir.

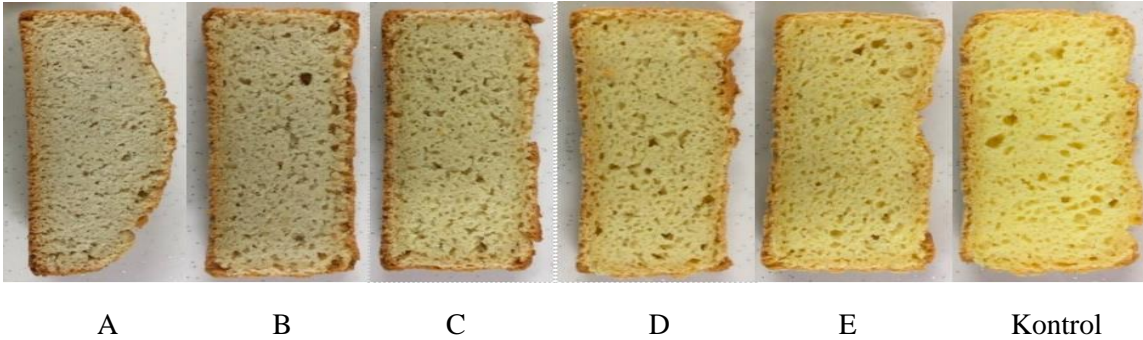
Çalışmamızdaki un paçallarına ait mineral madde değerleri Khalil vd. (1984)'nın Na, K, P, Zn, Cu, Mn değerlerinden daha düşük; Ca, Mg, Fe, değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

4.3. Glütensiz Ekmek Analizleri

Tez çalışmasında, kum darı unu içeren un paçallarından yapılan glütensiz ekmekler (A, B, C, D, E) ve kum darının kullanılmadığı kontrol ekmeğinin üstten görünüşlerine ait resimler Şekil 4.2.'de dilimlenmiş formdaki görüntüleri de Şekil 4.3.'te verilmiştir.



Şekil 4.2. Glütensiz ekmek örneklerinin üstten görünüşü [A (%100 kum darı unu), B (%80 kum darı unu+%10 pirinç unu+%10 mısır unu), C (%60 kum darı unu+%20 pirinç unu+%20 mısır unu), D (%40 kum darı unu+%30 pirinç unu+%30 mısır unu), E (%20 kum darı unu+%40 pirinç unu+%40 mısır unu), Kontrol (%50 pirinç unu+%50 mısır unu)]



Şekil 4.3. Glütensiz kum darı ekmeklerinin dilim görüntüsü [A (%100 kum darı unu), B (%80 kum darı unu+%10 pirinç unu+%10 mısır unu), C (%60 kum darı unu+%20 pirinç unu+%20 mısır unu), D (%40 kum darı unu+%30 pirinç unu+%30 mısır unu), E (%20 kum darı unu+%40 pirinç unu+%40 mısır unu), Kontrol (%50 pirinç unu+%50 mısır unu)]

4.3.1. Renk Analizi

Glütensiz ekmek örneklerinin renk analizine ait L^* (beyazlık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Ekmek içi renk değerleri; L^* $62,43 \pm 0,15$ (A)- $75,58 \pm 0,19$ (Kontrol), a^* $2,86 \pm 0,03$ (A)- $4,83 \pm 0,06$ (Kontrol), b^* $18,93 \pm 0,04$ (A)- $37,38 \pm 0,13$

(Kontrol) arasında, ekmek örneklerinin kabuk rengi değerleri ise; L^* 49,02±0,05 (A)-60,99±0,19 (Kontrol), a^* 14,57±0,03 (A)-17,61±0,17 (Kontrol), b^* 31,40±0,03 (A)-40,26±0,07 (Kontrol) arasında değişmiştir (Çizelge 4.9.). En düşük L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin %100 darı ununu içeren A kodlu ekmek örneğine, en yüksek değerlerin de darı unu içermeyen ekmek örneğine (kontrol) ait olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Glütensiz ekmek örneklerinin ekmek içi ve kabuk rengi analizleri

		RENK ANALİZİ			
		Ekmek Örnekleri	L^*	a^*	b^*
Ekmek içi rengi	A (%100 DU)		62,43±0,15 ^e	2,86±0,03 ^e	18,93±0,04 ^e
	B (%80DU+%10PU+%10MU)		63,05±0,18 ^e	3,58±0,20 ^d	24,23±0,07 ^d
	C (%60DU+%20PU+%20MU)		68,25±0,07 ^d	4,01±0,03 ^c	25,10±1,01 ^d
	D (%40DU+%30PU+%30MU)		70,04±0,82 ^c	4,13±0,09 ^{bc}	29,37±0,08 ^c
	E (%20DU+%40PU+%40MU)		73,31±0,04 ^b	4,31±0,05 ^b	32,19±0,01 ^b
	Kontrol (%50PU+%50MU)		75,58±0,19 ^a	4,83±0,06 ^a	37,38±0,13 ^a
	Kabuk rengi	A (%100 DU)		49,02±0,05 ^e	14,57±0,03 ^f
B (%80DU+%10PU+%10MU)			51,68±1,06 ^d	14,95±0,04 ^e	36,00±0,58 ^c
C (%60DU+%20PU+%20MU)			53,15±0,24 ^c	15,40±0,01 ^d	37,24±0,08 ^b
D (%40DU+%30PU+%30MU)			53,53±0,05 ^c	16,71±0,06 ^c	37,54±0,11 ^b
E (%20DU+%40PU+%40MU)			59,32±0,06 ^b	17,32±0,11 ^b	37,36±0,09 ^b
Kontrol (%50PU+%50MU)			60,99±0,19 ^a	17,61±0,17 ^a	40,26±0,07 ^a

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

Yapılan varyans analizinde, renk değerleri bakımından ekmek örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$). Ekmek içi renk analizinde; L^* renk değeri için C, D, E ve Kontrol ekmekleri ayrı gruplara dahil olurken, A ve B kodlu örnekler aynı grupta yer almıştır. a^* renk değeri için C ve D ile D ve E kodlu ekmekler aynı gruba, diğer ekmek örnekleri ayrı gruplara, b^* renk değeri için de B ve C kodlu ekmekler aynı gruba girerken diğer örnekler farklı gruplara dahil olmuşlardır. Ekmek kabuk rengi için yapılan analizlerde ise L^* renk değeri için A, B, E ve Kontrol, a^* renk değeri için tüm ekmek

örnekleri ve b* renk değeri için de A, B ve Kontrol ekmeği farklı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.9.). Ekmek örneklerinin aynı üretim prosesi ve pişirme koşullarında üretildikleri dikkate alındığında, söz konusu farklılıkların genelde paçal içeriğinde darı unu miktarının azalmasına karşılık mısır unu ve pirinç unu miktarlarının artışından kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim, %100 darı unundan yapılan A kodlu glütensiz ekmek örneği L*, a* ve b* değerleri bakımından (B kodlu örneğin ekmek içi L* değeri hariç) diğer ekmek örneklerinin tamamından istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Analizi yapılan örneklerde, %100 kum darı unundan yapılan glütensiz ekmek örneğinin gerek ekmek içi gerekse ekmek kabuğu L* değeri diğer ekmek örneklerinden daha düşük olup daha koyu renklidir (Şekil 4.2. ve 4.3.). Ekmek örneklerinde kum darı unu arttıkça kül miktarının da artması ve %100 kum darı unundan yapılan ekmeğin kül miktarının (mineral maddenin) diğer tüm örneklerden önemli oranda yüksek olması (Çizelge 4.10.) ekmek içi ve ekmek kabuğu rengin daha koyu olmasının başlıca nedeni olarak açıklanabilir. Diğer taraftan, en yüksek a* (kırmızı) ve b* (sarı) renk değerleri, karotenoid grubu (sarı-kırmızı) renk pigmentleri bakımından zengin mısır ununu en fazla oranda içeren, kül (mineral madde) içeriğinin en düşük olduğu Kontrol ekmeğinde ölçülmüştür (Çizelge 4.9.).

Tez kapsamında ekmek örnekleri için elde edilen renk değerleri Schober vd. (2005)'nin ekmek içi L*, a* ve ekmek kabuğu b* değerlerinden daha yüksek; ekmek kabuk L*, a* ve ekmek içi b* değerlerinden daha düşük, Ballolli vd. (2014) ve Singh (2012)'in değerlerine benzerlikler göstermektedir.

4.3.2. Nem Oranı

Glütensiz ekmeklerin kimyasal analizlerine ait nem, protein, yağ ve kül oranları Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Nem oranları en düşük $29,74 \pm 0,27$ (B) ile en yüksek $34,33 \pm 0,42$ (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında nem oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0,05$) bulunmuş olup kontrol ekmeği diğer ekmek örneklerinden farklı bir gruba girerken A, C ve E kodlu ekmekler aynı gruba dahil olmuşlardır (Çizelge 4.10.). Nem değerleri, hamur formülasyonuna eklenen su miktarı ile orantılıdır. Formülasyon hazırlanırken, ön denemelerle belirlenen miktarda su eklenmiştir. Hamurların su kaldırma kapasitesinin ve pişirme süresi ile bağlantılı meydana gelen nem kaybının sonuçlara etki ettiği düşünülmektedir.

Ekmek örnekleri için saptanan nem oranları Ballolli vd. (2014), Khalil vd. (1984), Ogunsakin vd. (2015) ve Singh vd. (2012)'nin nem oranları ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.10. Glütensiz ekmek örneklerinin bazı kimyasal özellikleri

Ekmek örnekleri	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
A (%100 DU)	31,61±0,16 ^b	11,12±0,03 ^a	7,59±0,02 ^a	2,55±0,03 ^a
B (%80DU+%10PU+%10MU)	29,74±0,27 ^c	9,98±0,01 ^b	7,46±0,05 ^b	2,21±0,00 ^b
C (%60DU+%20PU+%20MU)	31,27±0,26 ^b	9,56±0,05 ^c	7,35±0,03 ^c	2,02±0,01 ^c
D (%40DU+%30PU+%30MU)	29,83±0,06 ^c	8,79±0,04 ^d	7,24±0,03 ^d	1,98±0,01 ^{cd}
E (%20DU+%40PU+%40MU)	31,92±0,13 ^b	7,75±0,02 ^e	6,96±0,02 ^e	1,97±0,00 ^d
Kontrol (%50PU+%50MU)	34,33±0,42 ^a	6,99±0,03 ^f	6,78±0,01 ^f	1,85±0,02 ^e

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

4.3.3. Protein Oranı

Glütensiz ekmeklerin protein oranları en düşük 6,99±0,03 (Kontrol) ile en yüksek 11,12±0,03 (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında protein oranları bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0,05) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.10.). Glütensiz ekmeklerde kum darı içeriği azaldıkça protein oranları da azalmıştır. Bu durumun, kum darının protein içeriğinin pirinç unu ve mısır unundan daha yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Kontrol ekmeğinin nem oranının diğer ekmek örneklerinden yüksek olması protein, yağ, kül değerlerinin de diğer ekmeklere göre oransal olarak daha az olmasında etkisi vardır.

