



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ÇİMLENDİRİLMİŞ DARI UNU İLAVESİYLE
HAZIRLANAN ERİŞTELERİN TEKNOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNDE
NEMLİ ISIL İŞLEM VE
TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİNİN
KULLANILMASI**

İleyda BAYRAKCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İleyda BAYRAKCI tarafından hazırlanan “Çimlendirilmiş Darı Unu İlavesiyle Hazırlanan Eriştelerin Teknolojik Özelliklerinin Geliştirilmesinde Nemli Isıl İşlem Ve Transglutaminaz Enziminin Kullanılması” adlı tez çalışması 12/06/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ

Danışman

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mine ASLAN

İmza

.....

.....

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. şerife Yurdagül KUMCU
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü tarafından 23YL19004 nolu proje ile desteklenmiştir.

Doç. Dr. Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ bu çalışmanın ikinci danışmanıdır.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İleyda BAYRAKCI

Tarih: 03.07.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİMLENDİRİLMİŞ DARI UNU İLAVESİYLE HAZIRLANAN ERİŞTELERİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNDE NEMLİ ISIL İŞLEM VE TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİNİN KULLANILMASI

İleyda BAYRAKCI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

2024, 95 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ

Dr. Öğretim Üyesi Mine ASLAN

Bu çalışmanın ilk kısmında, darının yedi gün süreyle çimlendirilmesi ile kimyasal, fonksiyonel ve antibesinsel madde içeriğindeki değişim belirlenmiştir. İkinci aşamada, eriştenin besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için dört gün süreyle çimlendirilmiş darı unu farklı oranlarında erişte üretiminde kullanılmıştır. Çimlendirilmiş darı unu kullanımıyla eriştede oluşan teknolojik kalite kayıplarını gidermek için nemli ısıl işlem uygulaması ve transglutaminaz ilavesi işlemleri tek tek ya da kombinasyon halinde uygulanmıştır. Bu aşama beş farklı çimlendirilmiş darı unu oranında (%0, 5, 10, 15 ve 20) dört farklı uygulama yöntemi (işlem uygulanmamış, nemli ısıl işlem uygulaması, transglutaminaz ilavesi, “nemli ısıl işlem uygulaması + transglutaminaz ilavesi kombinasyonu”) esasına göre gerçekleştirilmiştir. Üretilen erişteelerde teknolojik özellikler (renk, pişirme özellikleri ve sıklık) belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında bir önceki aşamada teknolojik olarak erişteelerde en üstün özellikler sergileyen ısıl işlem uygulaması + transglutaminaz ilavesi kombinasyonu kullanılarak hem ham hem de çimlenmiş darıdan erişte üretimleri gerçekleştirilmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darıdan üretilen erişte fiziksel, kimyasal, fonksiyonel, antibesinsel ve duyu özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Yedi günlük çimlendirme işlemi sonucunda darının kül ve protein miktarında %12.8 ve 15.23 artış, yağ ve fitik asit miktarında ise %50.0 ve 96.4 oranında azalma gerçekleşmiştir. Darının serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarları çimlenmenin ilk gününden itibaren artış göstermiş ve en yüksek değerlere (7871.56, 10373.24 ve 18244.80 mg GAE/kg) çimlenmenin beşinci gününde ulaşmıştır. DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivite değerleri ise çimlendirmenin yedinci gününde maksimum değerlere (762.55 mg TE/kg, 3.68 µmol TE/g ve 21.05 µmol TE/g) ulaşmışlardır. Ca, K, Mg, P, Fe, Mn ve Zn minerallerinin yedi günlük çimlendirme sonundaki miktarlarının, çimlenmenin başlangıcındaki miktarlarına göre arttığı belirlenmiştir. Erişte üretiminde artan oranda çimlendirilmiş darı unu kullanımı renk, pişme özellikleri ve sıklık değerlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerinde, nemli ısıl işlem uygulaması tek başına ya da transglutaminaz ile kombinasyon halinde L^* ve b^* renk değerlerinde azalmaya neden olsa da suya geçen madde miktarı ve sıklık değerini etkileyerek teknolojik kaliteyi geliştirdiği belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında üretilen erişte örneklerinde artan oranda ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanımı, kül, fitik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite miktarlarını da artırmıştır. Ham darı unu ilavesiyle üretilen erişte örnekleri ile karşılaştırıldığında, çimlenmiş darı unu içeren erişte örneklerinde, daha yüksek antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC), serbest ve toplam fenolik madde ile daha düşük yağ ve fitik asit miktarları belirlenmiştir. En yüksek oranda (%20) çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile kontrol örneğe göre Ca, Mg, Fe, Zn ve P miktarları sırasıyla %5.30, 39.20, 33.0, 19.25 ve 12.26 oranında artış göstermiştir. Duyusal

analiz sonucunda; ham darı unu kullanılan erişterde %10-20, çimlendirilmiş darı unu kullanılanlarda %15-20 kullanım oranlarında genel kabuledilebilirlik puanları kontrol erişteye göre düşüş göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: imlendirme, erişte, kum darı, nemli ısl ışlem, transglutaminaz



ABSTRACT

MS THESIS

USE OF HEAT-MOISTURE TREATMENT AND TRANSGLUTAMINASE ENZYME FOR DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF NOODLES PREPARED WITH GERMINATED MILLET FLOUR ADDITION

İleyda BAYRAKCI

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FOOD ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

2024, 95 Pages

**Jury
Prof. Nermin BİLGİÇLİ
Prof. Nilgün ERTAŞ
Assist. Prof. Mine ASLAN**

In the first part of this study, the change in chemical, functional and antinutritional substance content of millet by seven day germinating was determined. In the second stage, different ratios of four day-germinated millet flours were used in noodle production to improve the nutritional and functional properties of noodles. In order to eliminate technological quality losses in noodles due to the use of germinated millet flour, heat-moisture treatment and transglutaminase addition were applied individually or in combination. This stage was carried out on the basis of five different germinated millet flour ratios (0, 5, 10, 15 and 20%) and four different application methods (untreated, heat-moisture treatment, transglutaminase addition and “the combination of heat-moisture treatment + transglutaminase addition”). Technological properties (color, cooking properties and firmness) were determined in the produced noodles. In the last stage of the study, noodles were produced from both raw and germinated millet, using the combination of heat-moisture treatment + transglutaminase addition, which exhibited the superior technologic noodle properties in the previous stage. Noodles produced from raw and germinated millet were compared in terms of physical, chemical, functional, antinutritional and sensory properties. As a result of the seven-day germination process, there was an increase of 12.8 and 15.23% in the ash and protein amounts of millet, and a decrease of 50.0 and 96.4% in the amount of fat and phytic acid. The free, bound and total phenolic contents of millets increased from the first day of germination and the highest values (7871.56, 10373.24 and 18244.80 mg GAE/kg) were reached on the fifth day of germination. DPPH, FRAP and CUPRAC antioxidant activity values reached their maximum values (762.55 mg TE/kg, 3.68 $\mu\text{mol TE/g}$ and 21.05 $\mu\text{mol TE/g}$) on the seventh day of germination. The amounts of Ca, K, Mg, P, Fe, Mn and Zn at the end of seven days of germination increased compared to their amounts at the beginning of germination. The increasing germinated millet flour ratio in noodle production has negatively affected color, cooking properties and firmness values of noodle. Although the application of heat-moisture treatment alone or in combination with transglutaminase caused a decrease in L^* and b^* color values, it improved the technological quality of noodles with germinated millet flour by affecting the cooking loss and firmness value. The increasing usage ratios of raw and germinated millet flour in the noodle samples produced in the last stage of the study also increased the amounts of ash, phytic acid, total phenolic contents and antioxidant activity. Compared to noodle samples produced with the addition of raw millet flour, higher antioxidant activity (DPPH, FRAP and CUPRAC), free and total phenolic content, and lower amounts of fat and phytic acid were determined in noodle samples containing germinated millet flour. With the use of germinated millet flour at the highest ratio (20%), the amounts of

Ca, Mg, Fe, Zn and P increased by 5.30, 39.20, 33.0, 19.25 and 12.26%, respectively, compared to the control sample. As a result of sensory analysis; the overall acceptability scores of noodle decreased with 10-20% raw millet flour and also 15-20% germinated millet flour addition compared to its control noodle without millet.

Keyword: germination, heat-moisture treatment, noodles, proso millet, transglutaminase



ÖNSÖZ

Tezimin hazırlanması sırasında desteğini, fikir ve tecrübelerini esirgemeyen, bütün bu süreçte bilgilerini paylaşarak bana yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ'ye ve çalışmam boyunca tecrübelerini benimle paylaşarak desteğini esirgemeyen değerli ikinci danışman hocam Doç. Dr. Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ'ye şükranlarımı sunarım.

Bugüne kadar üzerimde emeği geçen Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda bulunan öğretim üyesi hocalarıma, laboratuvar çalışmalarına destek olan sevgili arkadaşım Kübra ACABAY'a çok teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım süresince beni her zaman destekleyen, maddi ve manevi olarak yanımda olan babam Erdal BAYRAKCI'ya, annem Firdevs BAYRAKCI'ya ve ablam Fatma BAYRAKCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İleyda BAYRAKCI
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Kum Darı.....	3
2.1.1. Kum darının kimyasal bileşimi.....	4
2.1.2. Kum darının sağlık ve beslenme açısından önemi.....	8
2.1.3. Kum darı işleme teknolojileri	9
2.2. Çimlendirme	11
2.3. Nemli ısıtma işlemi.....	13
2.4. Transglutaminaz	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal	19
3.2. Yöntem.....	19
3.2.1. Deneme deseni.....	19
3.2.2. Darının çimlendirilmesi.....	20
3.2.3. Darı unlarının hazırlanması	20
3.2.4. Çimlendirilmiş darı analizleri	21
3.2.4.1. Renk ölçümü	21
3.2.4.2. Kül miktarı analizi.....	21
3.2.4.3. Protein miktarı analizi	21
3.2.4.4. Yağ miktarı analizi	21
3.2.4.5. Fitik asit miktarı analizi.....	22
3.2.4.6. Serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarı analizi	22
3.2.4.7. Antioksidan aktivite analizi	23
3.2.4.8. Mineral madde miktarı analizi	24
3.2.5. Erişte üretimi	24
3.2.6. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte analizleri	25
3.2.6.1. Renk ölçümü	25
3.2.6.2. Pişirme testi.....	25
3.2.6.3. Sıkılık analizi	26
3.2.6.4. Kimyasal analizler.....	26
3.2.6.5. Duyusal analiz.....	26

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	27
4.1. Çimlendirme Sürecinde Darıda Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişim	27
4.1.1. Renk	27
4.1.2. Kül, protein, yağ ve fitik asit	28
4.1.3. Serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarı	31
4.1.4. Antioksidan aktivite	33
4.1.5. Mineral madde	35
4.2. Çimlendirilmiş Darı Unu İlaveli Eriştelerin Analiz Sonuçları.....	40
4.2.1. Renk	40
4.2.2. Ağırlık artışı.....	44
4.2.3. Suya geçen madde miktarı	45
4.2.4. Sıkılık	47
4.3. Ham ve Çimlendirilmiş Darı Unu İlaveli Eriştelerin Analiz Sonuçları.....	49
4.3.1. Renk	49
4.3.2. Ağırlık artışı, suya geçen madde miktarı ve sıkılık	52
4.3.3. Kül, protein, yağ ve fitik asit	54
4.3.4. Serbest, bağlı ve toplam fenolik madde	58
4.3.5. Antioksidan aktivite	60
4.3.6. Mineral madde	63
4.4. Duyusal Analiz	68
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	72
5.1. Sonuçlar	72
5.2. Öneriler	75
6. KAYNAKLAR.....	76
EKLER	95

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a^* : (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri

b^* : (+) sarı, (-) mavi renk değeri

Ca : Kalsiyum

Cu : Bakır

cm : Santimetre

dk : Dakika

Fe : Demir

g : Gram

K : Potasyum

Kg : Kilogram

L^* : (0) siyah, (100) beyaz

M : Molar

mg : Miligram

Mg : Magnezyum

ml : Militre

mm : Milimetre

P : Fosfor

rpm : Devir sayısı/ Dakika

sn : Saniye

Zn : Çinko

μ : Mikron

μ g : Mikrogram

μ m : Mikrometre

μ mol : Mikromol

Kısaltmalar

CUPRAC : Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti

DPPH : 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu

FRAP : Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti

GAE : Gallik asit eşdeğeri

1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus ve su kıtlığı nedeniyle Hindistan, Çin ve Afrika'nın bazı ülkelerinde kuraklığa dayanıklı tahılların geliştirilmesi ve üretilmesi giderek önem kazanmaktadır. Darı çeşitlerinin; kuraklığa ve zorlu iklim koşullarına dayanıklı olması, kolay yetiştirilebilmesi ve insan gıdası olarak besleyici değere sahip olması bakımından önemi artmaktadır (Devi ve ark., 2011). Bu kapsamda Birleşmiş Milletler, darının gıda güvenliğine uygunluğu, beslenme ve insan sağlığına faydaları ve değişen iklim koşullarında üretim potansiyelini geliştirmek ve bu konudaki farkındalığı arttırmak amacıyla 2023 yılını "Uluslararası Darı Yılı" olarak ilan etmiştir (FAO, 2023).

Darı tohumlarının yetiştirilme avantajlarının yanında besinsel değerlerinin de yüksek olması gıdalarda kullanım değerini artırmaktadır (Parameswaran ve Sadasivam, 1994). Darının dünyada yetiştirilen yaklaşık 20 farklı çeşidi olup bu çeşitlerin her birinde besinsel değerler farklılık göstermektedir. İnci darı yapısında yaklaşık %14.5 protein, %7 toplam diyet lifi ve 51.4 mg/100g toplam fenolik madde içerirken kodo darı %8.3 protein, %37.8 toplam diyet lifi ve 368 mg/100g toplam fenolik madde içermektedir (Devi ve ark., 2014). Kum darı taneleri ise bileşiminde yaklaşık %10.5-17 protein, %3.5-6.7 yağ, %9 ham lif, %8.5 diyet lifi, %3.6 kül ve 13.3 mg/100g fenolik madde bulundurmaktadır. Ayrıca tiamin, riboflavin, niasin, pridoksin ve tokoferol bakımından da zengindir (Gromova, 1991; Ravindran, 1991; Becker, 1994; Dendy, 1995; Kalinova, 2002; Kalinova ve Moudry, 2006). Bu değerler tanenin yetiştirildiği bölge ve koşullara göre değişiklik gösterebilmektedir.

Kum darı bileşiminde diyet lifi, protein, mineral madde, vitamin ve antioksidan maddeleri bulundurması ve gluten içermemesi sebebiyle beslenme ve sağlık açısından önemli bir tahıldır (Truswell, 2002; Gupta ve ark., 2012). Kardiyovasküler hastalıklar ve tip II diyabet riskini azaltabilmekte ve obeziteye karşı koruyucu etki gösterebilmektedir (Park ve ark., 2008; Rosenson ve ark., 2017).

Kum darı un haline getirilerek ekmek, bisküvi, makarna, erişte ve kahvaltılık gevrek gibi gıdaların üretiminde kullanılabilmektedir (Delost-Levis ve ark., 1992). Öğütülerek elde edilen darı ununa hiçbir işlem uygulanmadan kullanılabileceği gibi darıya suda bekletme, çimlendirme, maltlama, fermente etme, nemli ısıl işlem uygulama, şişirme/patlatma gibi farklı teknolojik ve geleneksel işlemler uygulanarak da kullanılması mümkündür (Hotz ve Gibson, 2007).

Çimlendirme işlemi, tanede bulunan diyet lifi, vitamin, mineral madde ve fenolik madde gibi bileşenlerin artmasını; fitik asit gibi antibesinsel maddelerin ise azalmasını sağlamaktadır. Antibesinsel maddelerin azalması gıdanın içerisinde bulunan bileşenlerin biyoyararlılığının artmasına katkı sağlamaktadır (Azeke ve ark., 2011; Şenlik ve Alkan, 2021). Çimlendirme işlemiyle tahılların yapısında depolanan nişasta basit şekerlere hidroliz olmakta, bu sayede tanenin sindirilebilirliği artarken tohumun gelişmesi için gereken enerji de açığa çıkmaktadır (Charoenthaikij ve ark., 2012; Xu ve ark., 2017; Benincasa ve ark., 2019).

Nemli ısıl işlem, nem miktarı %30'dan düşük olacak şekilde jelatinizasyon sıcaklığının üzerinde bir ısıda, 15 dakika - 16 saat süresince gerçekleştirilen fiziksel bir işlemdir (Chung ve ark., 2006). Bu işlem sonunda nişasta molekül yapısında hiçbir değişim olmazken tanenin fizikokimyasal özellikleri gelişmektedir. Nişasta zincirlerinin düzenlenmesine yardımcı olarak şişme, çözünürlük, vizkozite gibi özellikleri azaltmakta; jelatinizasyon sıcaklığı ve termal stabilite artmaktadır (Franco ve ark., 1995). Nemli ısıl işlem uygulanmış nişastaların termal stabilitesi de daha yüksektir (Cui ve ark., 2005).

Transglutaminaz enzimi gıdalarda, tekstürel özellikleri iyileştirmek, fonksiyonel ve besinsel özellikleri geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Proteinler arasında çapraz bağlar ve kovalent bağlar oluşturarak homojen yüzey yapısı, sağlam mekanik yapı oluşumuna katkı sağlamaktadır. Fiziksel yapıya sağladığı avantajların yanında aminoasit içeriğini arttırarak besin değerini de iyileştirmektedir (Motoki ve Seguro, 1998; Serdaroglu ve Turp, 2003; Kurt ve Zorba, 2004; Yüksel ve Erdem, 2008).

Transglutaminaz enzimi et, süt, tahıl ürünleri gibi birçok gıda grubunda farklı amaçlarla kullanılabilir. Eriştelerde kırılmayı önlemek, pişme sırasında suya geçen madde miktarını azaltmak, ürün yüzeyinde yapışkanlığı ve kümeleşmeyi önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayede eriştelerin besin içeriği gelişirken pişme verimi de artmaktadır (Kuraishi ve ark., 2001; Başman, 2004; Wang, 2011).

Bu çalışmada çimlendirilmiş darıdan elde edilen unun nemli ısıl işlem uygulaması ve transglutaminaz enzimi yardımıyla erişte üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmaktadır. Çimlendirme işlemi darının besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirirken teknolojik özelliklerini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sebeple nemli ısıl işlem uygulaması ve formülasyona transglutaminaz enzimi ilavesi yapılarak oluşabilecek kalite kayıplarının giderilmesi amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kum Darı

Darı; insan gıdası, hayvan yemi ve yakıt olarak kullanılmak üzere yetiştirilen küçük tohumlu yıllık bir tahıl çeşididir (Rachie, 1975; Kothari ve ark., 2005). Dünyanın çeşitli bölgelerinde 20 farklı darı türü yetiştirilmektedir. Yaygın olarak yetiştirilen darı çeşitleri arasında; kum darı (*Panicum miliaceum L.*), inci darı (*Pennisetum glaucum L. R. Br.*), parmak darı (*Eleusine coracana*), küçük darı (*Panicum sumatrense*), cin darı (*Setaria italica L. Beauv*) bulunmaktadır (Rachie, 1975; Bouis, 2000; Wen ve ark., 2014).

Darı, dünyada en fazla yetiştirilen tahıllar arasında altıncı sırada yer almakta olup (Verma ve Patel, 2012; Changmei ve Dorothy, 2014), Asya ve Afrika ülkeleri en büyük darı üreticileridir. Ülkemizde ise en çok Kırşehir, Muğla ve Diyarbakır illerinde üretilmektedir (Anonim, 2012). Kurak iklim koşullarına ve sodyum karbonat içeriği yüksek topraklara uyum sağlama yeteneği sayesinde özellikle Hindistan ve Batı Afrika gibi sıcak bölgelerde yaşayan toplumlar için iyi bir hammaddedir (Rachie, 1975; Amadou ve ark., 2013).

Kum darı, Hindistan ve Afrika'da yüzyıllardır temel gıda maddesi olarak tüketilmektedir. Moğolistan'da 13. ve 15. yüzyıllar arasında en sık kullanılan dört tahıl arasında kum darının olduğu bilinmektedir. 18. yüzyılda buğday ekmeğinin yaygınlaşması, patates yetiştiriciliği ve pirinç tüketiminin artmasından dolayı önemi giderek azalmıştır (Bough ve ark., 1986). Günümüzde ise gelişmekte olan ülkelerde insan gıdası olarak kullanılırken Avrupa ülkelerinde genellikle hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda ekolojik tarımın yaygınlaşması ve geleneksel ürünlere yönelik artan tüketici talebi nedeniyle başta Çek Cumhuriyeti olmak üzere dünyanın birçok yerinde üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır (Kalinova ve Moudry, 2006).

Kum darı, tarımda sürdürülebilir koşullara uyum sağlamanın yanında günlük beslenmede ihtiyaç duyulan besin maddelerinin almasına yardımcı olur. İçerisinde önemli miktarda mikrobeyinler ve mineral maddeler bulunmaktadır. Buğday, arpa, bulgur gibi tahıllarda bulunan alerjenik gluten proteininin darı türlerinde bulunmaması önemli bir avantajdır (Veena, 2003; Jaybhaye ve ark., 2014).

Darı üretiminin yaygın olduğu Asya ve Afrika ülkelerinde geleneksel ürünler olan idli, dosa, papad, chakli, yulaf lapası, ekmek ve bebek maması gibi gıdaların üretiminde darı hammadde olarak kullanılmaktadır (Chandrasekara ve Shahidi, 2011). Geleneksel ürünlerde yaygın şekilde kullanılsa da endüstriyel üretimde kullanım alanının kısıtlı olması hem yetiştiriciliği hem de yeni ürünlerde kullanımının araştırılması ve geliştirilmesini olumsuz etkilemektedir (Subramanian ve Viswanathan, 2003; Jaybhaye ve ark., 2014).

2.1.1. Kum darının kimyasal bileşimi

Günümüzde değişen iklim koşulları tarımsal gıdaların üretimini sınırlandırmaktadır. Bu sebeple kolay yetiştirilebilen, iklim değişikliklerine dayanıklı aynı zamanda besinsel kalitesi yüksek tahıllar önem kazanmaktadır (Singh ve Raghuvanshi, 2012). Darının yetiştirilme avantajlarına ek olarak yüksek besin değerine ve buğday, pirinç gibi başlıca tahıllarla karşılaştırılabilir kimyasal bileşime sahip olduğu bilinmektedir (Parameswaran ve Sadasivam, 1994). Darı proteinleri, lizin ve treoninin dışında iyi birer esansiyel amino asit kaynağıdır. Aynı zamanda fitokimyasallar ve mikro besinler bakımından da zengindirler (Mal ve ark., 2010; Sing ve ark., 2012).

Darı yaklaşık olarak %65-75 karbonhidrat, %5-10 protein ve %5-20 oranında diyet lifi içermektedir. Kalsiyum, demir ve fosfor gibi mineraller bakımından da oldukça zengindir (Subba Rao ve Muralikrishna, 2001). Darıların besin içeriği türüne göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, inci darı dirençli nişasta, çözünür ve çözünmez diyet lifleri ve antioksidanlar açısından zengindir (Ali ve ark., 2003). Tilki kuyruğu darı, yüksek protein konsantrasyonuna ve lizin aminoasidine sahip olmasından dolayı iyi bir alternatif tahıl olarak görülmektedir (Mohamed ve ark., 2009). Parmak darı, ham lif ve mineral madde içeriği bakımından buğday ve pirinçten daha zengindir ve diğer darı tanelerine oranla daha yüksek oranda lizin, treonin ve valin içermektedir (Ravindran, 1991; Sripriya ve ark., 1997). Kodo darı ve küçük darının, %37-38 oranında diyet lifi içerdiği bilinmekte olup, bu oran tahıllar içerisindeki en yüksek diyet lifi oranıdır (Malleshi ve Hadimani, 1993; Hegde ve Chandra, 2005). Kum darının protein içeriği, buğdayın protein içeriği ile karşılaştırılabilir miktardadır. Lösin, izolösin ve metionin gibi temel aminoasitler bakımından buğdaydan önemli ölçüde daha zengindir (Kalinova ve Moudry, 2006). Darı tanelerinde gerekli tüm besin maddelerinin bulunması atıştırmalık yiyecekler ve bebek mamaları gibi gıdaların üretiminde kullanılmasına

uygun bir hammadde olduğunu göstermektedir (Subramanian ve Viswanathan, 2007; Liu ve ark., 2012).

Kum darının protein miktarı mısır ve buğday ile karşılaştırılabilir düzeydedir. Bu miktar çevre koşullarına ve toprak türüne bağlı olarak değişebilir. Genellikle protein seviyesi %11.5-17 arasında değişmektedir (Geervani ve Eggum 1989; Dendy, 1995; Parameswaran ve Thayumanavan, 1995; Kalinova ve Moudry, 2006). Protein kalitesi mısır, buğday, arpa, çavdar ve yulaftan daha yüksektir (Velisek,1999; Kalinova ve Modry, 2006). Protein kalitesi; protein sindirilebilirliği, protein etkinlik oranı ve biyolojik değerine göre değerlendirilmektedir (Geervani ve Eggum, 1989; Becker, 1994; Dendy, 1995). Proteaz inhibitörleri ve tanen gibi antibesinsel faktörleri içermesine rağmen pişmiş kum darının sindirilebilirliği diğer tahıl tanelerine benzerlik gösterir. Normal ve pişirilmiş kum darının protein sindirilebilirliğinin ölçüldüğü *in vitro* bir çalışmada; kum darının sindirilebilirliği %71.3 olarak, pişmiş örneklerde ise %88.6 olarak belirlenmiştir (Ravindran, 1992).

Kum darı yapısında glutamik asit, lösin, izolösin, alanin, prolin, aspartik asit gibi aminoasitleri bulundurmaktadır. Lisin aminoasitini toplam aminoasit miktarının %1.4-4.3'ü arasında değişen oranda içermektedir. Bu oran buğdayın içerdiği lizin miktarından daha fazladır (Ravindran, 1992; Dendy, 1995; FAO, 1995; Kalinova ve Moudry, 2006).

Prolaminler, tahıl tanelerinin depo proteinleridir. Yapılan çalışmalarda, kum darı proteinlerinin yaklaşık %31-50'sinin prolaminlerden oluştuğu tespit edilmiştir (Jones ve ark., 1970; Dendy, 1995). Prolaminler, albüminlere veya globülinlere göre daha az miktarda lizin, arginin, glisin ve daha fazla miktarda alanin, metionin ve lösin içermektedir (Jones ve ark., 1970; Parameswaran ve Thayumanavan, 1995).

Kum darı ile yapılan immünolojik testlerde, gliadin içeriği 100 gramda 10 miligramın altında çıkmıştır. Bu oran gluten intoleransı olan hastalar için izin verilen sınırın altındadır. Bu sebeple kum darı çölyak hastalığı olan veya gluten intoleransı olan bireyler için uygun bir gıda maddesidir (Petr ve ark., 2003; di Cagno ve ark., 2004).

Kum darıda bulunan polisakkaritler, toplam sakkaritlerin %97.1'ini oluşturmaktadır. Yapısında bulunan amiloz içeriği kuru ağırlıkta %17.21 ve %32.6 arasında değişmektedir (Yanez ve ark., 1991; Kumari ve Thayumanavan, 1997). Bu oran mısırın içerisinde bulunan amiloz miktarından daha yüksek fakat pirinçten daha düşüktür (Kumari ve Thayumanavan, 1997).

Karyopsis ağırlığının yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünü nişasta oluşturmaktadır (Jasovskij, 1987; Yanez ve ark., 1991). Kum darının nişasta granül yapısı küçük küresel ve büyük

poligonal olmak üzere iki farklı şekile sahiptir. Granüllerin boyutu 1.3 ve 13.5 µm arasında değişmektedir. Kum darının doğal nişastası diğer darılara oranla daha yüksek sindirilebilirliğe sahip olup mısıra benzer sindirilebilirlik özelliği gösterir (Yanez ve ark., 1991; Kumari ve Thayumanavan, 1998).