Çalışmamızda glütensiz ekmek örnekleri için bulduğumuz protein oranları, Khalil vd. (1984) ve Ogunsakin vd. (2015)'nin oranlarından daha düşük; Ballolli vd. (2014) ve Singh vd. (2012)'nin bulguları ile benzerlik göstermektedir.

4.3.4. Yağ Oranı

Glütensiz ekmeklerin yağ oranları en düşük %6,78±0,01 (Kontrol) ile en yüksek %7,59±0,02 (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında

yağ oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.10.). Darı unu içeriği arttıkça yağ oranı da artmıştır.

Ekmek örneklerinin yağ oranları Ogunsakin vd. (2015) ile benzerlik gösterirken; Khalil vd. (1984), Ballolli vd. (2014) ve Singh vd. (2012)'nin belirlediği yağ değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

4.3.5. Kül Oranı

Glütensiz ekmeklerin kül oranları en düşük $1,85\pm 0,02$ (Kontrol) ile en yüksek $2,55\pm 0,03$ (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında kül oranları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup C ve D kodlu ekmek örnekleri aynı gruba dahil olurken A, B, E kodlu ve kontrol ekmeği ayrı gruplar oluşturmuşlardır (Çizelge 4.10.). Glütensiz ekmeklerin kum darı içeriği azaldıkça kül oranları da azalmıştır. Bu durumun, kum darının kül içeriğinin pirinç unu ve mısır unundan daha yüksek olmasından ileri geldiği söylenebilir.

Çalışmamızdaki kül değerleri Khalil vd. (1984) ve Ogunsakin vd. (2015) ile benzerlik gösterirken; Singh vd. (2012)'nin değerlerine göre daha yüksektir.

4.3.6. Su Aktivitesi

Glütensiz ekmek örneklerinin su aktiviteleri (a_w) başlangıç $0,95\pm 0,00$ (D) ile $0,99\pm 0,01$ (A); 24. saatte $0,95\pm 0,00$ (E) ile $0,98\pm 0,00$ (A/D/Kontrol) ve 48. saatte $0,90\pm 0,00$ (B) ile $0,98\pm 0,01$ (C) arasında değişmiştir (Çizelge 4.11.).

Yapılan varyans analizinde, glütensiz ekmekler arasında su aktivite değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup başlangıç a_w değerleri için A, C ve D kodlu ekmek örnekleri ayrı gruplara; 24. saat a_w değerleri için A, C, D ve kontrol ekmekleri aynı gruba; 48. saat a_w değerleri için de A, C, D ve kontrol ekmeği aynı gruba dahil olmuşlardır. Glütensiz ekmeklerin su aktivitesi değerleri bakımından muhafaza sürelerine göre değişimi de istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) içermektedir. Buna göre; %100 darı unundan yapılan A kodlu ekmek örneğinin başlangıç ve 48. saatteki a_w değerleri arasında; B kodlu örneğin başlangıç, 24. sa ve 48. saatteki; D kodlu örneğin başlangıç ve 24. saatteki a_w değerleri; E kodlu örneğin başlangıç a_w değerleri ile 24.

sa ve 48. saatteki a_w değerleri arasında; kontrol örneğinin de başlangıç ve 48. saatteki a_w değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır. Gerek ekmek örnekleri arasında gerekse de örneklerin muhafazaları sırasında su aktivitesi (a_w) değerlerinde meydana gelen farklılıkların, büyük oranda ekmeklerin yapıldığı un paçallarındaki farklılıktan kaynaklandığı, ekmek örneklerinin nem oranlarının da söz konusu farklılıklarda etkili olduğu ileri sürülebilir. Diğer taraftan, üretim prosesi sırasında ekmek örnekleri arasında meydana gelen olası zaman, sıcaklık gibi faktörlerdeki çok küçük farklılıklar ile pişirme sırasında kabuk kalınlıkları arasındaki olası küçük farklılıkların örneklerin su aktivitesi değerlerinde düzenli olmayan değişimlere yol açtığı söylenebilir.

Çalışmamızdaki su aktivitesi değerleri Schober vd. (2005) ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.11. Glütensiz ekmeklerin su aktivite değerleri

Ekmek örnekleri	Su Aktivitesi (a_w)		
	Başlangıç	24. Saat	48. Saat
A (% 100 DU)	0,99±0,01 ^{a,A}	0,98±0,00 ^{a,AB}	0,97±0,01 ^{a,B}
B (% 80DU+% 10PU+% 10MU)	0,98±0,01 ^{ab,A}	0,95±0,01 ^{b,B}	0,90±0,00 ^{c,C}
C (% 60DU+% 20PU+% 20MU)	0,97±0,00 ^{b,A}	0,97±0,00 ^{a,A}	0,98±0,01 ^{a,A}
D (% 40DU+% 30PU+% 30MU)	0,95±0,00 ^{c,B}	0,98±0,00 ^{a,A}	0,96±0,01 ^{ab,AB}
E (% 20DU+% 40PU+% 40MU)	0,98±0,01 ^{ab,A}	0,95±0,00 ^{b,B}	0,95±0,00 ^{b,B}
Kontrol (% 50PU+% 50MU)	0,99±0,00 ^{ab,A}	0,98±0,00 ^{a,AB}	0,97±0,00 ^{a,B}

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

Aynı satırda aynı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

4.3.7. Asitlik Analizi

Glütensiz ekmeklerin asitlik değerleri sülfirik asit (H_2SO_4) cinsinden en düşük %0,12±0,00 (Kontrol) ile en yüksek %0,23±0,01 (A) arasında değişmiştir (Çizelge 4.12.).

Yapılan varyans analizinde, glütensiz ekmekler arasında asitlik değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) saptanmış olup D kodlu ekmek örneği, C ve E kodlu ekmek örneklerine benzerlik gösterirken; A, B ve E kodlu ekmek örnekleri ayrı

gruplarda yer almışlardır (Çizelge 4.12.). Un paçalarında darı unu içeriği arttıkça asitlik değerlerinde de artış meydana geldiği görülmektedir. Söz konusu artışın kontrol ununu oluşturan pirinç unu ve mısır ununun asitlik değerlerinin düşük buna karşılık darı ununun asitlik değerinin nispeten daha yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

4.3.8. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde İçeriği

Antioksidan bileşikler, serbest radikallerin meydana getirebileceği olumsuz etkileri yok etmekte önemli rol oynamaktadır. Sentetik kaynaklı antioksidanlar yerine doğal kaynaklardan elde edilenlerin kullanılması gıdalarda meydana gelen, serbest radikallerin sebep olduğu bozulmaları önlemekle birlikte, insan sağlığına da fayda sağlamaktadır (Anonim, 2021). Analizdeki prensip, sentetik ve kararlı bir radikal olan DPPH'ı kullanarak, gıda içindeki antioksidanların bu serbest radikali yakalama yeteneğine dayanmaktadır (Pokorny, Yanishlieva ve Gordon, 2001).

Glütensiz ekmeklerin toplam fenolik madde içerikleri en düşük $115,28 \pm 0,14$ mg GAE/kg (Kontrol) ile en yüksek $210,57 \pm 0,37$ mg GAE/kg (A) arasında; toplam antioksidan aktiviteleri de (EC_{50}) $106,05 \pm 0,1$ (A) ile $142,10 \pm 0,40$ (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında gerek toplam fenolik madde gerekse antioksidan içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p < 0,05$) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.12.). Glütensiz ekmeklerin kum darı içeriği azaldıkça toplam fenolik madde oranlarında ve antioksidan aktivitelerinde önemli azalmalar meydana gelmiştir. EC_{50} değeri "ortamda bulunan DPPH radikalinin %50'sini inhibe eden antioksidan madde konsantrasyonu" olarak açıklanmaktadır. Bu değerın küçülmesi, antioksidan madde miktarının arttığını göstermektedir (Öztan, 2006).

Bourekoua vd. (2018) glütensiz ekmeklerin EC_{50} değerlerinin 11970 (%10 nar çekirdeği tozu katkılı)-29390 (%2,5 nar çekirdeği tozu katkılı); toplam fenolik madde içeriğinin 880 mg GAE/kg (%0 nar çekirdeği tozu katkılı)-2470 mg GAE/kg (%10 nar çekirdeği tozu katkılı) arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Martins vd. (2020)'nın meşe palamudu unundan yaptığı glütensiz ekmek çalışmalarında antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 0,006 mmol trolox/g (kontrol)-0,043 mmol trolox/g (A35%); 0,395 mg GAE/g (kontrol)-0,848 mg GAE/g (A35%) arasında; Şahin, Koyuncu ve Soyaslan (2018) toplam fenolik madde miktarını

0,46 mg/100g (kontrol)-0,66 mg/100g (%45 nohut mayası ilaveli), antioksidan kapasitesini %21,1 (kontrol)-%30,2 (%15 nohut mayası ilaveli) aralığında tespit etmişlerdir.

Kum darıdan yaptığımız glutensiz ekmeklerin EC₅₀ değerleri ve fenolik madde miktarları, Bourekoua vd. (2018)'nin değerlerinden daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.12. Glütensiz ekmeklerin bazı fiziko-kimyasal özellikleri

Ekmek Örnekleri	Asitlik⁽¹⁾ (%)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/kg)	Antioksidan Akt. (EC₅₀)	Spesifik Hacim (ml/g)	Pişme Kaybı (%)
A (%100 DU)	0,23±0,01 ^a	210,57±0,37 ^a	106,05±0,10 ^f	1,74±0,01 ^c	19,71±0,04 ^c
B (%80DU+ %10PU+%10MU)	0,21±0,01 ^b	198,31±0,64 ^b	110,93±0,05 ^e	1,83±0,04 ^b	20,09±0,04 ^b
C (%60DU+ %20PU+%20MU)	0,16±0,01 ^c	196,35±0,14 ^c	122,74±0,23 ^d	1,57±0,05 ^d	21,19±0,11 ^a
D (%40DU+ %30PU+%30MU)	0,15±0,01 ^{cd}	189,10±0,24 ^d	124,31±0,19 ^c	2,01±0,01 ^a	19,08±0,05 ^e
E (%20DU+ %40PU+%40MU)	0,15±0,01 ^d	177,26±0,36 ^e	137,13±0,05 ^b	1,81±0,02 ^{bc}	19,39±0,15 ^d
Kontrol (%50PU+%50MU)	0,12±0,00 ^e	115,28±0,14 ^f	142,10±0,40 ^a	1,88±0,04 ^b	19,28±0,04 ^{de}

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

⁽¹⁾ Sülfirik asit (H₂SO₄) cinsinden

4.3.9. Spesifik Hacim

Glütensiz ekmeklerin spesifik hacim değerleri en düşük 1,57±0,05 ml/g (C) ile en yüksek 2,01±0,01 ml/g (D) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında spesifik hacim değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup B ve E kodlu ekmek örnekleri ile kontrol ekmeği aynı gruba dahil olurken, C ve D kodlu ekmek örnekleri ayrı gruplar oluşturmuş; E kodlu ekmek ise A ve B kodlu örnek ile kontrol ekmeğine benzerlik göstermiştir (Çizelge 4.12.).

Kamaraddi ve Shanthakumar (2003) beş farklı darı çeşidiyle yaptıkları glutensiz ekmek çalışmasında spesifik hacim değerlerinin; 2,32 ml/g (%30 ragi darı+%70 buğday unu),

2,98 ml/g (%30 küçük darı+%70 buğday unu), 2,60 ml/g (%30 cin darı+%70 buğday unu), 3,00 ml/g (%30 barnyard darı+%70 buğday unu), 3,00 ml/g (%30 kum darı+%70 buğday unu) ve 3,92 ml/g (%100 buğday unu) olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmamızdaki spesifik hacim değerleri, Schober vd. (2005)'nin değerlerine benzerlik gösterirken; Horstmann vd. (2019) ve Kamaraddi ve Shanthakumar (2003)'ün değerlerinden daha düşük çıkmıştır.

4.3.10. Pişme Kaybı

Ekmekler hazırlanırken hamurlar 600 g'lık parçalara ayrılmış ve tost kalıplarında pişirilmiştir. Her bir örneğin pişme sonrası oda sıcaklığına gelmesi beklenmiş ve tartılmıştır.

Glütensiz ekmeklerin pişme kaybı en düşük %19,08±0,05 (D) ile en yüksek %21,19±0,11 (C) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında pişme kaybı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup A, B, C, D ve E kodlu ekmekler ayrı gruplarda yer alırken; kontrol ekmeği D ve E kodlu ekmeklerle benzerlik göstermiştir (Çizelge 4.12.).

Çalışmamızdaki pişme kaybı değerleri Horstmann vd. (2019) ve Schober vd. (2005)'nin değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

4.3.11. Mineral Madde Kompozisyonu

Glütensiz ekmeklerde Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, Mn ve Zn değerleri ICP-OES (İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi) yöntemiyle belirlenmiştir.

Glütensiz ekmeklerin Na değerleri en düşük 374,50±57 mg/100g (Kontrol) ile en yüksek 411,10±14 mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında Na miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup B ve C kodlu ekmekler bir grupta; D, E kodlu ve kontrol ekmeği başka bir grupta yer almıştır. A kodlu ekmek iki grubunda dışında kalmıştır (Çizelge 4.13.).

Çizelge 4.13. Glütensiz ekmeklerin mineral madde miktarları (mg/100g)

	A (%100 DU)	B (%80DU+ %10PU+ %10MU)	C (%60DU+ %20PU+ %20MU)	D (%40DU+ %30PU+ %30MU)	E (%20DU+ %40PU+ %40MU)	Kontrol (%50PU+ %50MU)
Na	411,10±14 ^a	392,20±2 ^b	389,50±22 ^b	378,40±64 ^c	378,20±15 ^c	374,50±57 ^c
Mg	183,60±7 ^a	158,30±1 ^b	127,80±20 ^c	100,40±7 ^d	65,30±6 ^e	37,60±2 ^f
K	330,00±42 ^a	303,70±25 ^b	257,70±4 ^c	226,00±29 ^d	183,00±22 ^e	147,10±9 ^f
Ca	70,40±2 ^e	72,20±9 ^e	74,40±8 ^d	76,80±7 ^c	79,10±4 ^b	83,70±10 ^a
P	367,10±22 ^a	322,00±3 ^b	271,90±32 ^c	232,70±23 ^d	172,10±19 ^e	123,50±7 ^f
Fe	8,70±0 ^a	7,00±0 ^b	5,10±1 ^c	4,10±0 ^d	3,60±0 ^e	1,30±0 ^f
Cu	0,23±0 ^a	0,22±0 ^b	0,21±0 ^b	0,20±0 ^b	0,19±0 ^c	0,18±0 ^d
Mn	1,40±0 ^a	1,30±0 ^b	1,04±0 ^c	1,00±0 ^d	0,70±0 ^e	0,60±0 ^f
Zn	5,60±1 ^a	3,40±0 ^b	2,94±0 ^c	2,40±1 ^d	1,30±0 ^e	1,00±0 ^f

DU: Darı unu, PU: Pirinç unu, MU: Mısır unu

Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

Glütensiz ekmeklerin Mg değerleri en düşük 37,60±2 mg/100g (Kontrol) ile en yüksek 183,60±7 mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında Mg miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0,05) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.13.).

Glütensiz ekmeklerin K değerleri en düşük 147,10±9 mg/100g (Kontrol) ile en yüksek 330,00±42 mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında K miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0,05) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.13.).

Glütensiz ekmeklerin Ca değerleri en düşük 70,40±2 mg/100g (A) ile en yüksek 83,70±10 mg/100g (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında Ca miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup A ve B kodlu ekmekler aynı grupta; C, D, E kodlu ve kontrol ekmeği ayrı gruplarda yer almışlardır (Çizelge 4.13.).

Glütensiz ekmeklerin P değerleri en düşük $123,50 \pm 7$ mg/100g (Kontrol) ile en yüksek $367,10 \pm 22$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında P miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p < 0,05$) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.13.).

Glütensiz ekmeklerin Fe değerleri en düşük $1,30 \pm 0$ mg/100g (Kontrol) ile en yüksek $8,70 \pm 0$ mg/100g (A) arasında değişmektedir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında Fe miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p < 0,05$) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.13.).

Glütensiz ekmeklerin Cu değerleri en düşük $0,18 \pm 0$ mg/100g (A) ile en yüksek $0,23 \pm 0$ mg/100g (Kontrol) arasında değişmektedir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında Cu miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p < 0,05$) tespit edilmiş olup B, C ve D kodlu ekmek örnekleri aynı grupta yer alırken, diğer örnekler ayrı gruplarda yer almıştır.

Glütensiz ekmeklerin Mn değerleri en düşük $0,60 \pm 0$ mg/100g (Kontrol) ile en yüksek $1,40 \pm 0$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında Mn miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p < 0,05$) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.13.).

Glütensiz ekmeklerin Zn değerleri en düşük $1,00 \pm 0$ mg/100g (Kontrol) ile en yüksek $5,60 \pm 1$ mg/100g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında Zn miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p < 0,05$) saptanmış olup tüm ekmek örnekleri ayrı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.13.).

Glütensiz ekmek örneklerinde darı unu içeriği arttıkça Na, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn ve Zn içeriği artış gösterirken Ca içeriği azalmıştır. Mısır ve pirinç unu ticari olarak üretilen, rafine ürünlerdir. Genel olarak kum darı unu içeriği artarken mineral madde içeriğinin de artmasının sebebi bu duruma bağlanabilir.

Günlük beslenmede almamız gereken mineral madde miktarları; Ca için 1000 mg/gün, Mg için 320-400 mg/gün, Mn için 2-7 mg/gün, Cu için 2-3 mg/gün, Fe için 15-18 mg/gün ve Zn için 10 mg/gün civarındadır (Yorgancılar, Atalay ve Babaoğlu, 2009). Yapılan %100 darı içerikli glütensiz ekmeğin 100 g'ı günlük kalsiyum, magnezyum, mangan, bakır, demir ve

çinko ihtiyacının yaklaşık olarak sırasıyla %7, %45, %28, %8, %54 ve %56'sını karşılamaktadır.

Çalışmamızdaki değerler Khalil vd. (1984)'nin Na, Mg, Ca, Fe ve Zn değerlerinden yüksek; P, Cu ve Mn değerlerinden düşük, K değerleri ile aynı seviyede; Ogunsakin vd. (2015)'nin Ca, Mg ve K değerlerinden yüksektir.

4.3.12. Ekmek Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi

4.3.12.1. Sertlik

Glütensiz ekmeklerin sertlik değerleri başlangıç, 24. saat ve 48. saatlerde ölçülmüştür. Başlangıç sertlik değerleri en düşük 2085±7 g (Kontrol) ile en yüksek 4213±46 g (A); 24. sa için en düşük 3085±34 (E) ile en yüksek 4533±98 g (A); 48. sa için en düşük 3343±69 g (Kontrol) ile en yüksek 5081±86 g (A) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında sertlik değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup başlangıç için glütensiz ekmek örnekleri farklı gruplara dahil olmuş; 24. sa için D ve E kodlu ekmekler aynı grupta yer alırken diğer ekmekler farklı gruplar oluşturmuş; 48. sa için de C ve D kodlu ekmekler aynı gruba girerken diğer ekmek örnekleri arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.14. Glütensiz ekmeklerin sertlik değerleri

	Sertlik (g)		
	Başlangıç	24. Saat	48. Saat
A (%100 DU)	4213±46 ^{a,C}	4533±98 ^{a,B}	5081±86 ^{a,A}
B (%80DU+%10PU+%10MU)	3947±54 ^{b,C}	4368±17 ^{b,B}	4874±745 ^{b,A}
C (%60DU+%20PU+%20MU)	3623±66 ^{c,C}	3841±116 ^{c,B}	4298±106 ^{c,A}
D (%40DU+%30PU+%30MU)	3438±44 ^{d,C}	3623±98 ^{d,B}	4365±77 ^{c,A}
E (%20DU+%40PU+%40MU)	3162±26 ^{e,C}	3781±59 ^{d,B}	4116±91 ^{d,A}
Kontrol (%50PU+%50MU)	2085±7 ^{f,C}	3085±34 ^{e,B}	3343±69 ^{e,A}

DU: Darı unu, PU: Piriç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

Aynı satırda aynı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

Glütensiz ekmeklerin sertlik değerlerinin muhafaza sürelerine göre değişiminde de istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup tüm ekmek örnekleri başlangıç, 24. sa ve 48. sa sertlik değerleri bakımından farklı gruplara dahil olmuşlardır (Çizelge 4.14.). Ekmek formülasyonunda darı unu içeriği azaldıkça başlangıç sertlik değerlerinin de azalma gösterdiği, en düşük sertlik değerlerinin darı unu içermeyen kontrol ekmeğine ait olduğu tespit edilmiştir. Darı unu, ekmek örneklerinin sertlik değerlerini arttırmakla beraber, üretim prosesi sırasında örnekler arasında oluşması muhtemel küçük farklılıklar ile ekmeklerin pişme sırasında oluşan kabuk kalınlıkları ve sonrasında kesme kalınlıkları gibi özellikleri arasındaki olası küçük farklılıkların ilerleyen muhafaza süresinde sertlik değerlerinde dalgalanmalara yol açmış olabileceği söylenebilir.