Nişastaya uygulanan ısı işlem sindirilebilirliği artırır fakat nişastanın bir kısmı sindirim enzimlerine karşı direnç gösterir. Dirençli nişasta, kan şekerini düşürmede önemli rol oynar ve serum trigliserit düzeyini etkiler. Kum darının dirençli nişasta içeriği kuru bazda %0.39'dur (Kumari ve Thayumanavan, 1997).

Darı nişastası buğday nişastasından daha fazla su bağlama kapasitesine sahiptir. Kum darının jelatinleşme sıcaklığı 56-68°C'de başlamakta ve 61-76°C arasında değişmektedir (Dendy, 1995; FAO, 1995).

Tahıl taneleri, insan diyetindeki en önemli diyet lifi kaynağıdır. Lif içeriği yüksek diyetler, yüksek tansiyon ve yüksek kolesterol düzeylerinin normale düşmesinde önemli rol oynamaktadır (He ve ark., 2001). Kum darının kabuğu çıkarılmış tanelerinin lif içeriği yaklaşık %9.6 olup bu oran yulafta bulunan diyet lifi miktarına benzerlik göstermektedir (Jasovskij, 1987; Geervani ve Eggum, 1989a; Kalinova, 2002). Çözünür lif miktarı ise toplam lifin %36'sını oluşturmaktadır (Becker, 1994).

Günlük diyetle yer alan bitkilerin hücre duvarlarında kolon kanserine karşı koruma sağlayan lignin, pentozan, suberin, β-glukan gibi diyet lifi bileşenleri bulunmaktadır (Ferguson ve Harris, 1996). Kum darının hücre duvarı yapısı ağırlıklı olarak arabinoksilan, ksiloglukan, uronik asit, arabinosil, galaktozil, arabinogalaktan ve β-D-glukan içermektedir (Carpita ve ark., 1985). β-D-glukanlar, kan kolesterol değerini düşürdüklerinden dolayı beslenmede önemli bir yere sahiptir. Kum darının β-glukan içeriği %0.5-1.0 aralığındadır. Bu değer buğday, mercimek, mısır, pirinç gibi önemli tahıl kaynaklarının β-glukan içeriği ile benzerlik göstermektedir (Demirbaş, 2005).

Tahılda mineral maddelerin büyük kısmı perikarp, aleron tabakası ve ruşeyimde bulunmaktadır. Kum darının mineral madde miktarı %1.5-4.2 arasında değişmekte (Jasovskij, 1987; Ravindran, 1991; Kalinova, 2002) ve buğdaydan daha fazla oranda mineral madde içermektedir. Tane kabuğunun çıkarılması ve taneye işlem uygulanması mineral madde içeriğini olumsuz etkileyerek %27-53 oranında azalmaya sebep olabilmektedir (Dendy, 1995).

Kum darı, kalsiyum bakımından fakirdir fakat yüksek miktarda fosfor içerir. Fosforun fitat formunda bağlanması, fosfor kullanılabilirliğini önemli şekilde azaltır

(Dendy, 1995). Yapısında bol miktarda potasyum, demir ve manganez bulundurulur (Jasovskij, 1987; Ravindran, 1991). Kum darıda bulunan mineral maddelerin içeriği diğer tahıl tanelerine benzer veya daha yüksek seviyededir.

Mikro elementler, enzimlerin bir bileşeni olup her canlı organizmada farklı işlevlere sahiptir. Kum darı iyi bir çinko, bakır ve bor kaynağıdır (Murzamadieva, 1979; Demirbaş, 2005).

Kum darı taneleri, tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3), pridoksin (B6) ve tokoferol (E vitamini) bakımından zengindir (Gromova, 1991; Becker, 1994; Dendy, 1995). Yapısında bulunan B1 ve B2 vitamini oranı buğday, pirinç ve arpadan iki kat daha fazladır (Murzamadieva, 1979). Vitaminler tanenin ruşeym ve alöron tabakasında birikir. Kabuğundan ayrılmış tanelerin rengini karoten ve ksantofil içeriği etkilemektedir (Iljin ve ark., 1973). Kum darıdan elde edilmiş 100 gram rafine yağda 8.3-10.5 mg A vitamini, 87-96 mg E vitamini bulunmaktadır (FAO, 1995).

Lipitler, tahıl tanelerinde düşük oranlarda bulunan bileşenlerdir. Kabuğu soyulmuş kum darının lipit içeriği yaklaşık %3.5-6.7 arasında rapor edilmiştir (Jones ve ark., 1970; Lorenz ve Hwang, 1986; Ravindran, 1991; Kalinova, 2002). Kum darı lipitlerinin fizikokimyasal özellikleri ayçiçek, mısır ve soya lipitlerine benzer özellik gösterir ve toplam yağın yaklaşık %25'lik kısmı ruşeyimde bulunur (Jasovskij, 1987).

Kum darı lipitlerinin %62.2'sini serbest lipitler, %27.8'ini bağlı lipitler oluşturmaktadır (Sridhar ve Laskhminarayana, 1994). Serbest lipitleri hidrokarbonlar, sterol esterler, digliseritler, trigliseritler ve yağ asitleri oluşturmaktadır. Bağlı lipitler ise monogalaktozil digliseritler, digalaktozil digliseritler, fosfatidil etanol amin, fosfatidil serin ve fosfatidil kolinden oluşmaktadır (Lorenz ve Hwang, 1986).

Kum darı lipitlerinin yaklaşık %86-89'luk kısmını doymamış yağ asitleri oluşturur. Doymamış yağ asitlerinin de %42'si çoklu doymamış yağ asitleridir (Becker, 1994). Çoklu doymamış yağ asitleri kolesterol metabolizmasında önemli rol oynamaktadır. Kum darının temel yağ asitleri linoleik, oleik ve palmitik asitten oluşmaktadır (Lorenz ve Hwang, 1986; Dendy, 1995). Bu asitler tanenin zedelenmesi veya kırılması gibi durumlarda kolayca okside olup depolama süresi uzadıkça tanede hoş olmayan tat bırakırlar (Jasovskij, 1987).

Gıdaların yapısında bulunan polifenoller renk, tat ve besin kalitesi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Polifenol içeriğini bitki yapısı ve bitkinin yetiştirilme koşulları etkilemektedir. Tahıllarda genellikle tanenin dış katmanında yer alırlar. Kum

darıda bulunan toplam fenolik bileşik miktarı kuru maddede 100 gram kateşin eşdeğeri başına 0.05-0.10 miligramdır (Dendy, 1995).

Fenolik maddeler proteinlerle etkileşerek tanen-protein kompleksi oluştururlar (Salunkhe ve ark., 1985). Tanenler, proteini bağlayarak ürünün besleyici değerini düşürür ve protein sindirilebilirliğini azaltırlar (Lestienne ve ark., 2005). Kum darı tanelerinin kabuğundan ayrılmasıyla tanen içeriği %65-80 aralığında azalır. Kabuklar, kabuksuz tanelere oranla 15-40 kat daha fazla tanen içermektedir (Lorenz, 1983).

Fitik asit, kalsiyum, magnezyum, demir ve çinko gibi katyonları bağlayarak gıda içerisindeki sindirilebilirliğini düşürür (Ravindran, 1991). Kum darının fitik asit içeriği %0.17-0.61 arasında değişir. Bu miktar pirinçten daha fazla, buğdaydan daha azdır (Lorenz, 1983). Fitik asit formunda bulunan toplam fosfor yüzdesi %63.3'tür (Ravindran, 1991). Taneye uygulanan kabuk soyma, öğütme, ıslatma, haşlama, fermentasyon ve çimlendirme gibi işlemler fitik asit içeriğini azaltmaktadır (Lorenz, 1983; Ravindran, 1991).

Çizelge.2.1. Bazı darı çeşitleri ve tahılların kimyasal kompozisyonları

Tahıl çeşidi	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	2.51
Mısır	12.1	4.6	2.3	1.8	62.3	12.8	2.91
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
Parmak 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	51.4
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

2.1.2. Kum darının sağlık ve beslenme açısından önemi

Darı, insan sağlığı için gerekli olan diyet liflerini, proteinleri, mineralleri, vitaminleri ve antioksidanları sağlaması bakımından fonksiyonel gıda ve nötrasötik olarak kabul edilmektedir. Kanserin ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi, tümör riskinin azaltılması ve kan basıncının, kolesterolün, yağ emilim oranının düşürülmesi gibi birçok faydası rapor edilmiştir (Trustwell, 2002; Gupta ve ark., 2012). Son yıllarda

ABD Tarım Bakanlığı'nın beslenme kılavuzları, sağlıklı normal bir beslenmenin parçası olan tahıl ve tahıl ürünlerinin arasına darı ve ürünlerini de eklemiştir (USDA, 2000; USDA, 2005).

Darılarında bulunan antioksidanların çoğu, kansere neden olabilen, serbest radikalleri nötralize etmede önemli etkiye sahiptir. Kuersetin, kurkumin, ellajik asit ve diğer çeşitli faydalı kateşinler, böbrek ve karaciğer gibi organlardaki enzimatik aktiviteyi nötralize ederek yabancı maddeler ve toksinlerden temizlenmesine yardımcı olabilmektedir (Tsao, 2010).

Yapılan çalışmalarda darı tanelerinin fenolik asitler, tanenler ve fitat bakımından zengin olduğu ortaya konmuştur (Thompson, 1993). Sorgum ve darı tüketen toplumlarda yemek borusu kanseri vakalarının buğday veya mısır tüketen toplumlara göre daha düşük olduğu da tespit edilmiştir (Van Rensburg, 1981).

Günümüzde çölyak hastalığına sahip bireylerin ve sağlıklı gıdalara yönelimin artmasıyla beraber glutensiz gıdalara yönelik talep de yükselmiştir. Bu sebeple darı çeşitlerinin gluten içermemesi, zengin besin içeriği ve insan sağlığına faydaları nedeniyle önemi giderek artmaktadır (Angioloni ve Collar, 2012a).

2.1.3. Kum darı işleme teknolojileri

Darı tanelerinin besinsel ve duyuşal özelliklerinin ve kullanım kolaylığının iyileştirilmesini sağlamak amacıyla çeşitli teknolojik ve geleneksel işlemler uygulanabilmektedir. Bu işlemlere; termal işlemler, mekanik işlemler, ıslatma, fermentasyon ve çimlendirme örnek verilebilir. Bu prosesler mikro besinlerin fizikokimyasal erişilebilirliğini artırmayı, fitat gibi antibesinsel maddeleri azaltmayı ve tanenin biyoyararlılığını artıran bileşiklerin içeriğini yükseltmeyi amaçlamaktadır (Hotz ve Gibson, 2007).

Darıların gıdalarda kullanılabilmesi için kabuğunun çıkarılması ve öğütülmesi gerekmektedir (Birania ve ark., 2020). Kabuk ayırma ve öğütme gibi mekanik işlemler, tanenin hücre duvarını tahrip ederek tohum yapısını bozabilmektedir (Duodu ve Dowell, 2019).

Kabuk ayırma işleminin, darı tanesinin mineral içeriğini azaltırken fitik asiti, polifenoller, tanenleri uzaklaştırdığı ve kalsiyum, çinko, demir gibi minerallerin biyoyararlılığını ve protein sindirilebilirliğini artırdığı bilinmektedir (Krishnan ve ark., 2012; Ramakrishnan ve ark., 2022).

Tahıl tanelerinin çimlendirilmesi veya maltlanması biyokimyasal değişikliklere neden olmaktadır. Kum darı tanelerinin çimlenmesinin serbest aminoasitleri ve toplam şekeri artırdığı, kuru ağırlık ve nişasta içeriğini azalttığı yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Parameswaran ve Sadasivam, 1994; Malleshi, 2007).

Fermantasyon işlemi, gıda muhafazasındaki önemi nedeniyle birçok ülkede yaygın olarak uygulanmaktadır. Gıdanın korunmasına yardımcı olmasının yanında ürünün tadını ve besinsel özelliklerini de önemli ölçüde iyileştirebilmektedir (Mugocha ve ark., 2000; Gotcheva ve ark., 2001). Darı taneleri fermantasyon yoluyla zenginleştirilerek, Afrika ve Asya ülkelerinde geleneksel ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır.

Fermantasyon, tanenin antibesinsel özelliklerini azaltan, protein kullanılabilirliğini ve sindirilebilirliğini, besleyici değerleri artıran bir işlemdir (Hassan ve ark., 2006). Darılara uygulanan fermantasyon işlemi, karbonhidratların hidrolizini tetikleyerek sindirilebilirliğini ve besin yoğunluğunu artırır. Özellikle *Lactobacillus* kültürü ile yapılan fermantasyonun, darılarda ürün kalitesini artıran çeşitli enzimatik zincir reaksiyonlarını devreye soktuğu bilinmektedir (Adéoti ve ark., 2021). Fermantasyon işlemiyle parmak darının toplam protein verimlilik oranının arttığı, çinko, fosfor, demir, kalsiyum gibi mineral madde içeriklerinin iyileştiği ve antibesinsel maddelerin azaldığı ortaya koyulmuştur (Singh ve Raghuvanshi; 2012; Rathore ve ark., 2016; Jagati ve Debasnita Dash, 2021).

Tahılların genişletilmesi veya patlatılması, atıştırılabilirlik ve kahvaltılık gevrek üretiminde yaygın olarak kullanılan işleme yöntemlerindendir. İnsan beslenmesinde önemli yeri olan nişasta, darı tanelerinin genişletilmesi ve patlatılmasında gerekli olan teknolojik yapının sağlanmasına katkı sağlar. Bu işlemler, darı tanesinin nişasta-protein matriksinde yapısal değişikliklere sebep olarak tanenin genişlemesine yol açar ve şişirilmiş, gevrek yeni ürün ortaya çıkar. Yüksek sıcaklıkta kısa süreli işlem uygulanması, nişastanın termofiziksel özellikleri sayesinde aleron tabakasında bulunan şekerlerin darıdaki aminoasitlerle reaksiyona girmesi sonucu Maillard reaksiyonunu oluşturur ve üründe arzu edilen aroma ortaya çıkar. Bu etkilerin yanında antibesinsel maddelerin azalmasına, minerallerin biyoyararlılığının artmasına, protein ve karbonhidrat sindirilebilirliğinin artmasına da yardımcı olur (Nirmala ve ark., 2000; Konapur ve ark., 2014). Bu konuda yapılan çalışmalar, darının genişletilmesi ve patlatılmasının ticari bakımdan düşük maliyetli, kolay bulunabilen, besin değeri yüksek

atıştırıcılık ve kahvaltılık gevreklerin geliştirilmesinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir (Yousaf ve ark., 2021).