Lian, Lou, Gang, Zhang ve Serventi (2020) yaptıkları çalışmada sarı soya fasulyesi ilaveli ekmeklerin sertlik değerlerinin 3404 g (kontrol)-4947 g (sarı soya fasulyesi) arasında; Bird vd. (2017) ise nohut unu ve nohut ezmesi kullanarak yaptıkları glütensiz ekmeklerin sertlik değerlerini 1673 g (nohut unu ilaveli)-5534 g (nohut ezmesi ilaveli) arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

4.3.12.2. Esneklik

Glütensiz ekmeklerin başlangıç esneklik değerleri en düşük $0,03\pm 0,00$ (A) ile en yüksek $0,10\pm 0,00$ (Kontrol); 24. sa için en düşük $0,01\pm 0,00$ (B) ile en yüksek $0,06\pm 0,00$ (Kontrol); 48. sa için en düşük $0,01\pm 0,00$ (A) ile en yüksek $06\pm 0,01$ (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında esneklik değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup başlangıç değerleri için B ve C kodlu ekmekler bir grupta, diğer ekmekler ayrı gruplarda yer almış; 24. sa için kontrol ekmeği B ve C kodlu ekmeklerden farklı bir grupta; 48. sa için kontrol ekmeği ve E kodlu ekmek diğer ekmek örneklerinden farklı gruplarda yer almıştır. Günler arası değişime bakıldığında; tüm ekmek örneklerinin başlangıç ile 48. sa değerleri arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Çizelge 4.15.). Ekmeğe uygulanan güç sonrası, ekmeğin tekrar eski haline dönme hızı ve oranı olarak ifade edilen esneklik değerleri (Gerçekaslan, Kotancılar ve Karaoğlu, 2007) darı unu içeriğinin artmasıyla azalma göstermiştir.

Feizollahi vd. (2018) yaptıkları ekmeklerin esneklik değerlerinin 0,42 ile 0,49 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki değerler bu değer aralığının altında kalmıştır.

Çizelge 4.15. Glütensiz ekmeklerin esneklik değerleri

	Esneklik		
	Başlangıç	24. Saat	48. Saat
A (%100 DU)	0,03±0,00 ^{e,A}	0,03±0,03 ^{ab,A}	0,01±0,00 ^{c,B}
B (%80DU+%10PU+%10MU)	0,04±0,00 ^{d,A}	0,01±0,00 ^{b,C}	0,02±0,00 ^{c,B}
C (%60DU+%20PU+%20MU)	0,05±0,00 ^{d,A}	0,02±0,01 ^{b,B}	0,02±0,00 ^{c,B}
D (%40DU+%30PU+%30MU)	0,06±0,00 ^{c,A}	0,03±0,00 ^{ab,B}	0,02±0,00 ^{c,C}
E (%20DU+%40PU+%40MU)	0,08±0,00 ^{b,A}	0,03±0,00 ^{ab,B}	0,03±0,00 ^{b,B}
Kontrol (%50PU+%50MU)	0,10±0,00 ^{a,A}	0,06±0,00 ^{a,B}	0,06±0,01 ^{a,B}

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

Aynı satırda aynı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

4.3.12.3. Elastikiyet

Glütensiz ekmeklerin başlangıç elastikiyet değerleri en düşük 0,20±0,00 (A) ile en yüksek 0,22±0,01 (E); 24. sa için en düşük 0,05±0,05 (A) ile en yüksek 0,20±0,00 (Kontrol); 48. sa için en düşük 0,12±0,00 (A) ile en yüksek 0,18±0,01 (D) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında elastikiyet değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup başlangıç için tüm ekmek örnekleri, 24. sa için A kodlu ekmek hariç diğer tüm ekmek örnekleri aynı grupta yer alırken, 48. sa için A ve B kodlu ekmek bir grupta, C ve D kodlu ekmekler bir grupta; E kodlu ekmek ve kontrol ekmeği ise ayrı gruplarda yer almıştır. Muhafaza süreleri arasındaki değişime bakıldığında tüm ekmek örneklerinin başlangıç ve 48. sa elastikiyet değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar oluşmuş ve muhafaza süresi sonunda elastikiyet değerleri azalmıştır (Çizelge 4.16.).

Feizollahi vd. (2018) farklı pirinç çeşitlerinden elde edilen unlarla yapılan ekmeklerin elastikiyet değerlerini 0,97-0,99; Bourekoua vd. (2018) ise 0,52 (%10 nar çekirdeği tozu ilaveli/1. gün)-0,84 (% nar çekirdeği tozu ilaveli/3. Gün) arasında ölçmüşlerdir.

Çizelge 4.16. Glütensiz ekmeklerin elastikiyet değerleri

	Elastikiyet		
	Başlangıç	24. Saat	48. Saat
A (%100 DU)	0,20±0,00 ^{a,A}	0,05±0,05 ^{b,B}	0,12±0,00 ^{d,C}
B (%80DU+%10PU+%10MU)	0,21±0,00 ^{a,A}	0,17±0,02 ^{a,B}	0,13±0,01 ^{d,C}
C (%60DU+%20PU+%20MU)	0,21±0,01 ^{a,A}	0,17±0,03 ^{a,AB}	0,17±0,03 ^{c,B}
D (%40DU+%30PU+%30MU)	0,21±0,00 ^{a,A}	0,18±0,00 ^{a,B}	0,18±0,01 ^{c,B}
E (%20DU+%40PU+%40MU)	0,22±0,00 ^{a,A}	0,18±0,00 ^{a,B}	0,17±0,00 ^{b,B}
Kontrol (%50PU+%50MU)	0,21±0,01 ^{a,A}	0,20±0,00 ^{a,A}	0,16±0,11 ^{a,B}

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

Aynı satırda aynı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

4.3.12.4. Ekmek İçi Yapışkanlık

Glütensiz ekmeklerin başlangıç iç yapışkanlık değerleri en düşük 0,06±0,00 (A) ile 0,25±0,02 (Kontrol); 24. sa için en düşük 0,01±0,01 (A) ile en yüksek 0,14±0,00 (Kontrol); 48. sa için en düşük 0,01±0,00 (A) ile 0,14±0,02 (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında iç yapışkanlık değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup başlangıç için B ve C kodlu ekmekler aynı grupta diğer ekmekler ayrı gruplarda; 24. sa için D ve E kodlu ekmekler aynı gruba girerken A, C kodlu ekmekler ve kontrol ekmeği ayrı gruplarda; 48. sa için de A, B, C ve D kodlu ekmekler aynı grupta; diğer ekmekler ayrı gruplarda yer almıştır. Muhafaza süreleri arasındaki değişime bakıldığında; tüm ekmek örneklerinin başlangıç ve 48. sa değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p<0,05$) (Çizelge 4.17.). İç bağların dayanma kabiliyeti ve ısırılma sırasında kopmadan önceki deformasyon miktarını ifade eden yapışkanlık değerleri (Gerçekaslan, Kotancılar ve Karaoğlu, 2007), darı unu içeriği arttıkça ve muhafaza sürelerine bağlı olarak azalma göstermiştir.

Ballolli vd. (2014) yaptıkları çalışmada iç yapışkanlık değerlerini 0,02 (%50 cin darı unu+%50 çok amaçlı un) ile 0,11 (%10 cin darı unu+%90 çok amaçlı un) arasında; Feizollahi vd. (2018) ise 0,68-0,75 arasında tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki ekmek içi yapışkanlık değerler, Feizollahi vd. (2018)'nin değerlerinden daha düşük; Ballolli vd. (2014) ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.17. Glütensiz ekmeklerin ekmek içi yapışkanlık değerleri

	İç yapışkanlık		
	Başlangıç	24. Saat	48. Saat
A (% 100 DU)	0,06±0,00 ^{e,A}	0,01±0,01 ^{d,B}	0,01±0,00 ^{c,B}
B (% 80DU+% 10PU+% 10MU)	0,11±0,01 ^{d,A}	0,02±0,00 ^{cd,B}	0,04±0,01 ^{c,B}
C (% 60DU+% 20PU+% 20MU)	0,12±0,01 ^{d,A}	0,03±0,01 ^{c,C}	0,05±0,00 ^{c,B}
D (% 40DU+% 30PU+% 30MU)	0,16±0,01 ^{c,A}	0,07±0,00 ^{b,B}	0,04±0,01 ^{c,C}
E (% 20DU+% 40PU+% 40MU)	0,21±0,01 ^{b,A}	0,08±0,01 ^{b,B}	0,09±0,01 ^{b,B}
Kontrol (% 50PU+% 50MU)	0,25±0,02 ^{a,A}	0,14±0,00 ^{a,B}	0,14±0,02 ^{a,B}

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

Aynı satırda aynı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

4.3.12.5. Çiğnenebilirlik

Glütensiz ekmeklerin başlangıç çiğnenebilirlik değerleri en düşük 52,15±0,41 (A) ile en yüksek 117,16±14,31 (Kontrol); 24. sa için en düşük 4,08±4,09 (A) ile en yüksek 122,14±5,13 (Kontrol); 48. sa için en düşük 7,18±0,74 (A) ile en yüksek 109,32±32,65 (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında çiğnenebilirlik değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup başlangıç için B, C, D kodlu ekmekler ve kontrol ekmeği aynı grupta, A ve E kodlu ekmekler ayrı gruplarda; 24. ve 48. saatlerde ise kontrol ekmeği diğer ekmeklerden farklı bir gruba girmiştir. Muhafaza süreleri arasındaki değişime bakıldığında; glütensiz ekmek örneklerinin başlangıç çiğnenebilirlik değerleri ile 48. sa değerleri arasında anlamlı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.18.). Ekmeğin yutma durumuna gelene kadar parçalanması için gereken enerji olarak tanımlanan çiğnenebilirlik değerleri darı unu içeriğinin artması ile azalmıştır.

Bourekoua vd. (2018) çalışmalarında ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerlerini 1. gün için 3,76 (%10 nar çekirdeği tozu ilaveli) ve 3. gün için 3,45 (%10 nar çekirdeği tozu ilaveli); Feizollahi vd. (2018) ise çiğnenebilirlik değerlerini 1,57 ile 3,11 arasında tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki değerler söz konusu literatür değerlerinden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Glütensiz ekmeklerin çiğnenebilirlik özellikleri

	Çiğnenebilirlik		
	Başlangıç	24. Saat	48. Saat
A (%100 DU)	52,15±0,41 ^{c,A}	4,08±4,09 ^{c,B}	7,18±0,74 ^{c,B}
B (%80DU+%10PU+%10MU)	95,86±4,61 ^{b,A}	19,10±4,33 ^{c,B}	23,43±5,23 ^{c,B}
C (%60DU+%20PU+%20MU)	92,92±11,26 ^{b,A}	17,85±10,48 ^{c,C}	46,00±2,47 ^{bc,B}
D (%40DU+%30PU+%30MU)	114,93±10,35 ^{b,A}	46,34±0,11 ^{b,B}	35,82±11,80 ^{c,B}
E (%20DU+%40PU+%40MU)	142,42±5,31 ^{a,A}	59,94±8,30 ^{b,B}	81,49±11,65 ^{b,B}
Kontrol (%50PU+%50MU)	117,16±14,31 ^{b,A}	122,14±5,13 ^{a,B}	109,32±32,65 ^{a,A}

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

Aynı satırda aynı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur (p>0,05).

4.3.13. Duyusal Analiz

Duyusal analiz; 5 panelistin, analiz formunda belirtilen görünüm, ekmek kabuk rengi, ekmek içi rengi, gözenek yapısı, tat ve aroma, çiğnenebilirlik ve genel beğeni gibi kriterlerin 5 üzerinden puanlanmasıyla yapılmıştır.

4.3.13.1. Görünüm

Glütensiz ekmeklere duyusal analiz sonucu verilen puanlar görünüm için en düşük 1,40±0,55 (A) en yüksek 4,20±0,84 (E) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında görünüm puanları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar (p<0,05) tespit edilmiş olup A ve B kodlu ekmek bir grup oluştururken; D ve E kodlu ekmekler ayrı gruplar oluşturmuştur. C kodlu ekmek, A, B ve D kodlu ekmeğe benzerlik gösterirken; kontrol ekmeği D ve E kodlu ekmeğe benzerlik göstermiştir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Glütensiz ekmeklerin duyusal analiz sonuçları (1-5)

	DUYUSAL ANALİZ					
	A (% 100 DU)	B (% 80DU+ % 10PU+ % 10MU)	C (% 60DU+ % 20PU+ % 20MU)	D (% 40DU+ % 30PU+ % 30MU)	E (% 20DU+ % 40PU+ % 40MU)	Kontrol (% 50PU+ % 50MU)
Görünüm	1,40±0,55 ^c	2,20±0,84 ^c	2,80±0,45 ^{bc}	3,20±0,45 ^b	4,20±0,84 ^a	3,80±0,45 ^{ab}
Ekmek Kabuk Rengi	1,40±0,55 ^c	1,80±0,45 ^c	2,60±0,55 ^{bc}	3,60±0,55 ^b	4,40±0,55 ^{ab}	4,80±0,45 ^a
Ekmek İçi Rengi	1,20±0,45 ^c	1,20±0,44 ^c	2,40±0,55 ^b	3,20±0,84 ^{ab}	3,60±0,55 ^a	2,80±0,45 ^{ab}
Gözenek Yapısı	1,00±0,00 ^c	1,60±0,55 ^b	2,60±1,14 ^{ab}	3,40±0,55 ^a	3,60±0,55 ^a	3,40±0,55 ^a
Tat ve Aroma	2,20±0,84 ^{bc}	2,00±0,71 ^c	3,00±0,71 ^b	3,60±1,14 ^{ab}	4,20±0,84 ^a	4,00±0,00 ^a
Çiğnenebilirlik	2,20±1,09 ^b	2,40±0,89 ^b	3,20±0,45 ^{ab}	4,00±0,00 ^a	4,20±0,45 ^a	4,40±0,55 ^a
Genel Beğeni	1,60±0,54 ^c	2,00±0,00 ^{bc}	3,00±0,71 ^b	3,60±0,55 ^a	4,00±0,71 ^a	4,00±0,71 ^a

DU: Darı unu, PU: Pirinç Unu, MU: Mısır Unu

Aynı sütunda aynı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p>0,05$).

4.3.13.2. Ekmek Kabuk Rengi

Glütensiz ekmeklerin kabuk rengi puanları en düşük 1,40±0,55 (A) ile en yüksek 4,80±0,45 (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında kabuk rengi puanları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup A, B ve C kodlu ekmeler bir gruba girerken, Kontrol ekmeği E kodlu ekmek ile aynı gruba diğer ekmek örnekleriyle de farklı bir gruba girmiştir (Çizelge 4.19.).

4.3.13.3. Ekmek İçi Rengi

Duyusal analizde ekmek içi renk puanları en düşük 1,20±0,44 (B) ile en yüksek 3,60±0,55 (E) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekmek örnekleri arasında ekmek içi renk puanları bakımından istatistiksel olarak önemli bazı farklılıklar ($p<0,05$)

saptanmış olup A ve B kodlu ekmekler bir grup oluştururken; D ve E kodlu ekmekler ile Kontrol ekmeği ayrı bir grup oluşturmuştur (Çizelge 4.19.).

4.3.13.4. Gözenek Yapısı

Glütensiz ekmeklerin gözenek yapısı puanları en düşük $1,00\pm 0,00$ (A) ile en yüksek $3,60\pm 0,55$ (E) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekme örnekleri arasında gözenek yapısı puanları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup; A kodlu ekme diğer ekme örneklerinden farklı bir gruba girerken, C, D, E kodlu ekmekler ve kontrol ekmeği aynı grup içerisinde yer almıştır (Çizelge 4.19.).

4.3.13.5. Tat ve Aroma

Ekme örneklerine verilen tat ve aroma puanları en düşük $2,00\pm 0,71$ (B) ile en yüksek $4,20\pm 0,84$ (E) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekme örnekleri arasında tat ve aroma puanları bakımından istatistiksel olarak önemli bazı farklılıklar ($p<0,05$) ortaya çıkmıştır. A, C ve D kodlu ekme örnekleri kendi aralarında aynı grupta yer alırken; D ve E kodlu ekmekler ile Kontrol ekmeği ayrı bir grup oluşturmuştur (Çizelge 4.19.).

4.3.13.6. Çiğnenebilirlik

Ekme örneklerinin çiğnenebilirlik puanları en düşük $2,20\pm 1,09$ (A) ile en yüksek $4,40\pm 0,55$ (Kontrol) arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekme örnekleri arasında çiğnenebilirlik puanları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bazı farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiş olup A, B ve C kodlu ekmekler bir grupta; C, D ve E kodlu ekmekler ile kontrol ekmeği başka bir grupta yer almıştır (Çizelge 4.19.).

4.3.13.7. Genel Beğeni

Glütensiz ekme örneklerinin genel beğeni puanları en düşük $1,60\pm 0,54$ (A) ile en yüksek $4,00\pm 0,71$ (E/kontrol) aralığında değişmiştir. Yapılan varyans analizinde, ekme örnekleri arasında genel beğeni puanları bakımından istatistiksel olarak önemli bazı farklılıklar ($p<0,05$) belirlenmiş olup D ve E kodlu ekmekler ile kontrol ekmeği aynı grupta yer alırken; A ve C kodlu ekmekler ayrı bir grup oluşturmuştur (Çizelge 4.19.).

Duyusal analiz sonuçlarına göre; glütensiz ekmek yapımında kum darı ununun %100 oranında kullanılması ekmeğin görünüm, kabuk rengi, ekmek içi rengi, gözenek yapısı, tat ve aroma ile çignenebilirlik özelliklerini olumsuz yönde etkilemiş ve en az beğenilen ekmek olmuştur. Darı unu içeriği %40'tan fazla olan ekmekler ağızda acımsı-buruk bir tat bırakmıştır. Söz konusu olumsuz tadın, kum darının fenolik madde içeriğinin yüksek olmasından ileri geldiği söylenebilir. Buna karşılık, formülasyonda %40 ve %20 oranlarında kum darı ununun kullanılması ekmeğin tüm duyusal özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Genel beğeni bakımından, formülasyonda %40 (D) ve %20 (E) oranında kum darı ununun kullanıldığı ekmekler ile darı ununun kullanılmadığı kontrol ekmeği aynı puanı alırken görünüm, ekmek içi rengi, gözenek yapısı ile tat ve aroma bakımından %20 oranında kum darı ununun kullanıldığı E kodlu ekmek Kontrol ekmeğinden daha yüksek puanlar almıştır. Duyusal özellikler dikkate alındığında, kum darı ununu glütensiz ekmek yapımında formülasyona %40 oranına kadar ilave etmek mümkün gözükmemektedir.

Ballolli vd. (2014) yaptıkları çalışmada 10 üzerinden yapılan değerlendirmede, görünüm puanları 7,52 (%10 cin darı unu+%90 buğday unu)-8,42 (%100 buğday unu), ekmek kabuk rengi puanları 7,00 (%30 cin darı unu+%70 buğday unu)-7,89 (%100 buğday unu), ekmek içi renk puanları 6,89 (%30 cin darı unu+%70 buğday unu)-8,00 (%100 buğday unu), lezzet puanları 6,68 (%30 cin darı unu-%70 buğday unu)-7,15 (%100 buğday unu), tat puanları 6,89 (%30 cin darı unu+%70 buğday unu)/%50 cin darı unu+%50 buğday unu)-7,21 (%100 buğday unu), genel beğeni puanları ise 7,00 (%30 cin darı unu+%70 buğday unu)-7,73 (%100 buğday unu) arasında değişmiştir.

Kamaraddi ve Shanthakumar (2003)'ün 5 farklı millet çeşidi ile yaptıkları glütensiz ekmeklere duyusal değerlendirmede verilen genel beğeni puanları ragi darı için 8,00 (%25/%30 ragi darı)-9,50 (kontrol/%5 ragi darı); küçük darı için 8,00 (%25/%30 küçük darı)-9,50 (kontrol/%5/%10 ragi darı); cin darı için 7,00 (%30 cin darı)-9,9 (%10 cin darı); barnyard darı 7,00 (%30 barnyard darı)-9,50 (kontrol/%5/%10/%15 barnyard darı) ve kum darı için 8,00 (%25/%30 kum darı)-9,5 (kontrol/%5 kum darı) aralığındadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında; araştırma materyali kum darının (*Panicum miliaceum* L.) çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz edilmiş ve sonrasında laboratuvar değirmeninde öğütülerek un haline getirilmiştir. Kum darı unu ekmek formülasyonuna %0 (kontrol), %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında eklenmiş, geriye kalan kısımlar 50:50 oranında mısır ve pirinç unu ile tamamlanmış ve ön denemelerle belirlenen miktarda tuz, ayçiçek yağı, DATEM, ekmek mayası, keçiyoynuzu gamı ve kristal şeker tüm un karışımlarına ilave edilerek toplam 6 farklı glütensiz un paçalı elde edilmiştir. Hazırlanan un paçalarının fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Direkt hamur yöntemi modifiye edilerek un paçalarından aynı koşullarda glütensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikleri analiz edilmiştir.

Kum darıda yapılan analizlerde; kum darının tane uzunluğu ortalama $2,27\pm 0,07$ mm, tane genişliği $2,77\pm 0,24$ mm, bin tane ağırlığı $7,24\pm 0,05$ g, hektolitre ağırlığı $73,46\pm 0,48$ kg/hl, tane rengi L^* değeri $67,17\pm 0,02$, a^* değeri $8,08\pm 0,01$, b^* değeri $31,87\pm 0,03$, nem oranı $\%10,44\pm 0,09$, protein oranı $\%11,00\pm 0,02$, yağ oranı $\%2,45\pm 0,02$, kül oranı $\%1,96\pm 0,02$, su aktivitesi (a_w) $0,48\pm 0,02$, antioksidan aktivitesi (EC_{50}) $60,19\pm 0,19$ ve toplam fenolik madde içeriği $498,43\pm 0,32$ mg/kg olarak belirlenmiştir.

Un paçalarında yapılan analizlerde; darı unu miktarı arttıkça protein, yağ, kül, asitlik, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite, jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı ve jelatinizasyon pik sıcaklığı ile Na, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları artış göstermiştir. Yapılan varyans analizinde söz konusu artışlar un paçaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) oluşturmuştur. Buna karşılık renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), nem, pik viskozitesi, kırılma viskozitesi, katılaşma viskozitesi ile Ca değerleri darı unu miktarı arttıkça azalmış ve söz konusu değişimler un paçaları arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bazı farklılıklar meydana getirmiştir.