2.2. Çimlendirme

Tohumların çimlendirilmesi, ilk çağlardan günümüze kadar uygulanan, sağlıklı beslenmedeki öneminden dolayı giderek değer kazanan bir işlemdir. Günümüzde buğday, arpa ve yulaf gibi bazı tahılların yanında lahana, turp, kabak, yonca, brokoli gibi bitki tohumları da çimlendirilerek tüketilmektedir (Finney, 1985; Sharma ve Demirci, 2003; Yetim ve ark., 2010).

Çimlendirme, tohumun besin değerini artırmak amacıyla geliştirilen ekonomik ve basit bir yöntemdir. Yapılan birçok çalışmada çimlenmemiş tohumlarla karşılaştırılan filizlerin daha yüksek düzeyde besin maddesi ve daha düşük düzeyde antibesinsel madde içerdiği bildirilmiştir (Abdel-Rahman, 1984; King ve Puwastien, 1987; Honke ve ark., 1998; Zielinski ve ark., 2006).

Çimlendirme, bitkilerin nem, sıcaklık, ışık, oksijen gibi büyümesi ve gelişmesi için gerekli çevresel faktörlerin sağlanmasından sonra tohumun latent aşamasından çıktığı biyolojik süreçtir. Tohumun çimlenmesi için nemli bir alt tabaka, aerobik solunum için oksijen ve bitki gelişimi için yeterli sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu faktörler çimlendirilecek her üründe familyaya, türe ve cinse göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle çimlendirme işlemi koşullarını standardize etmek kolay değildir (Lorenz, 1980; Suberbie ve ark., 1981; Sangronis ve Machado, 2007).

Genellikle tohumların suda bekletilmesiyle çimlendirme işlemi başlatılmaktadır. Tohumun yapısında bulunan rezerv maddelerin bir kısmı çimlendirme sırasında parçalanarak solunumda, bir kısmı da gelişen embriyonun yeni hücre bileşenlerinin sentezinde kullanılabilmektedir. Bu süreçte tanenin biyokimyasal, besinsel ve duyuşal özelliklerinde önemli değişiklikler meydana gelir. Yapısında bulunan yağlar ve karbonhidratlar parçalanır ve nişasta sindirilebilirliği artar (Jyothi ve Reddy, 1981; Vidal-Valverde ve Frias, 1992). Antioksidan olarak değerlendirilen vitaminler ve ikincil bileşikler çimlenme sırasında önemli düzeyde etkilenir. Çimlendirilmiş tahılların askorbik asit, riboflavin, tiamin, tokoferol ve pantetonik asit içerikleri bakımından da zenginleştiği bilinmektedir (Kylan ve McCready, 1975; Sierra ve Vidal-Valverde, 1999; Sangronis ve Machado, 2007).

Genellikle besin içeriği yüksek, su miktarı düşük tohumlarda çimlenmeyle beraber vitamin, protein ve diğer besin maddelerinin biyoyararlılığı artarken toksin ve enzim inhibitörleri etkinliğinde azalma görülmektedir. Çimlendirilmiş tohumlar, olumsuz etkiye neden olan serbest radikalleri önleyen antioksidanlar bakımında zengindir. Bunların yanında, çimlendirilmiş tohum tüketiminin kötü kolesterolü düşürdüğü, diyabet hastalarına fayda sağladığı, kanser gibi hastalıkların azalmasına yardımcı olarak insan sağlığını desteklediği bilinmektedir (Zielinski ve ark., 2005; Anonymous, 2016).

Fitik asit, esansiyel mineraller ile kompleks oluşturup biyoyararlılığı azaltmakta ve bağırsak emilimi düşük, çözünemeyen bileşiklerin oluşmasını sağlamaktadır (Desphande ve Cheryan, 1984). Çimlendirme işlemi hububat ve baklagillerde fitaz aktivitesini arttırarak mineral emilimini olumlu yönde geliştiren bir prosestir.

Darı tohumlarının işlenmesini kolaylaştırmak ve besin içeriğini zenginleştirmek amacıyla çimlendirme işlemi uygulanabilmektedir. Çimlendirme sırasında darılarda bulunan proteinlerin, karbonhidratların ve minerallerin biyoyararlılığı artmaktadır. Bazı B grubu vitaminler sentezlenmekte ve antibesinsel faktörlerinin konsantrasyonu azalmaktadır. Aynı zamanda hidrolitik enzim aktivitesi artmakta ve bunlar endosperm modifikasyonuna neden olarak besinsel özellikleri geliştirmektedir. Çimlendirmeden önce uygulanan, suda bekletme gibi ön işlemler ve çimlendirme koşulları son ürünün kalitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir (Malleshi, 2007).

Çimlendirilmiş darılar, Afrika ve Asya ülkelerinde geleneksel gıdalarda kullanılmasının yanında noodle, makarna, kahvaltılık gevrek, fermente gıdalar, bebek maması, süt bazlı içecek, şekerleme ve bira gibi ürünlerin üretiminde de kullanılabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar çimlendirilmiş darının gıdalarda kullanılabilirliğini ve insan beslenmesindeki önemini ortaya koymaktadır (Malleshi, 2007; Saleh ve ark., 2013).

Yang ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada, çimlendirilmiş kum darının serbest aminoasit içeriği, çözünür şeker, ham lif ve biyoaktif bileşen miktarının arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca amiloz ve nişasta içeriğinin azaldığını ve protein ve nişasta sindirilebilirliğinin arttığını vurgulamışlardır. Çimlendirilmiş inci darının, in vitro protein (%14-26) ve nişasta (%86-112) sindirilebilirliğinin önemli düzeyde arttığı bilinmektedir (Archane ve Kawatra, 2001). Parmak darı ve inci darının çimlendirilmesiyle beraber kalsiyum demir, çinko gibi minerallerin ekstrakte edilebilirliğinin ve erişebilirliğinin arttığı, fitik asit gibi antibesinsel maddelerinin

azaldığı yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Mamiro ve ark., 2001; Suma ve Urooj, 2012; Krishnan ve ark., 2012).

Ko ve ark. (2011) tilikuyruğu darı, kum darı ve sorgumu çimlendirdikleri çalışmalarında, üç tahıl türünün protein miktarlarında önemli değişim olmazken çimlenme süresinin artmasıyla diyet lifi içeriğinin arttığını belirlemişlerdir.

Sharma ve ark. (2016) japon darısını çimlendirerek, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, diyet lifi ve mineral madde miktarlarında önemli değişimler olduğunu ortaya koymuşlardır. Çimlendirme işleminin tohumun kalitesini arttırdığını ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğunu da vurgulamışlardır.

Malleshi ve Desikachar, (1986) parmak darı, inci darı ve tilikuyruğu darının çimlendirmeye beraber bileşimindeki değişimleri incelemişlerdir. Bu işlem sonucunda toplam protein ve mineral madde miktarında hafif bir azalma, fitat-fosfor içeriğinde belirgin bir azalma ve askorbik asit içeriğinde ise önemli bir artış olduğunu belirlemişlerdir.

Azeke ve ark. (2011) darı ve farklı dört tahılı 10 günün üzerinde çimlendirmenin fitaz aktivitesi, fitat ve fosfor içeriğine etkisini araştırmışlardır. Bu süreçte fitaz aktivitesinin arttığını ve buna bağlı olarak fitat içeriğinde önemli bir azalma, fosfor içeriğinde hafif ama etkili bir artış olduğunu ortaya koymuşlardır. Fitaz aktivitesindeki artışın ve fitat içeriğindeki azalmanın fosfor kullanılabilirliğine ve kullanılabilirliğin iyileştirilmesine yardımcı olduğunu vurgulamışlardır.

Morah ve Etukudo (2017) kum darı tanelerini 96 saat boyunca çimlendirmişler ve besin değerindeki değişimi karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonunda çimlendirme süresinin artmasıyla beraber yağ ve kullanılabilir karbonhidrat miktarında azalma olduğunu; kül, diyet lifi, protein içeriğinin ise arttığını belirtmişlerdir. Çimlendirmeye beraber siyanür, fitik asit ve oksalat içeriğinde de azalma gözlemlemişlerdir. Fitat, oksalat ve siyanür içeriğinin azalmasıyla beraber protein ve mineral maddelerin daha kolay kullanılabilir olduğu, insan tüketimi için daha sağlıklı ve güvenli hale geldiği sonucuna ulaşmışlardır.

2.3. Nemli ısıl işlem

Nemli ısıl işlem (heat-moisture tretment) uygulaması, kontrollü nem içeriği (<%30) altında, jelatinizasyon sıcaklığının (84-140°C) üzerinde bir sıcaklıkta 15 dakika ile 16 saat süreyle uygulanabilen fiziksel modifikasyon yöntemidir. Su miktarını

sınırlandırarak yüksek sıcaklıklarda moleküler hareketliliğin kontrolünü sağlar (Hoover ve Vasanthan, 1994; Jacobs ve Delcour, 1998; Gunaratne ve Hoover, 2000). Nemli ısı işlem uygulamasında sıklıkla etüvde ve otoklavda uygulama yapılırsa da mikrodalga ve kızılötesi gibi farklı teknolojilerden de faydalanılmaktadır.

Nemli ısı işlem genellikle nişastayı modifiye etmek amacıyla kullanılmasının yanında nişasta bakımından zengin tahıl ve tahıl unlarına da uygulanabilmektedir. Bu işlemde nem içeriğine göre hazırlanan örnekler, ısıtma sırasında sabit nem seviyesini korumak için hava geçirmez şekilde metal kaplara yerleştirilir. Isıtma işlemi basınç oluşturarak aktif su moleküllerinin etkisiyle kinetik enerjiye dönüşen termal enerjiyi artırır ve nişastanın camsı durumdan daha akışkan benzeri esnek bir yapıya dönüşmesini sağlar (Schafranski ve ark., 2021). Nem seviyesinin sınırlı tutulmasından dolayı gerçek jelatinizasyon gerçekleşemez ve granüler nişasta yapıları korunmuş olunur. Diğer hidrotermal işlemlerde de olduğu gibi, amilozun dağılımı, nişastadaki amilopektin içeriği ve nişasta olmayan bileşenlerin oluşumu gibi içsel faktörler nemli ısı işlem ile işlenmiş tahılların özelliklerini etkilemektedir. Uygulama sıcaklığı, basıncı, süresi, ısıtma kaynağı, sıcaklık döngü süresi gibi dış faktörler de ürün özelliklerinde belirleyici rol oynamaktadır (Li ve ark., 2019; Sindhu ve ark., 2019).

Nemli ısı işlem uygulaması; çözünürlük, şişme, pik vizkozitesi özelliklerini azaltırken kıvamlı yapı oluşturma sıcaklığı, jelatinizasyon sıcaklığı, termal stabilite özelliklerini ise artırmaktadır. Nemli ısı işlem uygulaması ile oluşan retrograde amiloz Tip3 dirençli nişastadır (Li ve ark., 2011). Uygulama esnasındaki pişirme ve soğutma işleminden sonra nişasta retrogradasyona uğrayarak Tip3 dirençli nişasta miktarını artırmaktadır (Cui ve ark., 2005).

Nemli ısı işleme maruz kalmış nişastaların doğal nişastalara oranla termal stabilitesi daha fazla, retrogradasyonu daha az olduğundan makarnada, ekmek, kahvaltılık tahıllarda, dondurulmuş gıdalar ve konservelerde ürün formülasyonuna ilave edilebilmektedir. Gıdaların dirençli nişasta ve yavaş sindirilen nişasta düzeyini artırmak amacıyla da kullanılabilir (Arns ve ark., 2015; Cui ve ark., 2015). Nemli ısı işlem uygulaması, nişasta modifikasyonunu ekonomik şekilde sağlamanın yanında kimyasal atık bırakmaması ve çevre dostu olması bakımından önemli bir avantaja sahiptir (Li ve ark., 2011; Sun ve ark., 2014).

Sandhu ve ark. (2020) inci darı nişastalarının yapısal ve *in vitro* sindirilebilirliğini incelemişlerdir. İnci darı tanelerine %25 nemde, 110°C sıcaklıkta 3 saat işlem uygulamışlar ve nemli ısı işlem uygulanan nişasta örneklerinin doğal

nişastalara oranla daha düşük yapıştırma vizkozitesi özelliği gösterdiğini ve retrogradasyon kapasitesinin düştüğünü ortaya koymuşlardır. Nemli ısı işlem uygulamasından sonra nişastaların termal stabilitesinin ve besin değerlerinin iyileştiğini, bu sayede gıdalarda uygulanmasının arttırılabileceğini vurgulamışlardır.

Fathi ve ark. (2016) kum darı ununa %20 nemde 100°C ve %30 nemde 120°C nemli ısı işlem uyguladıktan sonra glutensiz keklerde fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri incelemiştir. İşlem uygulanmış darı unu kullanmanın özgül ağırlığı azalttığı ve hamur kıvamını arttırdığını gözlemlemiştir. Bu unun kek formülasyonuna eklenmesiyle kek örneklerinin hacminin arttığı, sertliğin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

2.4. Transglutaminaz

Enzimler gıda sanayisinde ürünlerin protein niteliklerini geliştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Gerrard, 2002). Gıdalarda protein modifikasyonunu sağlayarak fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi için kullanılan enzimler doğada kolaylıkla bulunabilmektedir. Bu enzimlerden çapraz bağlanma yapabilenler tekstürel modifikasyonu gerçekleştirmek amacıyla daha sık kullanılır (Kuraishi ve ark., 2001; DeJong ve Koppelman, 2002). Enzimatik çapraz bağlanma özelliğine sahip olan transglutaminaz enzimi, geniş pH ve sıcaklık aralığında aktivite göstererek et, süt, tahıl ve su ürünlerinde proteinler arasında çapraz bağlar oluşturup proteinlerin niteliklerini geliştirmektedir (Faergemand ve ark., 1998; Karatekin, 2008; Uran ve ark., 2011).