Glütensiz ekmek örneklerinde yapılan analizlerde; formülasyondaki darı unu miktarı arttıkça protein, yağ, kül, asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite ile Na, Mg, K, P, Fe, Mn ve Zn miktarları artış gösterirken, ekmek içi ve kabuk rengi değerleri (L^* , a^* ve b^*), nem oranları ve kalsiyum (Ca) içerikleri azalmıştır. Yapılan varyans analizinde, ekmek örneklerinde darı unu oranının artışına bağlı olarak analiz değerlerinde meydana gelen söz konusu artış ve azalmalar istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) oluşturmuştur. Buna

karşılık, formülasyonda darı ununun artışına bağlı olarak ekmeğın örneklerinin spesifik hacim ve pişme kaybı değerleri arasında dalgalı bir değişim saptanmış, oransal bir artış ya da azalma meydana gelmemiştir. Glütensiz ekmeğın yapımında darı unu oranının artışının ekmeğın besin içeriğini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Tekstür analizi sonucunda; formülasyondaki darı unu miktarının artışına bağlı olarak ekmeğın örneklerinin sertlik değerleri artmış, esneklik değerleri, ekmeğın içi yapışkanlık değerleri ve çığnenebilirlik değerleri azalma göstermiştir. Ekmeğın örnekleri arasında tekstür değerlerinde belirlenen söz konusu artış ve azalmalar istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) oluşturmuştur. Muhafaza süreleri bakımından ekmeğın örneklerinin başlangıç ve 48. sa sertlik değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış ($p<0,05$), esneklik, elastikiyet, ekmeğın içi yapışkanlık ve çığnenebilirlik değerlerinde ise azalma ($p<0,05$) saptanmıştır.

Duyusal analiz sonucunda; değerlendirilen tüm kriterlerde (görünüm, ekmeğın kabuk rengi, ekmeğın iç rengi gözenek yapısı, tat-aroma, çığnenebilirlik ve genel beğeni) darı unu içeriğinin artışına bağlı olarak panelistlerin verdiği puanlar düşüş göstermiş ve istatistiksel olarak da söz konusu düşüşler anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) oluşturmuştur. Darı unu içeriği yüksek olan (>%40) ekmeğınler ağızda acımsı-buruk bir tat bırakmıştır. Bu olumsuzluğun, kum darının fenolik madde içeriğinin yüksek olmasından ileri geldiği söylenebilir. Genel beğeni puanlarına göre en çok beğenilen ekmeğınler istatistiksel açıdan da birbirinden farklı olmayan %20 ve %40 darı unu içeren glütensiz ekmeğınler ile darı unu içermeyen kontrol ekmeği olmuştur. Formülasyonda darı unundaki artışın, ekmeğın örneklerinin besin içeriğini olumlu yönde etkilerken, yüksek oranda (>%40) kullanılmasının tekstürel ve duyusal özellikleri olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Yaşadığımız küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişiklikleri nedeniyle tatlı su kaynakları giderek azalma göstermektedir. Ülkemizde bu değişikliklerden önemli derecede etkilenmeye başlayan ve kullanılabilir su kaynakları giderek azalan ülkeler arasında yer almaktadır. Önümüzdeki yıllarda su tüketimi düşük, kuraklığa dayanıklı tarımsal ürünlerin ve özellikle de tahılların üretiminin önem kazanacağı anlaşılmaktadır. Bu kapsamda, kum darı alternatif olarak düşünölebilecek, besin içeriği bakımından oldukça zengin bir tahıldır. Diğer taraftan, çölyak hastaları ve glöten hassasiyeti olan bireylerin beslenmesi için ekmeğın başta olmak üzere farklı gıda formölasyonlarının geliştirilmesinde de önemli bir kaynak olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Anju, T., Sarita, S. (2010). Suitability of foxtail millet (*Setaria italica*) and barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*) for development of low glycemic index biscuits. *Malays J Nutr*, 16(3), 361–8.
- Annor, G.A., Tyl, C., Marcone, M., Ragae, S., Marti, A. (2017). Why do millets have lower starch and protein digestibility than other cereals. *Trends in Food Science and Technology*, 66:73-83.
- Anonim. (1976). ICC Standard No: 109/1. Determination of the moisture content of cereals and cereal products. *Standard Methods of the International Association for Cereal Chemistry* (ICC).
- Anonim. (1980). ICC Standard No: 131. Method for test baking of wheat flours. *Standard Methods of the International Association for Cereal Chemistry* (ICC).
- Anonim. (1990). ICC Standard No: 104/1. Determination of Ash in Cereals and Cereal Products. *Standard Methods of the International Association for Cereal Chemistry* (ICC).
- Anonim. (1994). ICC Standard No: 105/2. Method for determination of crude protein in cereals and cereal products for food and for feed. *Standard Methods of the International Association for Cereal Chemistry* (ICC).
- Anonim. Kum Darı (*Panicum miliaceum*). 11 Şubat 2021, Erişim Adresi, https://en.wikipedia.org/wiki/Proso_millet#/media/File:Mature_Proso_Millet_Panicles.jpg
- Anonim. Potansiyel antioksidan madde tayini (DPPH, Glutasyon). 28 Temmuz 2021, Erişim Adresi, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/67479/mod_resource/content/0/Potansiyel%20antioksidan%20madde%20tayini%20%28DPPH%2C%20Glutasyon%2
- Anonim. Çölyak Hastalığı Görülme Sıklığı ve İllere Dağılımı. 26 Ekim 2021. Erişim Adresi, <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/metabolizma-ve-colyak/%C3%A7%C3%B6lyak-ve-g%C3%B6r%C3%BClme-s%C4%B1kl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.html>.
- Arıcı, M., Özülkü, G., Kahraman, B., Yıldırım, R. M., Toker, Ö. S. (2020). Taro flour usage in wheat flour bread and gluten-free bread: Evaluation of rheological, technological and some nutritional properties. *Journal of Food Process Engineering*.

- Bagdi, A., Balázs, G., Schmidt, J., Szatmári, M., Schoenlechner, R., Berghofer, E., Tömösközia, S. (2011). Protein characterization and nutrient composition of Hungarian proso millet varieties and the effect of decortication. *Acta Alimentaria*, 40(1), 128–141.
- Ballolli, U., Malagi, U., Yenagi, N., Orsat, V., Garipey, Y. (2014). Development and quality evaluation of foxtail millet [*Setaria italica* (L.)] incorporated breads. *Karnataka J Agric Sci*, 27(1), 52–5.
- Baltacıoğlu, H., Artık, N. (2013). Study of postharvest changes in the chemical composition of by HPLC. *Turkish Journal Of Agriculture And Forestry*, 37, 568–574.
- Baltensperger, D. (1996). Foxtail and proso millet. In: Janick J (Ed) progress in new crops, *ASHS Press*, Alexandria, VA, 182-190.
- Becker, H.G. (1994). Buchweizen, Dinkel, Gerste, Hafer, Hirse und Reis die Schäl und Spelzgetreide und ihre Bedeutung für die Ernährung. *AID-Verbraucherdienst*, 39, 123-130.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., Sapirstein, H.D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82, 390-393.
- Bird, L. G., Pilkington, C. L., Saputra, A., Serventi, L. (2017). Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 23(8), 690–698.
- Bohle, B., Hirt, W., Nachbergauer, P., Ebner, H., Ebner, C. (2003). Allergy to millet: another risk for atopic birdkeepers. *Allergy*, 58, 325-328.
- Bough, M., Colosi, J.C., Cavers, P.B. (1986). The major weed biotypes of proso millet (*Panicum miliaceum*) in Canada. *Canadian Journal of Botany*, 64, 1188-1198.
- Bourekoua, H., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M. N., Dziki, D. (2018). Evaluation of physical, sensorial, and antioxidant properties of gluten-free bread enriched with *Moringa Oleifera* leaf powder. *European Food Research and Technology*, 244(2), 189–195.
- Bourekoua, H., Różyło, R., Benatallah, L., Wójtowicz, A., Łysiak, G., Zidoune, M. N., Sujak, A. (2018). Characteristics of gluten-free bread: quality improvement by the addition of starches/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening design. *European Food Research and Technology*, 244 (2), 345–354.

- Bourekoua, H., Rózyło, R., Gawlik-Dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M. N., Dziki, D. (2018). Pomegranate seed powder as a functional component of gluten-free bread (Physical, sensorial and antioxidant evaluation). *International Journal of Food Science & Technology*, 53(8), 1906–1913.
- Boz, H. (2014). Darı: Kimyasal bileşimi ve insan sağlığı açısından potansiyel faydaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1)140-146.
- Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S. (2008). Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour. *Journal of Cereal Science*, 47:599-609.
- Brites, C., Trigo, M. J., Santos, C., Collar, C., Rosell, C. M. (2010). Maize-based gluten-free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 707–715.
- Carpita, N.C., Jenny, A., Mulligan, J.A., Heyser, J.W. (1985). Hemicelluloses of cell walls of a proso millet cell suspension culture. *Plant Physiology*, 79, 480-484.
- Certel, M., Erem, F., Konak, Ü.İ., Karakaş, B. (2009). Dondurulmuş hamur ile kısmi olarak pişirilip dondurulmuş hamurlardan üretilen beyaz ekmeklerin fiziksel tekstürel ve duyuşal özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 91-102.
- Chaudhary, P., Kapoor, A. C. (1984). Changes in the nutritional value of pearl millet flour during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(11), 1219–1224.
- Conte, P., Del Caro, A., Balestra, F., Piga, A., Fadda, C. (2018). Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physical-chemical, technological and sensory approach. *LWT*, 90, 1–7.
- Cordelino, I. G., Tyl, C., Inamdar, L., Vickers, Z., Marti, A., Ismail, B. P. (2019). Cooking quality, digestibility, and sensory properties of proso millet pasta as impacted by amylose content and prolamin profile. *LWT*.
- Delost-Levis, K., Lorenz, K., Tribelhorn, R. (1992). Puffing quality of experimental varieties of proso millets (*Panicum miliaceum*). *Cereal Chemistry*, 69, 359-365.
- Demirbaş, A. (2005). β -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. *Food Chemistry*, 90, 773-777.

- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Şahin, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2), 295–303.
- Dendy, D.A.V. (1995). Sorghum and millets: chemistry and technology. AACC, St. Paul, Minnesota, 406.
- Devi, P.B., Vijayabharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N.G., Priyadarisini, V.B. (2014). Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: A review. *J. Food Sci. Technol*, 51, 1021–1040.
- Devisetti, R., Yadahally, S.N., Bhattacharya, S. (2014). Nutrients and antinutrients in foxtail and proso millet milled fractions: evaluation of their flour functionality. *Elsevier*, 889-895.
- Dhumal, C.V., Pardeshi, I.L., Sutar, P.P., Jaybhaye, R.V. (2014). Development of potato and barnyard millet based ready to eat (RTE) fasting food. *I Ready Eat Food*, 1(1), 11–7.
- Diprat, A. B., Thys, R. C. S., Rodrigues, E., Rech, R. (2020). *Chlorella sorokiniana*: A new alternative source of carotenoids and proteins for gluten-free bread. *LWT*, 134, 109974.
- Doğan, H. (2012). Ekmek teknolojisinde yapıyı etkileyen hidrokolloidlerin reolojik ve mikroskopik yöntemlerle incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bolu.
- Elgün, A., Certel, M., Ertugay, Z. (1987). Tahıl ürünlerinde analitik kalite kontrolü. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Yayını*, Erzurum.
- Elgün, A., Ertugay, Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No:718. Ziraat Fakültesi No:297. Ders Kitapları Serisi:52. Erzurum. s:376.
- Elgün, A., Ergutay, Z., Certel, M., Kotancılar, G. (2002). Tahıl ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu. *Atatürk Üniversitesi*, 867,245, Erzurum.
- Emeklier, H. Y. (2012). Sıcak İklim Tahılları. Kumdarı (*Panicum miliaceum* L.). Ankara Üniversitesi Ders Kitabı, *Ankara*, 105-109.
- EPA, U. (1996). Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. *OHW, Method*, 3052.
- Ergin, A. (2011). *Çölyak hastalarına özel bisküvi erişte ve pide üretimi*. (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- FAO. (1995). Sorghum and millets in human nutrition, *Food and agriculture organization of The United Nations*, Rome, 184.

- FAOSTAT. (2019). Erişim Adresi; <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.
- Fathi, B., Aalami, M., Kashaninejad, M., Sadeghi Mahoonak, A. (2016). Utilization of heat-moisture treated proso millet flour in production of gluten-free pound cake. *Journal of Food Quality*, 39(6), 611–619.
- Feizollahi, E., Mirmoghtadaie, L., Mohammadifar, M. A., Jazaeri, S., Hadaegh, H., Nazari, B., Lalegani, S. (2018). Sensory, digestion, and texture quality of commercial gluten-free bread: Impact of broken rice flour type. *Journal of Texture Studies*, 49(4), 395–403.
- Ferguson, L.R., Harris, P.J. (1996). Studies on the role of specific dietary fibres in protection against colorectal cancer. *Mutation Research*, 350, 173-184.
- Geervani, P., Eggum, B.O. (1989). Effect of heating and fortification with lysine on protein quality of minor millets. *Plant Foods for Human Nutrition*, 39, 349-357.
- Gerçekaslan, K. E., Kotancılar, H. G. ve Karaoğlu, M. M. (2007). Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler – I. Gıda, 32 (6), 305-315.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2013). Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği. Tebliğ no: 2013/9
- Godkin, A., Jewell, D. (1998). The pathogenesis of celiac sprue. *Gastroenterology*, 115, 206-210.
- Graça, C., Raymundo, A., Sousa, I. (2020). Improving the technological and nutritional properties of gluten-free bread by fresh curd cheese enrichment. *Applied Sciences*, 10(19), 6868.
- Gromova, Z. (1991). Buck wheat in human diet. In: Anonymous (Ed) common Buckwheat–the Important Source of Bio foodstuffs, *VULP*, Nitra, pp 75-88.
- Gusmão, T. A. S., de Gusmão, R. P., Moura, H. V., Silva, H. A., Cavalcanti-Mata, M. E. R. M., Duarte, M. E. M. (2019). Production of prebiotic gluten-free bread with red rice flour and different microbial transglutaminase concentrations: modeling, sensory and multivariate data analysis. *Journal of Food Science and Technology*.
- Gültekin, İ. (2021). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilen ve tez çalışmasında kullanılan kum darı (*Panicum miliaceum* L.) örneğine ait görsel. Tekirdağ.

- Horstmann, S. W., Atzler, J. J., Heitmann, M., Zannini, E., Lynch, K. M., Arendt, E. K. (2019). A comparative study of gluten-free sprouts in the gluten-free bread-making process. *European Food Research and Technology*.
- Iljin, V.A., Michajlova, J.J., Rasskazova, O.C. (1973). The ways to obtaining highly prolific varieties of proso millet. In: Selection and Seed Production of Proso Millet, Kolos, Moscow, 61-74.
- Jašovskij, I.V. (1987). Selection and seed production of proso millet. *Agropromizdat, Moskova*, 255.
- Jones, R.W., Beckwith, A.C., Khoo, U., Inglett, G.H. (1970). Protein composition of proso millet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18, 37-39.
- Kalinová, J. (2002). Comparison of productivity and quality in common buckwheat and proso millet. *PhD Thesis, University of South Bohemia, Ceske Budejovice*, 175.
- Kalinová, J. (2007). Nutritionally important components of proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Global Science Books, Food* 1(1), 91-100.
- Kalinová, J., Moudrý, J. (2006). Content and quality of protein in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61, 45- 49.
- Kamaraddi, V., Shanthakumar, G. (2003). Effect of incorporation of small millet flour to wheat flour on chemical, rheological and bread characteristics. In: Recent trends in millet processing and utilization. *CCS Hisar Agricultural University*, 74–81.
- Kent, N.L. (1990). *Technology of Cereals*. Third Edition. Printed in Great Britain by BPC Wheatons Ltd, Exeter, UK.
- Khalil, J. K., Sawaya, W. N., Safi, W. J., & Al-Mohammad, H. M. (1984). Chemical composition and nutritional quality of sorghum flour and bread. *Plant Foods for Human Nutrition*, 34(2), 141-150.
- Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L. (2017). Hemp (*Cannabis sativa subsp. sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread. *LWT*, 84, 143–150.
- Kumar, R. K., Bejkar, M., Du, S., Serventi, L. (2018). Flax and wattle seed powders enhance volume and softness of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 108201321879580.

- Kumari, S. K., Thayumanavan, B. (1997). Comparative study of resistant starch from minor millets on intestinal responses, blood, glucose, serum cholesterol and triglycerides in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75, 296-302.
- Kumari, S.K., Thayumanavan, B. (1998). Characterization of starches of proso, foxtail, barnyard, kodo, and little millets. *Plant Foods for Human Nutrition*, 53, 47-56.
- Kumari, D., Madhujith, T., Chandrasekara, A. (2016). Comparison of phenolic content and antioxidant activities of millet varieties grown in different locations in Sri Lanka. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 474–485.
- Kün, E. (1994). Tahıllar II (sıcak iklim tahılları). Darılar (3. Baskı) içinde (207-286). Ankara: *Ankara Üniversitesi Ders Kitabı*.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033–1047.
- Lestienne, I., Caporiccio, B., Besancon, P., Rochette, I., Treche, S. (2005). Relative contribution of phytates, fibres, and tannins to low iron and zinc in vitro solubility in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and grain fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8342-8348.
- Li, H., Prakash, S., Nicholson, T.M., Fitzgerald, M.A., Gilbert, R.G. (2016). Instrumental measurement of cooked rice texture by dynamic rheological testing and its relation . *Centre for Nutrition and Food Sciences*.
- Lian, H., Luo, K., Gong, Y., Zhang, S., Serventi, L. (2020). Okara flours from chickpea and soy are thickeners: increased dough viscosity and moisture content in gluten-free bread. *International Journal of Food Science & Technology*.
- Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., Fauconnier, M. L. (2018). Influence of different hydrocolloids on dough thermo-mechanical properties and in vitro starch digestibility of gluten-free teamed bread based on potato flour. *Food Chemistry*, 239, 1064–1074.
- Lorenz, K. (1983). Tannins and phytate content in proso millets (*Panicum miliaceum*). *Cereal Chemistry*, 60, 424-426.
- Lorenz, K., Dilsaver, W. (1980). Rheological properties and food applications of proso millet flours. *Cereal Chemistry* 57, 21-24.

- Lorenz, K., Hwang, Y.S. (1986). Lipids in proso millet (*Panicum miliaceum*) flours and grains. *Cereal Chemistry*, 63, 387-390.
- Lu, H., Yang, X., Ye, M., Liu, K.B., Xia, Z., Ren, X., Cai, L., Wu, N., Liu, T.S. (2005). Culinary archaeology: Millet noodles in Late Neolithic China. *Nature*, 437, 967-968.
- Marston, K., Khouryieh, H., Aramouni, F. (2016). Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT- Food Science and Technology*, 65, 637–644.
- 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.
- Martins, R. B., Gouvinhas, I., Nunes, M. C., AlcidesPeres, J., Raymundo, A., Barros, A. I. R. N. A. (2020). Acorn flour as a source of bioactive compounds in gluten-free bread. *Molecules*, 25(16), 3568.
- Mattila, P., Pihlava, J.M., Hellström, J. (2005). Contents of phenolic acids, alkyl and alkenyl resorcinols, and avenanthramides in commercial grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8290-8295.
- McSweeney, M. B., Seetharaman, K., Ramdath, D. D., Duizer, L. M. (2017). Chemical and physical characteristics of proso millet (*Panicum miliaceum*) based products. *Cereal Chemistry Journal*, 94(2), 357–362.
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 476–481.
- Moghaddam, M. T., Jalali, H., Nafchi, A. M., Nouri, L. (2020). Evaluating the effects of lactic acid bacteria and olive leaf extract on the quality of gluten-free bread. *Gene Reports*, 100771.
- Moroni, A. V., Dal Bello, F., Arendt, E. K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue?. *Food Microbiology*, 26(7), 676–684.
- Murzamadieva, M.A. (1979). Proso millet. Kolos, Alma-ata, 80 pp.

- Mustač, N.Č., Novotni, D., Habuš, M., Drakula, S., Nanjara, L., Voučko, B., Benković, M., Ćurić, D. (2020). Storage stability, micronisation and application of nutrient-dense fraction of proso millet bran in gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 91, 102864.
- NABİLTEM. (2020). İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES). 20 Ekim 2020. Erişim adresi: <http://merkezlab.nku.edu.tr/ICP-OES/0/s/5472/8426>,
- Nishizawa, N., Fudamo, Y. (1995). The elevation of plasma concentration of high density lipoprotein cholesterol in mice fed with protein from proso millet (*Panicum miliaceum*). *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 59, 333-335.
- Nishizawa, N., Sato, D., Ito, Y., Nagasawa, T., Hatakeyama, Y., Choi, M.R., Chooi, Y.Y., Wei, Y.M. (2002). Effects of dietary protein of proso millet on liver injury induced by D-galactosamine in rats. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 66, 92-96.
- Nissen, L., Samaei, S. P., Babini, E., Gianotti, A. (2020). Gluten free sour dough bread enriched with Cricket flour for protein fortification: Antioxidant improvement and Volatilome characterization. *Food Chemistry*, 127410.
- Odumodu, C.U. (1992). Antinutrients content of some locally available legumes and cereals in Nigeria. *Tropical and Geographical Medicine*, 44, 260-263.
- Ogunsakin, O. A., Banwo, K., Ogunremi, O. R., Sanni, A. I. (2015). Microbiological and physicochemical properties of sourdough bread from sorghum flour. *International Food Research Journal*, 22(6).
- Özkaya, H., Özkaya, B. (2005). Tahıl ve ürünleri analiz yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 31, Ankara.
- Öztaş, T. (2006). *Mor havuç, konsantresi, şalgam suyu, nar suyu ve nar ekşisi ürünlerinde antioksidan aktivitesi tayini ve fenolik madde profilinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Parameswaran, K.P., Thayumanavan, B. (1995). Homologies between prolamins of different minor millets. *Plant Foods for Human Nutrition*, 48, 119-126.
- Petr J., Michalík I., Tlaskalová H., Capouchová I., Faměra O., Urminská D., Tučková L., Knoblochová H. (2003). Extension of the spectra of plant products for diet in coeliac disease. *Czech Journal of Food Sciences*, 21, 59-70.