Transglutaminaz enzimi çeşitli hayvan dokularında, vücut sıvılarında, bitki ve mikroorganizmalardan elde edilebilmektedir (Chung ve ark., 1974). Enzimin optimum çalışma pH değeri 5.0-8.0, optimum çalışma sıcaklığı 40-70°C aralığındadır (Gaspar ve Góes-Favoni, 2015).

Transglutaminaz, amin birleşmesini sağlama, proteinlerin birbiri ile kovalent bağlar oluşturma ve deamidasyon tepkimelerinde protein polimerizasyonu katalize etme gibi özellikleri sağlayan önemli bir enzimdir. Üretici ve tüketici için önemli bir kriter olan düzgün tekstür ve viskoelastik yapı bu özellikler sayesinde sağlanmaktadır. Transglutaminaz enzimi bu etkilerinin yanında dayanıklı jel yapı oluşumuna bağlı mekanik bakımdan güçlü gıdaların üretilmesine yardımcı olur. Yağ emülsiyonunu azaltarak üründe istenen pürüzsüz yapı ve tekstürün elde edilmesini sağlar. Son ürün

besin içeriğinin aminoasitler bakımından zenginleşmesine yardımcı olarak katkı maddesi kullanımının azalmasına olanak sağlamaktadır (Yüksel ve Erdem, 2008).

Transglutaminaz erişte ve makarna sanayisinde de kullanılma potansiyeline sahiptir. Transglutaminaz kullanılarak üretilen makarnaların, kontrol makarnaları ile karşılaştırıldığında daha yüksek sertliğe sahip oldukları görülmektedir (Takâcs ve ark., 2007). Erişteler üzerinde yapılan çalışmalarda enzimin ilave edilmesiyle kırılmaya karşı direnç artmaktadır (Wang ve ark., 2011). Transglutaminazın makarna ve erişte üzerindeki bu etkileri; enzimin performansı, uygun viskoelastik özelliklere sahip polipeptit ağının oluşumuna yol açan çapraz bağlanma agregasyonu ve polimerizasyon ile açıklanmaktadır (Gujral ve Rosell, 2004). Çin eriştelerinde transglutaminaz ilavesinin sertliği arttırdığı fakat ürünün kuru, yaş veya pişmiş olma durumuna göre fiziki özelliklerinde farklılık oluşabileceği rapor edilmektedir. Transglutaminaz enziminin oluşturduğu çapraz bağlar sıcaklığa dayanıklıdır. Bu sayede eriştenin sertlik ve elastikiyet özellikleri pişme sonrasında da devam etmektedir. Pişirme sırasında suya geçen madde miktarı, transglutaminaz enzimi sayesinde azalır. Bu durum son ürün yüzey yapışkanlığını ve yüzeyde kümeleşme oluşumunu sınırlandırarak pişme verimini artırmaktadır (Kuraishi ve ark., 2001; Başman, 2004).

Tüketicilerin sağlıklı gıdalara olan talebinden dolayı besinsel değeri arttırılmış gıdaların üretimi giderek artmaktadır. Besin değerini arttırmanın basit yollarından bazıları ürün formülasyonuna enzim ilave edilmesi veya teknolojik işlemlerin uygulanmasıdır. Transglutaminaz gıda endüstrisinde bu amaçla yaygın olarak kullanılan bir enzimdir. Bu enzim ürünün tekstürünü ve besinsel yapısını geliştirmesinin yanında insan sağlığına da faydaları bulunmaktadır. Alerjen olmaması gıdalarda kullanılabilirliğini arttırmaktadır (Xing ve ark., 2016; Amirdivani ve ark., 2018).

Weng ve ark. (2020) pirinç unu kullanarak ürettikleri beyaz tuzlu eriştelere transglutaminaz enzimi ilave etmişler ve buğday unu kullanılarak hazırlanan eriştelerle karşılaştırarak transglutaminazın yapı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda transglutaminazın yapıyı geliştirdiği, buğday unu kullanılan örneklerle duyu niteliklerinde (aroma, renk ve tat) önemli farklılıkların olmadığını belirtmişlerdir.

Yaver ve Bilgiçli (2020) çimlendirilmiş maş fasulyesi unu ile zenginleştirdikleri erişte örneklerine transglutaminaz ilave ederek erişte kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Transglutaminazın pişme kaybını azaltarak sıklığı arttırdığını ve buna bağlı olarak pişme kalitesini geliştirdiğini ortaya koymuşlardır.

Kumar ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada inci darı unu kullanarak ürettikleri glutensiz makarlara transglutaminaz enziminin etkisini incelemişlerdir. Transglutaminaz enziminin sertlik ve duyuşal özellikleri iyileştirerek glutensiz makarna üretiminin geliştirilmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Sripriya ve ark. (1997) parmak darının çimlendirilmesi ve fermente edilmesinin karbonhidrat, aminoasitler, organik asitler, fitat ve minerallerin HCl ekstrakte edilebilirliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Parmak darıyı 24 saat boyunca çimlendirmişler, ardından 48 saat fermentasyona tabi tutmuşlardır. Bu işlemler sonucunda tanenin toplam şeker miktarının 2 kat, indirgenmiş şeker miktarının 13 kat ve serbest aminoasit miktarının 10 kat arttığını belirlemişlerdir. HCl ile ekstrakte edilebilen mineral madde miktarının %47 oranında arttığını ve fitat içeriğinin de %60 oranında azaldığını ortaya koymuşlardır. Yaptıkları çalışmanın sonunda çimlendirme ve fermentasyon işlemlerinin fitat ve tanenler gibi antibesinsel maddeleri azalttığı, besin bileşenlerinin biyoyararlılığını ve sindirilebilirliğini geliştirdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Vijayakumar ve ark. (2010) tam buğday unu ve soya unu içeren un karışımına %10 ve %20 oranlarında darı unu ilave ederek erişte üretmişler ve darı unun erişte kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Darı unu içeren örnekler kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, darı unu ilavesinin artmasıyla eriştelerin protein, diyet lifi ve yağ oranının arttığını; kül, toplam şeker, nişasta oranının ise azaldığını belirlemişlerdir. Duyusal olarak değerlendirdikleri örneklerde dış görünüş, tekstür, renk ve lezzet bakımından en beğenilenin %20 darı unu katkılı eriştelerin olduğunu belirtmişlerdir. Eriştelere darı unu ve soya unu ilavesinin kabul edilebilir olduğunu, ürünün besin içeriğini zenginleştirdiğini ve sağlıklı erişte üretimine fayda sağladığını ortaya koymuşlardır.

Owheruo ve ark. (2019) parmak darı ve inci darıyı 3 gün boyunca çimlendirerek besin içeriğini ve fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Çimlendirilmiş parmak darının protein ve kül miktarında önemli bir değişim olmadığını, lif, potasyum ve kalsiyum miktarının artarken yağ ve toplam karbonhidrat miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Çimlenmiş parmak darının (53.54 mg/g) ham darıya (46.91 mg/g) oranla FRAP antioksidan aktivite değerinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. İnci darı örneklerinde ise çimlendirmeyele beraber protein, lif ve toplam karbonhidrat miktarlarının önemli düzeyde artarken yağ miktarının azaldığını ve magnezyum, kalsiyum, sodyum değerlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. DPPH antioksidan aktivite değerinin çimlendirmeyele beraber kayda değer şekilde arttığını tespit

etmişlerdir. Çalışmanın sonunda çimlendirme işleminin her iki darı türünde de besinsel özellikleri geliştirdiğini ve fonksiyonel gıdalarda kullanıma uygun olduğunu vurgulamışlardır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada hammadde materyali olarak 2022 yılı mahsulü olan kum darı (*Panicum miliaceum* L.) kullanılmıştır. Kum darı Konya’da (Türkiye) bulunan Taşan Ticaret firmasından temin edilmiştir. Erişte üretiminde kullanılan buğday unu (Büyük Hekimoğulları, Konya Türkiye), yumurta (Riva, Konya Türkiye), tuz (Salina, Konya Türkiye) yerel bir marketten alınmıştır. Transglutaminaz enzimi StemEnzym GmbH & Co. (Ahrensburg, Almanya) firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni

Çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada kum darı taneleri 7 gün boyunca çimlendirilmiş ve çimlendirme sürecinde fiziksel kimyasal, besinsel ve antibesinsel analizler yapılmış ve optimum çimlendirme süresi tespit edilmiştir.

İkinci aşamada; ilk aşamada belirlenen optimum sürede çimlendirilen darı örnekleri un haline getirilmiştir. Erişte üretiminde teknolojik kaliteyi artırmak amacıyla çimlendirilmiş darı unlarına “**nemli ısıl işlem**” ve “**transglutaminaz ilavesi**” işlemleri tek tek ya da kombinasyon halinde uygulanmıştır. Deneme deseni dört farklı uygulama (işlem uygulanmamış, nemli ısıl işlem uygulanmış, transglutaminaz ilave edilmiş, nemli ısıl işlem+ transglutaminaz ilavesi kombinasyonu uygulanmış) ve beş farklı darı unu oranında (%0, 5, 10, 15, 20) (4 x 5) x 2 deneme desenine göre yürütülmüştür. Darı unları erişte formülasyonunda kullanılan buğday unuyla yer değiştirme esasına göre kullanılmıştır. Elde edilen eriştelerin fiziksel ve teknolojik özellikleri belirlenmiş ve teknolojik kalite üzerinde en olumlu sonuç veren uygulama metodu belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında; bir önceki aşamada belirlenen ve erişte için yüksek teknolojik kalite veren “**nemli ısıl işlem uygulaması + transglutaminaz ilavesi**” kombinasyonu ile hem “**ham darı unu**” hem de “**çimlendirilmiş darı unun**” dan erişte örnekleri üretilmiştir. Eriştelerinin fiziksel, kimyasal, besinsel, antibesinsel ve duyuşal özellikleri karşılaştırılmıştır.

3.2.2. Darının çimlendirilmesi

Çimlendirme işleminde kullanılacak darılar, içerisinde bulunan yabancı maddeler, toz ve kirden arındırılmak için ayıklanmış ve su ile yıkandıktan sonra üzerine 1:5 oranında su ilave edilerek tanenin fiziksel yapısına ve su çekme kapasitesine göre çimlendirme için en uygun süre olan 12 saat boyunca suda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda suyu süzdürülen taneleri dezenfekte etmek için 1:3 oranında sodyum hipoklorit çözeltisine koyulup 15 dakika boyunca bekletilmiş ve daha sonra süzülerek çözeltiden arıncaya kadar saf su ile yıkanmıştır. Temizlenmiş darı taneleri %80 nem ve 17°C de iklimlendirme kabininde her gün 10 ml su verilerek 7 gün boyunca çimlendirmeye bırakılmıştır. Çimlendirilmiş darılar 60°C’de 24 saat boyunca kurutulup öğütülmüş ve 500µm’lik eleklerden geçirilerek un haline getirilmiştir (Cankurtaran Kömürcü, 2021).

3.2.3. Darı unlarının hazırlanması

Ham darı unu üretimi: Temizlenmiş darı tanelerinin öğütüldükten sonra 500µm’lik elekten geçirilmesiyle elde edilmiştir.

Nemli ısıl işlem uygulanmış ham darı unu üretimi: Ham darı unu bir poşet içine alınarak nem miktarı %25’e ayarlanacak şekilde saf su eklenmiştir. Poşetin ağzı kapatılıp ara ara karıştırılarak 1 gece boyunca bekletilmiştir. Un örnekleri daha sonra cam bir kavanozun içerisine alınarak ağzı sıkıca kapatılıp 100°C’de 1 saat boyunca etüvde ısıl işleme tabi tutulmuştur. Oda sıcaklığına kadar soğuyan örnekler 60°C’de 1 gece kurutulmuş ve daha sonra tekrar öğütülüp 500µm’lik elekten geçirilerek nemli ısıl işlem uygulanmış ham darı unu elde edilmiştir (Liu ve ark., 2019).

Çimlendirilmiş darı unu üretimi: Çimlendirme işleminden sonra etüvde (Nüve 240, Türkiye) 60°C’de 24 saat boyunca kurutulan darıların öğütülüp 500µm’lik elekten geçirilmesiyle elde edilmiştir.

Çimlendirildikten sonra nemli ısıl işlem uygulanmış darı unu üretimi: çimlendirildikten sonra kurutulup öğütülen darı unları yukarıda verilen nemli ısıl işlem uygulanmış ham darı unu üretimi metodundaki aşamalara tabi tutularak üretim gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Çimlendirilmiş darı analizleri

3.2.4.1. Renk ölçümü

Çimlendirilmiş darı örneklerinin renk değerleri Minolta CR-400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı ile belirlenmiştir. L^* (parlaklık), a^* (kırmızı, yeşil) ve b^* (sarı, mavi) değerleri tespit edilmiştir (Francis, 1998).

3.2.4.2. Kül miktarı analizi

Çimlendirilmiş darı örnekleri öğütülerek un haline getirilmiş ve toz örneklerin kül miktarı, 550°C'de çalışan kül fırınında (Daihan Wisetherm F-12, Gangwon, Güney Kore) gri kül rengi oluşana kadar yakılarak AACC 08-01.01 metoduyla belirlenmiştir (AACC, 1999).

3.2.4.3. Protein miktarı analizi

Protein miktarı analizi, AACC 46-12.01 Kjeldal metodu kullanılarak belirlenmiştir. Analiz yakma, destilasyon ve titrasyon olarak 3 aşamada yapılmıştır. Örneklerin protein miktarı, sülfürik asitle tahrip edilerek içindeki azot (NaH_4SO_4) halinde tespit edildikten sonra NaOH ile muamele edilmesi ve çıkan NH_4OH miktarından titrasyonla azotlu madde miktarının hesaplanması prensibiyle belirlenmiştir (AACC, 1999).

3.2.4.4. Yağ miktarı analizi

Çimlendirilmiş darı örneklerinin toplam yağ miktarı Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle AACC 30-25.01 metodu kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 1999). Darı yağı hekzan ile ekstrakte edilmiş ve sonra hekzan uzaklaştırılmıştır. En son belirlenen yağ miktarı % olarak ifade edilmiştir.

3.2.4.5. Fitik asit miktarı analizi

Çimlendirilmiş darı örneklerinin fitik asit miktarı Haug ve Lantzsch (1983)'e göre kolorimetrik metot kullanılarak belirlenmiştir. Öğütülmüş darı örnekleri 0.2 N hidroklorik asit çözeltisi ile ekstarkte edilip belirli miktardaki demir III çözeltisi ile muamele edilerek 30 dakika kaynar su banyosunda bekletilmiş ve daha sonra 15 dakika buz banyosunda bekletilerek soğuması sağlanmıştır. Serum kısmında kalan demir miktarı bipiridin çözeltisi ile renklendirilmiş ve spektrofotometrik yöntemle 519 nm'de absorbans değerleri ölçülerek hesaplanmıştır.

3.2.4.6. Serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarı analizi

Serbest fenolik madde ekstraksiyonu, Vitali ve ark. (2009) tarafından belirtilen metot modifiye edilerek kullanılmıştır. Çimlendirilmiş darı örneklerinden 1.0 gram örnek alınıp üzerine 10 ml %1HCl içeren %80'lik metanol ilave edilerek 24°C' de 2 saat boyunca çalkalamalı su banyosunda (Daihan Wisebath WSB-30, Gangwon, Güney Kore) çalkalanıp ekstarkte edilmiş ve sonrasında 3000rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant analizde kullanılmak üzere -18°C' de muhafaza edilmiştir.

Bağlı fenolik madde ekstraksiyonu, Vitali ve ark. (2009) tarafından geliştirilen metot modifiye edilerek kullanılmıştır. Serbest fenolik ekstraksiyonundan kalan kalıntıya 20 ml 10:1 oranında metanol/H₂SO₄ karışımı eklenerek su banyosunda 85°C' de 20 saat boyunca bekletilmiştir. Sonrasında oda sıcaklığına gelene kadar örnekler soğutulup 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant analizde kullanılmak üzere -18 °C' de muhafaza edilmiştir.

Analizde kullanılan çözeltilerin hazırlanışı aşağıda verilmiştir.

Lowry A: 0.1 mol/L NaOH (sodyum hidroksit) içinde %2'lik Na₂CO₃ (sodyum karbonat) çözdürülerek hazırlanmıştır.

Lowry B: %1'lik NaKC₄H₄O₆ (potasyum sodyum tartarat) içinde %0.5 CuSO₄ (bakır sülfat) çözdürülerek hazırlanmıştır.

Lowry C: 50:1 (v/v) oranında Lowry A ve Lowry B karışımından elde edilmiştir.

Reaktif: 1:3 oranında saf su ile seyreltilmiş Folin-ciocalteu

Standart: Gallik asit (5-50 mg/L)

Deney tüplerine sırayla 0.1 ml yukarıda belirtildiği şekilde ekstrakte edilen örnek, 1.9 ml saf su ve 2.5 ml Lowry C eklenerek karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 10 dakika bekletildikten sonra 0.25 ml folin-ciocalteu reaktifi (%10'luk, h/h, suda) ilave edilerek 30 dakika boyunca oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda örnekler spektrofotometrede (Hitachi-U1800, Japonya) 750 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Gallik asit standardı kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrisi aracılığıyla serbest ve bağlı fenolik madde miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen serbest ve bağlı fenolik madde miktarları toplanarak toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir.

3.2.4.7. Antioksidan aktivite analizi

Çimlendirilmiş darı örneklerinin antioksidan aktivite analizi için DPPH, FRAP ve CUPRAC metotları kullanılmıştır.

Öğütülmüş darı örneklerinden 1 gram tartılarak 10 ml %80'lik metanol ile karıştırılmıştır. Karışım 2 saat boyunca oda sıcaklığında su banyosunda çalkalanmıştır. Daha sonra 3000 rpm'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatantlar filtreden geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.

DPPH (2-2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu; çimlendirilmiş darıların antioksidan aktivite analizi spektrofotometrik yöntemle Gyamfi ve ark. (1999) ile Beta ve ark. (2005)'nin metotları modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu metot esas olarak serbest bir radikal olan DPPH'nin örnekteki antioksidan maddelerce ortadan kaldırılmasından oluşmaktadır. Bu yüzden 100µl örnek ekstraktına 3.9 ml DPPH çözeltisi ilave edilmiş ve karanlık bir ortamda yarım saat bekletilip spektrofotometrede 517 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Spektrofotometre cihazı analizin başında kör okuma yapılarak sıfırlanmıştır. Elde edilen sonuçlar troloks eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

FRAP (demir indirgeme antioksidan gücü) metodu; bu yöntem ile antioksidan aktivite analizinde Gao ve ark. (2000)'nin metodu kullanılmıştır. 300 mmol/L asetat tamponu, 10 mmol/L TPTZ çözeltisi ile 20 mmol/L FeCl₃.6H₂O çözeltisi sırasıyla 10:1:1 oranında karıştırılarak analiz çözeltisi hazırlanmıştır. 50 µl örnek ekstraktını üzerine 700 µl analiz çözeltisi eklenerek karanlıkta 5 dakika bekletilmiş ve spektrofotometrede 593 nm'de absorbans değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar troloks eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

CUPRAC (Bakır (II) iyonu indirgeme esaslı antioksidan kapasite) metodu; bu yöntemle antioksidan analizinde Apak ve ark. (2008)'nin metodu kullanılmıştır. Cam bir tüpün içerisine 10^{-2} M CuCl_2 1M NH_4AC (Amonyum asetat tamponu, Ph;7) ve 7.5×10^{-3} M neokuproin çözeltisinden sırasıyla 1'er ml eklenmiş ve üzerine 0.1 ml antioksidan çözeltisi ve 1 ml distile su eklenerek tüpler vortekslenmiştir. Toplam hacim 4.1 ml olacak şekilde hazırlanan çözeltiler oda koşullarında ağzı kapalı şekilde yarım saat bekletilmiş ve daha sonra içerisinde ekstraksiyon çözeltisi bulunan referans çözeltiliye karşı 450 nm'de aborbans değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar troloks eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.4.8. Mineral madde miktarı analizi

Çimlendirilmiş darı örneklerinde Ca, K, Mg, P, Cu, Fe, Mn ve Z miktarlarının tayini için 0.3 gram kuru örnek 7 ml $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ kullanılarak mikrodalga sisteminde (Mars 5, CEM Comporation, USA) yakılmış ve elde edilen süzüklerin mineral madde miktarları ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi) cihazında (Agilent Technologies – 7900 ICP-MS/ASX 500, Waldbronn, Germany) analiz edilmiştir (Skujins,1998).

3.2.5. Erişte üretimi

Erişte üretiminde kullanılan genel formülasyon Çizelge 3.1 de verilmiştir. Dört farklı işlem grubu altında (işlem uygulanmamış, nemli ısıl işlem uygulanmış, transglutaminaz enzimi ilave edilmiş, nemli ısıl işlem uygulanmış+ transglutaminaz ilavesi kombinasyonu uygulanmış) yirmi farklı erişite formülasyonu 2 tekerrürlü olarak üretilmiştir. Tüm işlem gruplarında, erişite formülasyonunda kullanılan buğday unu %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında çimlendirilmiş darı unu ile yer değiştirilmiştir. Farklı oranlarda çimlendirilmiş darı unu ilavesiyle üretilen erişite hamurlarında kullanılan su miktarı, ön denemelerle belirlenmiştir.

Nemli ısıl işlem uygulanmış erişite grubunda; çimlendirilmiş darı unu nemli ısıl işleme tabi tutulduktan sonra, deneme deseninde belirtilen oranlarda erişite formülasyonuna buğday unu ile yer değiştirme esasına göre ilave edilmiştir. *Transglutaminaz enzimi ilaveli erişite grubunda;* buğday unu çimlendirilmiş darı unu paçalı yer değiştirme esasına göre hazırlandıktan sonra %0.5 oranında transglutaminaz

ilavesi yapılmıştır. *Nemli ısıt işlem + transglutaminaz ilavesi kombinasyonu uygulanmış erişte grubunda*; çimlendirilmiş darı ununa nemli ısıt işlem uygulandıktan sonra buğday unu ile belirtilen oranlarda karıştırılarak un paçalları hazırlanmış ardından transglutaminaz enzimi ilavesi yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Çimlendirilmiş darıdan elde edilen un ile hazırlanan eriştelerin genel formülasyonu

Çimlendirilmiş darı unu oranı (%)	Buğday unu (g)	Çimlendirilmiş darı unu (g)	Yumurta (g)	Tuz (g)
0	200	0	80	1.0
5	190	10	80	1.0
10	180	20	80	1.0
15	170	30	80	1.0
20	160	40	80	1.0

Özkaya ve ark. (2001)'in erişte üretim metodu modifiye edilerek üretim gerçekleştirilmiştir. Erişte formülasyonu 200 gram un, 80 gram yumurta, 1.0 gram tuz ve yeterli miktarda su içerecek şekilde ayarlanmıştır. Malzemeler mikserde (Hobart N50, Offenburg, Almanya) homojen bir hamur elde edilene kadar yoğurulmuş ve nemli bir bez altında 20 dakika boyunca dinlendirilmiştir. Dinlenen hamurlar erişte kesme makinesinde (Shule Pasta Machine, Çin) 7 ve 5 numaralı inceltme bölümünden geçirildikten sonra aynı makinenin şerit şeklinde kesme kısmından geçirilmiştir. İnce uzun şerit haline gelen hamurlar 4 cm uzunluğunda kesilerek son hali verilmiştir. Erişteler oda sıcaklığında 3 gün boyunca kurumaya bırakılmış ve daha sonra polietilen poşetlerde analizlerde kullanılmak üzere depolanmıştır.

3.2.6. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerin analizleri

3.2.6.1. Renk ölçümü

Eriştelerin renk analizi 3.2.4.1. başlığı altında anlatılan şekilde yapılmıştır. Eriştelerde yapılan renk analizi, eriştenin yüzeyinde 5 farklı noktadan değerlerin ölçülmesi ve ortalamasının alınmasıyla belirlenmiştir.

3.2.6.2. Pişirme testi

Erişte örneklerinin ağırlık artışını değerlerini hesaplamak için 20 gram erişte 300 ml kaynamış saf su içerisinde ön denemelerde belirlenen süre boyunca pişirilmiştir.

Piştikten sonra suyu süzdürölüp 2 dakika boyunca bekletilmiş ve tekrar tartılarak son ağırlığı ölçölmüştür. Pişmiş erişte ağırlığından çiğ erişte ağırlığı çıkartılıp ağırlık artışı sonucu yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

Suya geçen madde miktarını belirlemek için 20 gram erişte örneği tartılıp 300 ml kaynatılmış saf su içerisinde belirlenen süre boyunca pişirilmiştir. Pişen erişteler süzülmüş ve süzüntü kısmı önceden sabit tartımı yapılmış beherlerin içerisinde etüvde (Nüve FN-500, Ankara, Türkiye) 135°C’de kurutulmuştur. Suya geçen madde miktarı yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Özkaya ve Kahveci, 1990).

3.2.6.3. Sıkılık analizi

Sıkılık analizi AACC standart metot No: 16-50 (AACC, 2002) yöntemi esas alınarak, tekstür analiz cihazı (TA-XT plus, Stable Mikrosistemleri, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir. Erişte örnekleri pişirme testinde belirlenen sürelerde pişirilmiş ve pişen eriştelerden 3’er tanesi yan yana konularak sıkılık değeri hesaplanmıştır.

3.2.6.4. Kimyasal analizler

Eriştelerin kül, protein, yağ, fitik asit, antioksidan aktivite, fenolik madde ve mineral madde miktarı analizleri 3.2.4.2, 3.2.4.3, 3.2.4.4, 3.2.4.5, 3.2.4.6, 3.2.4.7 ve 3.2.4.8. başlıkları altında belirtilen metotlar kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.6.5. Duyusal analiz

Erişte örneklerinin duyusal analizi 25-55 yaş aralığındaki 12 kişi tarafından yapılmıştır. Panelistler 1 ile 7 arasındaki skalayı (1: aşırı kötü, 7: mükemmel) kullanarak pişmiş erişteleri görünüş, koku, tat, ağız hissiyatı ve genel kabuledilebilirlik kriterleri bakımından değerlendirmişlerdir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Çimlendirme Sürecinde Darıda Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişim

Darının 7 günlük çimlendirilmesi sürecinde fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve antibesinsel maddelerdeki değişimi belirlenmiş ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.

4.1.1. Renk

Çimlendirilmiş darının L^* değerleri 83.52 ile 87.96 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.1). Çimlenmenin başlangıcında en düşük seviyede ölçülen L^* değeri, çimlenmenin 3. gününde en yüksek değerine ulaşmıştır. Çimlenmenin 4. gününden itibaren L^* değerinde düşüş olsa da 7 günlük çimlenme sürecinde ölçülen tüm L^* değerleri çimlenmenin başlangıcı olan 0. günde ölçülen değerden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Çimlendirilmiş darı örneklerine ait renk değerleri¹

Çimlendirme süresi (gün)	L^*	a^*	b^*
0	83.52 ± 0.14 e	-2.70 ± 0.07 a	25.30 ± 0.13 a
1	84.34 ± 0.14 d	-3.42 ± 0.10 b	22.59 ± 0.27 b
2	85.04 ± 0.06 c	-3.69 ± 0.05 c	20.98 ± 0.25 c
3	87.96 ± 0.12 a	-4.40 ± 0.06 d	18.69 ± 0.13 de
4	86.96 ± 0.09 b	-4.78 ± 0.05 e	18.53 ± 0.18 ef
5	85.34 ± 0.29 c	-5.31 ± 0.11 f	19.10 ± 0.13 d
6	84.09 ± 0.12 d	-5.70 ± 0.14 g	18.07 ± 0.18f
7	84.02 ± 0.03 d	-5.71 ± 0.16 g	18.08 ± 0.23 f

¹ Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). L^* : Parlaklık renk değeri, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri

Cankurtaran Kömürcü (2021) çimlenme sırasında artan enzim aktivesi ve buna bağlı artan enzimatik reaksiyonlar sonucu meydana gelen aminoasit ve serbest şekerler arasındaki esmerleşme reaksiyonları ve oksidasyon ürünlerinin çimlendirilmiş buğdayların L^* değerinde değişikliklere sebep olabileceğini rapor etmiştir. Chung ve ark. (2012) ise çimlenme ile birlikte kahverengi pirinçlerin L^* değerlerinin azaldığını, bu durumun kahverengi pirinçte bulunan polifenol oksidaz ve peroksidaz gibi doğal

oksidatif enzimlerin aktivitesinin çimlenme ile artmasına bağlı olabileceğini rapor etmişlerdir. Çimlenmenin 4. gününden sonra darının L^* değerindeki düşüş artan enzim aktivitesine atfedilebilir.