- Phongthai, S., D'Amico, S., Schoenlechner, R., Rawdkuen, S. (2016). Comparative study of rice bran protein concentrate and egg albumin on gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 72, 38–45.
- Piłat, B., Ogrodowska, D., Zadernowski, R. (2016). Nutrient content of puffed proso millet (*Panicum miliaceum L.*) and amaranth (*Amaranthus cruentus L.*) grains. *Czech Journal of Food Sciences*, 34(No. 4), 362–369.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M.H. (2001). Antioxidants in food. *CRC Press*, USA.
- Pomeranz, Y. (1988). Chemical composition of kernel structures. In: Pomeranz Y, editor. *Wheat: chemistry and technology*. 3rd ed, Berlin, Springer. pp 99.
- Ragae, S., Abdel-Aal E.-S.M. (2006). Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chemistry*, 95:9-18.
- Rai, S., Kaur, A., Singh, B. (2014). Quality characteristics of gluten-free cookies prepared from different flour combinations. *J Food Sci Technol*, 51, 785–9.
- Ravindran, G. (1991). Studies on millets: proximate composition, mineral composition, and phytate and oxalate contents. *Food Chemistry*, 39, 99-107.
- Ravindran, G. (1992). Seed protein of millets: amino acid composition, proteinase inhibitors and in-vitro protein digestibility. *Food Chemistry*, 44, 13-17.
- Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., Chiavaro, E. (2017). Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. *Food Chemistry*, 224, 144–152.
- Rios, M. B., Iriundo-DeHond, A., Iriundo-DeHond, M., Herrera, T., Velasco, D., Gómez-Alonso, S., Callejo, M. J., del Castillo, M. D. (2020). Effect of coffee cascara dietary fiber on the physico chemical, nutritional and sensory properties of a gluten-free bread formulation. *Molecules*, 25(6), 1358.
- Romero, H. M., Santra, D., Rose, D., Zhang, Y. (2017). Dough rheological properties and texture of gluten-free pasta based on proso millet flour. *Journal of Cereal Science*, 74, 238–243.
- Rózyło, R., Hameed Hassoon, W., Gawlik-Dziki, U., Siastała, M., Dziki, D. (2016). Study on the physical and antioxidant properties of gluten-free bread with Brown algae. *CyTA-Journal of Food*, 15(2), 196–203.

- Rybicka, I., Doba, K., Bińczak, O. (2019). Improving the sensory and nutritional value of gluten-free bread. *International Journal of Food Science & Technology*.
- Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C. (2009). Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT- Food Science and Technology*, 42(8), 1380–1389.
- Saha, S., Gupta, A., Singh, S.R.K., Bharti, N., Singh, K.P., Mahajan, V., Gupta, H.S. (2011). Compositional and varietal influence of finger millet flour on rheological properties of dough and quality of biscuit. *LWT-J Food Sci Technol*, 44, 616–21.
- Sakamoto, S. (1987). Origin and dispersal of common millet and foxtail millet. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 21, 85-89.
- Saleh, A.S.M., Zhang, Q., Chen, J., Shen, Q. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12:281-295.
- Salunkhe, D.K., Jadhav, S.J., Kadam, S.S., Chavan, J.K. (1983). Chemical, biochemical, and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. *Plant Physiology*, 79, 480-484.
- Sandhu, K. S., Singh, N., Malhi, N. S. (2007). Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapati-making properties of flours. *Food Chemistry*, 101(3), 938-946.
- Sandri, L. T. B., Santos, F. G., Fratelli, C., Capriles, V. D. (2017). Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Science & Nutrition*, 5(5), 1021–1028.
- Santos, F. G., Aguiar, E. V., Centeno, A. C. L. S., Rosell, C. M., Capriles, V. D. (2020). Effect of added psyllium and food enzymes on quality attributes and shelf life of chickpea-based gluten-free bread. *LWT*, 110025.
- Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., Arendt, E. K. (2005). Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences Among Hybrids. *Cereal Chemistry Journal*, 82(4), 394–404.
- Seetharam, G. (1999). Small millet research. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 68, 431-438.

- Sehgal, A., Kawatra, A. (2007). Use of pearl millet and green gram flours in biscuits and their sensory and nutritional quality. *J Food Sci Technol*, 44(5), 536–8.
- Shadang, C., Jaganathan, D. (2014). Development and standardisation of formulated baked products using millets. *Int J Res Appl Nat Soc Sci*, 2, 75-8.
- Shen, R., Ma, Y., Jiang, L., Dong, J., Zhu, Y., Ren, G. (2018). Chemical composition, antioxidant, and antiproliferative activities of nine Chinese proso millet varieties. *Food and Agricultural Immunology*, 1–13.
- Shimanuki, S., Nagasawa, T., Nishizawa, N. (2006). Plasma HDL subfraction levels increase in rats fed proso-millet protein concentrate. *Medical Science Monitor*, 12, 221-226.
- Siener, R., Hönow, R., Voss, S., Seidler, A., Hesse, A. (2006). Oxalate content of cereals and cereal products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 3008-3011.
- Singh, K. P., Mishra, A., Mishra, H. N. (2012). Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 276–282.
- Singleton, V., Rossi, J. (1965). Colorimetry of Total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Sridhar, R., Lakshminarayana, G. (1994). Contents of total and lipid classes and composition of fatty acids in small millets: foxtail (*Setaria italica*), proso (*Panicum miliaceum*), and finger (*Eleusine coracana*). *Cereal Chemistry*, 71, 355-359.
- Subramanian, S., Viswanathan, R. (2003). Thermal properties of minor millet grains and flours. *Biosystems Engineering*, 84, 289-296.
- Surekha, N., Ravikumar, S.N., Mythri, S., Devi, R. (2013). Barnyard Millet (*Echinochloa Frumentacea* Link) cookies: development, value addition, consumer acceptability, nutritional and shelf life evaluation. *IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol*, 7, 1–10.
- Şahin, N., Koyuncu, M., Sayaslan, A. (2018). Glutensiz Ekmekte Nohut Mayası Kullanımının Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(4), 513-524.
- Taghdir, M., Mazloomi, S. M., Honar, N., Sepandi, M., Ashourpour, M., Salehi, M. (2016). Effect of soy flour on nutritional, physicochemical, and sensory characteristics of gluten-free bread. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 439–445.

- Tontul, S. A., Babaoğlu, H. Ç. (2019). Un partikül boyutunun ekmeğin fiziksel özellikleri ve raf ömrü üzerindeki etkisi. *Gıda*, 44(5), 898-906.
- Torbica, A., Hadnađev, M., Dapčević, T. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24(6-7), 626–632.
- Turkut, G. M., Çakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174–181.
- Ünal, H.G. (2009). Some physical and nutritional properties of hulled wheat. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15, 58-64.
- Winger, M., Khouryieh, H., Aramouni, F., Herald, T. (2014). Sorghum flour characterization and evaluation in gluten-free flour tortilla. *Journal of Food Quality*, 37(2), 95–106.
- Witczak, M., Korus, J., Ziobro, R., Juszczak, L. (2018). Waxy starch as dough component and anti-staling agent in gluten-free bread. *LWT*.
- Wu, T., Wang, L., Li, Y., Qian, H., Liu, L., Tong, L., Zhou, X., Wang, L., Zhou, S. (2019). Effect of milling methods on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *LWT*.
- Yanez, G. A., Walker, C. E., Nelson, L. A. (1991). Some chemical and physical properties of proso millet (*Panicum miliaceum*) starch. *Journal of Cereal Science*, 13, 299-305.
- Yang, Q., Zhang, P., Qu, Y., Gao, X., Liang, J., Yang, P., Feng, B. (2018). Comparison of physicochemical properties and cooking edibility of waxy and non-waxy proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Food Chemistry*, 257, 271–278.
- Yarpuz, D. (2011). *Glütensiz ekmeğin üretimi üzerinde araştırmalar* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yorgancılar, M., Atalay, E., Babaoğlu, M. (2009). Acılığı giderilmiş termiye tohumlarının (Lüpen=*Lupinus albus* L.) mineral içeriği. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(50): 10-15, Konya.
- Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L., Korus, J. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 213–220.

EKLER

1. DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

İsim:

Tarih:

Tanımlar

Görünüm	Puan
Şekil düzgün, çatlaklar çok az	5
Düzgün şekilli, az sayıda çatlaklar var	4
Düzgün, yüzeyde çatlaklar var	3
Şekil düzgün değil, yüzeyde çatlaklar var	2
Şekil düzgün değil, çok sayıda çatlaklar var	1

Ekmek Kabuk Rengi	Puan
Açık kahverengi- parlak koyu sarı	5
Açık kahverengi- koyu sarı	4
Açık kahverengi- sarı	3
Kahverengi- açık sarı	2
Mat veya koyu kahverengi- açık sarı	1

Ekmek İçi Rengi	Puan
Açık beyaz- açık krem rengi	5
Beyaz- krem rengi	4
Sarımsı- koyu krem rengi	3
Sarı- açık kahverengi	2
Koyu sarı, esmer	1

Gözenek Yapısı	Puan
Büyük gözenekli ve gözenekleri çevreleyen çok sayıda gözenekler var	5
Gözenek yapısı oldukça düzenli	4
Gözenek yapısı düzenli	3
Gözenek yapısı düzensiz	2
Gözenek yapısı mevcut değil	1

Tat ve Aroma	Puan
Çok iyi, tipik kendine özgü tat ve aroma	5
İyi, tipik kendine özgü tat ve aroma	4
Kabul edilebilir	3
Kötü, yabancı tat ve aroma	2
Çok kötü, çok belirgin yabancı tat ve aroma	1

Çiğnenebilirlik	Puan
Çiğnenmesi kolay, ağızda kalıntı bırakmıyor	5
İyi ve çiğnenmesi kolay	4
Çiğnerken az yapışkan veya parçalanma zor ve ağızda kalıntı bırakıyor	3
Çiğnerken yapışkan veya kuru ve çok zor parçalanıyor	2
Çiğneme esnasında çok yapışkan ve hamurumsu veya çok kuru	1

Tüketici Beğeni Testi

Tüketici beğeni testine sunulan ekmek numunelerinde tam tane kum darı unu farklı oranlarda kullanılmıştır. Aşağıda belirtilen özellikleri beğeninize göre değerlendiriniz.

Ürün Özellikleri	Standart	634	171	318	108	213
Görünüm						
Ekmek Kabuk Rengi						
Ekmek İçi Rengi						
Gözenek Yapısı						
Tat ve Aroma						
Çiğnenebilirlik						
Genel Beğeni						

Coşkuner, Y. 2003. Çukurova bölgesinde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin tek ve iki katlı düz ekmek üretimine uygunluğu ile ekşi hamurun kalite üzerine etkisinin araştırılması. Ankara Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü, Ankara (Doktora Tezi), 149 ss.