Çimlendirilmiş darıların a^* değeri -2.70 ile -5.71 arasında değişim göstermiştir. Çimlenme süresinin artmasıyla birlikte a^* değeri düşmüştür. Çimlenmenin 6. ve 7. günlerinde ölçülen a^* değeri istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve en düşük değerlere ulaşmıştır. Kılınçer (2018) yaptığı çalışmada çimlendirilmiş tahıl ve baklagil çeşitlerinin besinsel ve fonksiyonel özelliklerini incelemiştir. Buğday örneklerinde çimlendirmenin 5. gününe kadar a^* ve b^* değerlerinin düştüğünü belirlemiştir.

Çimlenme süresindeki artış, darıların b^* değerinde azalmaya neden olmuştur. Çimlenmenin başlangıcında 25.30 olan b^* değeri çimlenmenin 6. ve 7. gününde en düşük (18.07 ve 18.08) değerlere ulaşmıştır.

4.1.2. Kül, protein, yağ ve fitik asit

Çimlendirilmiş darıların 7 günlük çimlenme sürecinde kül miktarı %3.21 ile %3.62 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.2). Çimlendirmenin ilk 4 gününde darının kül miktarında istatistiki bir farklılık olmamış, sayısal olarak hafif bir artış gerçekleşmiştir. Çimlenmenin 5. gününden sonra kül miktarında istatistiki olarak artış gerçekleşmiş ve 7. günün sonunda en yüksek kül miktarına ulaşılmıştır. Çimlenme esnasında tohumda bulunan fitaz enzim aktivitesi kül miktarını etkileyebilmektedir. Çimlenme ile birlikte artan fitaz aktivitesi, minerallerin bağlı olduğu yapıları hidrolize uğratarak minerallerin serbest kalmasına sebep olmaktadır (Narsih, 2012). Buna bağlı olarak çimlendirme süresinin artmasıyla beraber kül miktarı da artış göstermiş olabilir. Diğer taraftan, çimlenme esnasında tanede meydana gelen karbonhidrat kaybı oransal olarak külde artışa neden olabilmektedir (Hung ve ark. 2012). Ohm ve ark. (2016) da tohumun çimlenmesi için enerji sağlamak amacıyla kullanılan karbonhidratların kül miktarında artışa neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Abioye ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada parmak darıyı 96 saate kadar çimlendirmişler ve kül miktarının ilk 2 gün boyunca %3.47'den %3.73'e yükseldiğini 3. ve 4. günlerde ise %3.73'te sabit kaldığını belirlemişlerdir.

Ohm ve ark. (2016), buğdayı 5 gün boyunca çimlendirmişler ve başlangıçta %1.45 olan kül miktarı ilk 3 gün önemli bir değişim göstermezken 5. gün %1.57'ye önemli düzeyde artış gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Çizelge 4.2. Çimlendirilmiş darının kül, protein, ham yağ ve fitik asit miktarları¹

Çimlendirme süresi (gün)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Fitik asit (mg/100g)
0	3.21 ± 0.13 c	11.23 ± 0.13 de	4.64 ± 0.19 a	943.72 ± 5.27 a
1	3.11 ± 0.08 c	11.14 ± 0.14 e	3.39 ± 0.12 bc	863.99 ± 5.64 b
2	3.14 ± 0.10 c	11.27 ± 0.13 cde	3.47 ± 0.09 b	748.60 ± 12.2 c
3	3.27 ± 0.07 bc	11.71 ± 0.29 bc	3.26 ± 0.19 bc	560.98 ± 15.5 d
4	3.25 ± 0.16 bc	11.63 ± 0.30 bcd	3.05 ± 0.28 c	403.38 ± 4.78 e
5	3.50 ± 0.07 ab	11.67 ± 0.21 bcd	2.61 ± 0.08 d	281.01 ± 8.49 f
6	3.48 ± 0.03 ab	11.83 ± 0.06 b	2.55 ± 0.07 d	99.44 ± 13.30 g
7	3.62 ± 0.10 a	12.94 ± 0.14 a	2.32 ± 0.24 d	33.77 ± 5.33 g

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Darının 7 günlük çimlendirme sürecinde protein miktarındaki değişim Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çimlendirme sürecinin başlangıcında (0. gün) %11.23 olan protein miktarı, çimlenmenin 1. ve 2. günlerinde sırasıyla %11.14 ve % 11.27 olarak belirlenmiş olup bu sayısal değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte çimlendirme sürecinin 3. günü itibariyle darı unlarının protein miktarı artış (p<0.05) göstermiş olup bu artış çimlenmenin 7. gününde en yüksek değere (%12.94) ulaşmıştır. Cankurtaran (2021) farklı buğday çeşitlerinin çimlendirildiği çalışmada, çimlenmenin ilk 3 gününde protein miktarında hafif bir azalma (p>0.05), 4. gününden itibaren ise önemli (p<0.05) bir artış belirlemiştir. Protein miktarındaki artışın sebebi çimlendirme sürecinde karbonhidrat miktarının azalmasına bağlı olarak protein içeriğinin oransal olarak artması olabilir. Literatürde pek çok çalışmada çimlenme süreci ile protein miktarındaki değişim bu oransal artışa atfedilmiştir (Ohm ve ark., 2016; Grassi ve ark., 2018; Cankurtaran, 2021). Koehler ve ark. (2007), çimlendirme sürecinde enzim aktivitesinin, çimlendirmenin başlangıcında gelişmekte olan bitkiye besin sağlamak için proteinlerin parçalanmasını sağladığını, ancak çimlendirmenin sonraki aşamasında protein miktarının artmasını sağlayabileceğini rapor etmişlerdir.

Parameswaran ve Sadasivam (1994) kum darı tanelerini 7 gün boyunca çimlendirerek karbonhidrat ve azot içeriğindeki değişimi incelemişlerdir. Çimlendirme sürecinde darının protein miktarının %12.32 ile %14.30 arasında değiştiğini ve protein miktarının çimlendirme sürecinde sürekli olarak arttığını rapor etmişlerdir.

Sade (2009) inci darıya farklı ön işlemler uyguladıktan sonra besinsel içeriğini belirlediği çalışmada; ham darıda %14.01 olan protein miktarının 48 saatlik çimlendirme sonunda önemli derecede (p<0.05) artarak %19.4’e yükseldiğini

belirlemiştir. Çimlendirilmiş darının fermente edilmiş ve kavrulmuş darıdan daha fazla protein içeriğine sahip olduğu sonucuna ulaşmış ve çimlendirmenin protein miktarını artırmak için uygulanabilecek bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Nguyen ve ark. (2022) beyaz darı, tilkikuyruğu darı ve kırmızı darıyı 72 saat boyunca çimlendirdikten sonra protein içeriklerinin arttığını ve en fazla artışın beyaz darıda olduğunu rapor etmişlerdir. Mbithi-Mwikya ve ark. (2000) benzer şekilde parmak darının 96 saat çimlendirilmesi sonunda protein içeriğinin %30 arttığını belirlemişlerdir.

Literatürde farklı darı çeşitleri ve diğer hububat çeşitlerinin çimlendirilmesi ile elde edilen protein miktarlarındaki değişimlerde farklılıklar gözlenmiştir. Bu durum darının ya da hububatın çeşidi, çimlendirme ortamı, çimlendirme süresi gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişim göstermektedir.

Yedi günlük çimlendirme sürecinde darıların yağ miktarı %2.32 ile 4.64 arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Çimlendirmenin ilk gününden itibaren darıların yağ miktarında önemli ($p<0.05$) bir azalma gerçekleşmiştir. Yedi günlük çimlenmenin sonunda darıdaki yağ miktarı yaklaşık %52 azalmıştır. Çimlendirme süresinin artmasıyla beraber yağ miktarının azalmasının sebebi lipidlerin ve serbest yağ asitlerinin, embriyoda oluşmaya başlayan yeni dokuda enerji kaynağı olarak kullanılmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Yıldız, 1996).

Sharma ve ark. (2016) tilkikuyruğu darıyı çimlendirmişler ve çimlenme öncesi %4.4 olan yağ miktarının, 72 saat çimlendirildikten sonra yağ miktarının %3.6'ya düştüğünü bulmuşlardır.

Suma ve Urooj (2014), inci darı tanelerini 72 saat boyunca çimlendirmişler, çimlenme öncesi %4.8 olan yağ miktarının çimlendirmeyle %3.1 değerine düştüğünü belirlemişlerdir. Yağ miktarındaki azalmanın sebebini çimlendirme işleminden önce yapılan ön hazırlık aşamasındaki suda bekletmede gerçekleşen çözünebilir madde kaybından kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir.

Yedi gün boyunca çimlendirilen darıların fitik asit miktarları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Bu süreçte fitik asit miktarları 943.72-33.77 mg/100g arasında değişim göstermiştir. Darı örnekleri çimlendirmenin başlangıcında en yüksek fitik asit miktarına (943.72 mg/100g) sahipken çimlendirme boyunca fitik asit miktarında azalma görülmüş, en düşük fitik asit değerlerine 6. ve 7. günlerde (99.44 ve 33.77 mg/100g) ulaşılmıştır. Fitaz enziminin hidrolitik aktivitesi çimlenme sırasında artmakta ve fitik asitin azalmasına sebep olmaktadır (Kumari ve ark., 2023).

Kumari ve ark. (2023) tilikuyruğu darı, kum darı ve karabuğdayı çimlendirdikten sonra fizikokimyasal özelliklerini, antibesinsel madde ve fenolik madde kompozisyonunu incelemişlerdir. 4 günlük çimlendirme sonrasında fitik asit içeriklerinin; tilikuyruğu darı, kum darı ve karabuğdayda sırasıyla 6.60, 8.08 ve 16.90 mg/g'dan 2.67, 4.86 ve 2.79 mg/g'a düştüğünü ve en fazla azalışın sırayla karabuğday (%83.49), tilikuyruğu darı (%58.28) ve kum darıda (%39.93) olduğunu belirtmişlerdir.

Egü ve ark. (2002) çimlendirilmiş farklı tahıl çeşitlerinin fitaz aktivitesi ve fitik asit içeriği üzerine yaptıkları çalışmada ham, 24 saat, 48 saat ve 72 saat çimlendirilmiş darının fitik asit içeriklerini sırasıyla 0.83 g/100g, 0.71 g/100g, 0.49 g/100g ve 0.37 g/100 g olarak belirlemişlerdir. Chauhan ve Sarita (2018) çimlendirme işleminin parmak darı üzerindeki besinsel etkisini araştırdıkları çalışmalarında parmak darının 48 saat çimlendirilmesiyle fitik asit miktarının 851.4 mg/100g'dan 238.5 mg/100g'a düştüğünü bulmuşlardır.

Literatürdeki çalışmaların tamamına yakınında hububat ve baklagillerin çimlendirilmesi ile birlikte fitaz aktivitesindeki artışa bağlı olarak fitik asit miktarında azalma rapor edilmektedir (Sihag ve ark., 2015; Demir, 2018; Pakfetrat ve ark., 2019) Çimlenme diğer enzimler üzerinde olduğu gibi fitaz enziminin de aktivitesinin artmasında etkilidir (Miransari ve Smith, 2014). Benzer şekilde bu çalışmada da fitaz aktivitesindeki artışa bağlı olarak çimlendirmenin 4. gününde %57.26, 7. gününde %96.42 oranında fitik asit kayıpları gerçekleşmiştir. Fitik asit mineralleri bağlayarak bunların biyoyararlılığını azaltan önemli bir antibesinsel faktördür (Hurrel ve ark., 2003). Hububat ve baklagillerin fitik asit miktarlarının azaltılmasında suda bekletilme, çimlendirilme, fermente etme, fitaz enzimi ilave edilmesi gibi işlemler uygulanabilmektedir (Bilgiçli, 2002; Arslan ve Yalçın, 2023). Bu çalışmada da çimlendirmenin fitik asitin azaltılmasında önemli bir işlem olduğu görülmüştür.

4.1.3. Serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarı

Çimlendirilmiş darının serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çimlendirmenin başlangıcında 1116.64 mg GAE/kg olan serbest fenolik madde miktarı, çimlenmenin 5. gününe kadar artış göstererek en yüksek değere (7871.56 mg GAE/kg) ulaşmıştır. Çimlenmenin 6. ve 7. günlerinde belirlenen serbest fenolik madde miktarında 5. güne göre azalma olmasına rağmen, çimlenmenin 0-4 günleri arasındaki serbest fenolik madde miktarlarından yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Çimlendirilmiş darı örneklerine ait serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarları¹

Çimlendirme süresi (gün)	Serbest fenolik madde (mg GAE/kg)	Bağlı fenolik madde (mg GAE/kg)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg)
0	1116.64 ± 23.53 g	1685.12 ± 42.59 h	2801.75 ± 66.12 h
1	1464.02 ± 48.11 f	7335.72 ± 50.51 g	8799.74 ± 98.63 g
2	1518.27 ± 25.83 f	8321.77 ± 61.13 f	9840.04 ± 35.29 f
3	2679.09 ± 41.14 e	9040.17 ± 56.8 e	11719.26 ± 97.95 e
4	3923.15 ± 32.74 d	9284.13 ± 42.61 d	13207.28 ± 75.36 d
5	7871.56 ± 101.2 a	10373.24 ± 28.6 a	18244.80 ± 129.83 a
6	6078.98 ± 81.99 b	9827.61 ± 39.04 b	15906.59 ± 121.04 b
7	5594.92 ± 28.17 c	9546.60 ± 29.13 c	15141.52 ± 57.31 c

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Yedi günlük çimlendirme sürecinde bağlı fenolik madde miktarında da serbest fenolik madde miktarına benzer bir artış gerçekleşmiştir. Çimlenmenin 5. gününde en yüksek bağlı fenolik madde miktarına ulaşılmıştır. 6. ve 7. günlerde yine 5. güne göre bir azalma gerçekleşmiştir. Ancak çimlendirilmiş tüm darı örnekleri, çimlendirilmemiş darı örneğinden yüksek bağlı fenolik madde miktarına sahip olmuştur.

Çimlendirmenin başlangıcında 2801.75mg GAE/kg olan toplam fenolik madde miktarı, yine çimlendirmenin 5. gününde en yüksek değere (18244.80mg GAE/kg) ulaşmış, 6. ve 7. günlerde ise 5. güne göre bir düşüş gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarı değerleri çimlendirme sürecinde benzer artış ve azalış trendleri izlemiş, 5. günde en yüksek olmak üzere, çimlendirme ile serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarında önemli (p<0.05) artışlar gerçekleşmiştir. Çimlenme öncesi serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarı ile karşılaştırıldığında 5 günlük çimlenme sonrasında bu değerlerde sırasıyla 7.1, 6.2 ve 6.5 katlık artışlar belirlenmiştir.

Tahıl tanelerinde bulunan fenolik bileşikler antioksidan aktivite üzerinde etkili olan bileşiklerin başında gelmekte ve tanenin tat, koku, doku gibi özelliklerinin oluşmasını sağlamaktadır. Çimlendirme işlemi bu özellikler üzerinde etkili olup tanenin fenolik madde miktarının ve besin değerinin artmasına yardımcı olmaktadır (Finney, 1987; Burak ve Çimen, 1999).

Sharma ve ark. (2015) 46.5 saat çimlendirilmiş tilkikuyruğu darının serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarının çimlendirilmemiş olana göre sırasıyla 9.79'dan 21.75 mg GAE/100g'a, 23.38'den 35.42 mg GAE/100g'a ve 33.17'den 57.17

mg GAE/100g'a önemli düzeyde artış gösterdiğini belirlemiştir. Tilkikuyruğu darı tohumlarındaki fenolik bileşik miktarının, çimlenme sırasında aktif hale gelen ve tahılın hücre duvarı yapısını değiştiren parçalayıcı enzimlerden dolayı arttığını vurgulamışlardır.

Sharma ve ark. (2016) çimlendirilmemiş ve çimlendirilmiş Japon darının (*Echinochloa frumentaceae*) bağlı, serbest ve toplam fenolik madde miktarlarını karşılaştırdıklarında, çimlendirme işlemiyle beraber fenolik madde miktarlarında önemli düzeyde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Çimlenme ile toplam fenolik miktarının 29.01 mg GAE/100g'dan 77.68 mg GAE/100g'a arttığını bildirmişlerdir.

Perales-Sánchez ve ark. (2014) 12-120 saat aralığında çimlendirdikleri amarant tohumlarının fenolik madde miktarı değişimini incelemişler ve serbest, bağlı, toplam fenolik madde miktarında önemli düzeyde artış olduğunu saptamışlardır. Toplam fenolik madde miktarının ham halde 26.65 mg GAE/100g iken çimlendirmeyele beraber 247.63 mg GAE/100g'a yükseldiğini belirlemişlerdir.

4.1.4. Antioksidan aktivite

Çimlendirilmiş darı örneklerinin antioksidan aktivite değerleri üç farklı metotla (DPPH, FRAP ve CUPRAC) belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) metodu antioksidan aktivite analizinde yaygın kullanılan ve spektrofotometre cihazı ile ölçümleri gerçekleştirilen bir metottur (Sharma ve Bhat, 2009). DPPH reaktifi en zayıf antioksidanlar da dahil olmak üzere bütün maddelerle etkileşime girebilmesi, lipofilik ve hidrofilik antioksidanlarla reaksiyona girebilmesi gibi sebeplerle önemli bir avantaja sahiptir (Kedare ve Singh, 2011). Yedi günlük çimlendirme sürecinde DPPH metoduyla belirlenen antioksidan aktivite değerleri 312.75 ile 762.55 mg TE/kg arasında değişmiştir. Çimlenmenin ilk gününden itibaren DPPH antioksidan aktivite değerleri önemli ($p<0.05$) derecede artmıştır. En yüksek antioksidan aktivite değerine 7. günün sonunda ulaşılmıştır. Çimlenmemiş darı örneğiyle karşılaştırıldığında, 7 gün çimlendirilmiş darının DPPH antioksidan aktivite değeri yaklaşık 2.4 kat daha yüksek bulunmuştur. Çimlenmenin 1. ve 2. günlerinde belirlenen DPPH antioksidan aktivite değerleri sayısal olarak çok yakın olup istatistiki olarak da aynı grupta yer almıştır. Benzer şekilde çimlendirmenin 3. ve 4. günlerinde belirlenen DPPH antioksidan aktivite değerleri de aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.4. Çimlendirilmiş darı örneklerine ait antioksidan aktivite değerleri¹

Çimlendirme süresi (gün)	DPPH (mg TE/kg)	FRAP (μmol TE/g)	CUPRAC (μmol TE/g)
0	312.75 ± 13.74 f	1.06 ± 0.12 e	4.30 ± 0.26 g
1	344.01 ± 18.04 e	1.38 ± 0.09 de	6.28 ± 0.13 f
2	345.77 ± 7.87 e	1.69 ± 0.05 cd	8.26 ± 0.14 e
3	462.85 ± 3.99 d	1.91 ± 0.08 c	10.57 ± 0.22 d
4	492.47 ± 7.28 d	3.34 ± 0.14 b	17.87 ± 0.07 c
5	571.51 ± 15.95 c	3.32 ± 0.15 b	19.99 ± 0.12 b
6	665.87 ± 19.18 b	3.39 ± 0.28 ab	20.81 ± 0.08 a
7	762.55 ± 10.22 a	3.68 ± 0.12 a	21.05 ± 0.07 a

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

FRAP metodu, Demir (III)'in indirgenme kapasitesiyle antioksidanların toplam miktarının belirlendiği bir yöntemdir. Düşük miktarda bulunan Demir (III)'ün tripiridilriazin (TPTZ) ile reaksiyona girmesi ile oluşan Fe(II)-TPTZ kompleksinin antioksidanlar etkisiyle Fe(II)-TPTZ kompleksine indirgenmesi esasına dayanır (Yıldız, 2007).

Çimlendirilmiş darının FRAP metodu ile belirlenen antioksidan aktivite değerleri 1.06 μmol TE/g ile 3.68 μmol TE/g arasında değişmiştir. Çimlenmenin ilk günü sonunda FRAP yöntemi ile belirlenen antioksidan aktivite miktarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Çimlenmenin 2. gününden itibaren antioksidan aktivite değerinde önemli (p<0.05) artış gerçekleşmiş ve çimlenmenin 6. ve 7. günlerinde en yüksek FRAP antioksidan aktivite değerine ulaşılmıştır.

CUPRAC metodu, Neokuproin Nc'nin Cu (II) ile oluşturduğu bakır (II)-neokuproin kompleksinin bakır(I)-neokuproin kompleksine indirgenmesi esasına dayanmaktadır (Apak ve ark., 2004).

Çimlendirilmenin başlangıcında darının CUPRAC metoduyla belirlenen antioksidan aktivite değeri 4.30 μmol TE/g iken, artan çimlendirme süresi ile birlikte CUPRAC antioksidan aktivite değeri de önemli (p<0.05) bir artış göstermiş ve en yüksek değerlere 6. ve 7. gün sonunda (20.81 μmol TE/g ve 21.05 μmol TE/g) ulaşılmıştır. CUPRAC metoduyla belirlenen antioksidan aktivite değeri çimlendirme süresi boyunca sürekli olarak artış göstermiş ve en hızlı artış 10.57 μmol TE/g'den 17.87 μmol TE/g'a artışın olduğu 4. gün olarak belirlenmiştir. Çimlenmenin 6. gününden sonra artış oranının azaldığı ve 6. gün ile 7. gün arasında önemli derecede antioksidan aktivite değeri farkı olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, çimlendirilmiş darı örneklerine uygulanan farklı metotlardaki antioksidan aktivite analizi sonuçları karşılaştırıldığında, en yüksek değerlere DPPH metoduyla 7. gün, FRAP ve CUPRAC metotlarında 6. ve 7. günde ulaşılmıştır. FRAP ve CUPRAC metotlarında antioksidan aktivite hızı artış oranları benzerlik göstermiş olup en hızlı artış oranı 4. günde gerçekleşmiştir.

Çimlendirme işlemi esnasında tohumların depo bileşenleri parçalanmakta ve hücre duvarı bileşenleri, yapısal proteinler, vitaminler ve sekonder bileşenlerin sentezi gerçekleşmektedir. Sentezlenen bu bileşikler antioksidan olarak nitelendirilmekte ve çimlendirme süresince büyük oranda değişim göstermektedir (Kuo ve ark., 2004). Tohumlarda meydana gelen bu değişim serbest amino asitlerin, karbonhidratların, diyet liflerinin, vitamin ve minerallerin besinsel değerini ve biyoyararlılığını geliştirmektedir. Ayrıca antioksidan aktivitesinin artması tohumların fonksiyonel özelliğine katkı sağlamaktadır (Gómez-Favela ve ark., 2017; Pauca-Menacho ve ark., 2017).

Sharma ve ark. (2018) ham ve çimlendirilmiş tilkikuyruğu darı ve kodo darıdan ekstrakte edilen β -glukanı, DPPH ve FRAP metotlarını kullanarak antioksidan aktivitelerini tespit etmişlerdir. Ham ve çimlendirilmiş tilkikuyruğu darı ve kodo darı β -glukan ekstraktlarının DPPH değerleri sırasıyla %23.78'den %34.96'ya ve %55.94'ten %78.74'e önemli düzeyde yükseldiğini belirlemişlerdir. DPPH aktivitesindeki artışın ekstraktta bulunan β -glukan konsantrasyonundaki artıştan kaynaklandığı sonucuna ulaşmışlardır. FRAP metotunun kullanıldığı analizde ise aynı sırayla %29.56'dan %38.67'ye ve %43.67'den %48.98'e arttığını belirlemişlerdir. Çimlenmeden sonra β -glukan ekstraktının FRAP aktivitesindeki artış, β -glukan kullanılabilirliğindeki artıştan ve çimlenme sırasındaki yapı modifikasyonundan kaynaklandığı ve böylece antioksidanların indirgeyici ajan olduğu ferrik iyonlarının azaltılmasına katkı sağladığı sonucuna ulaşmışlardır.

4.1.5. Mineral madde

Darının 7 günlük çimlendirme sürecinde Ca, K, Mg, P, Cu, Fe, Mn ve Zn mineral madde miktarlarında gerçekleşen değişim Çizelge 4.5'te verilmiştir. Darı örneklerinin 7 günlük çimlendirme sürecinde Ca miktarı 16.91 mg/100g'dan 35.66 mg/100g'a yükselmiştir. Çimlendirmenin başlangıcı ve 1. gününde en düşük Ca miktarına sahip olan darı örneklerinde, çimlenmenin 2. günden itibaren Ca miktarında

Çizelge 4.5. Çimlendirilmiş darı örneklerine ait mineral madde miktarları (mg/100g)¹

Çimlendirme süresi (gün)	Ca	K	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn
0	16.91 ± 1.55 e	192.51 ± 2.13 b	100.71 ± 1.00 d	275.31 ± 1.85 e	0.37 ± 0.02 a	1.96 ± 0.01 c	1.46 ± 0.02 e	2.42 ± 0.02 c
1	17.23 ± 0.32 e	121.32 ± 0.02 g	97.65 ± 1.62 d	239.72 ± 3.84 f	0.36 ± 0.01 a	2.22 ± 0.02 bc	1.68 ± 0.04 d	2.82 ± 0.09 b
2	20.19 ± 0.26 d	132.75 ± 2.47 f	102.31 ± 1.85 cd	290.85 ± 1.20 d	0.39 ± 0.05 a	2.35 ± 0.21 abc	1.85 ± 0.02 bc	2.95 ± 0.07 b
3	20.55 ± 0.14 d	139.19 ± 0.26 ef	106.82 ± 1.15 c	342.16 ± 1.64 c	0.40 ± 0.14 a	2.42 ± 0.02 abc	1.77 ± 0.01 cd	3.01 ± 0.14 ab
4	23.17 ± 0.24 c	143.63 ± 2.30 de	117.47 ± 1.66 b	345.14 ± 3.02 c	0.41 ± 0.14 a	2.47 ± 0.24 ab	1.91 ± 0.07 bc	3.01 ± 0.14 ab
5	29.13 ± 0.18 b	147.27 ± 1.79 d	119.51 ± 2.13 b	362.67 ± 2.36 b	0.44 ± 0.05 a	2.42 ± 0.02 abc	1.89 ± 0.05 bc	3.14 ± 0.19 ab
6	29.35 ± 0.14 b	169.45 ± 2.05 c	121.29 ± 1.82 b	373.15 ± 3.04 b	0.44 ± 0.14 a	2.51 ± 0.05 ab	1.94 ± 0.02 b	3.15 ± 0.08 ab
7	35.66 ± 0.05 a	264.93 ± 0.09 a	133.85 ± 1.20 a	392.55 ± 3.46 a	0.46 ± 0.05 a	2.72 ± 0.02 a	2.13 ± 0.04 a	3.39 ± 0.12 a

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

artış gerçekleştirmiş ve en yüksek değere 7. günün sonunda ulaşılmıştır. 7 günlük çimlendirme prosesi sonunda çimlendirilmiş darıda Ca miktarı yaklaşık %110 artış göstermiştir.

Ca insan vücudunda en çok bulunan mineraldir. P ile beraber kemik ve dişlerin gelişiminde, kas ve sinir sisteminin çalışmasında, kanın pıhtılaşmasında, kalbin düzenli çalışmasında önemli rol oynar. Ayrıca kanser ve kalp hastalıkları riskini azalttığı bilinmektedir. Ca bakımından zengin gıdalar; süt ve süt ürünleri, yeşil yapraklı sebzeler, yumurta, fındık, fıstık, badem, incir gibi besinlerdir (Ünsün, 2003; Baysal, 2010; Applegate, 2011; Anonim, 2017).

Çimlendirilmiş darı örneklerinin K miktarı 192.51 mg/100g ile 264.93 mg/100g arasında değişim göstermiştir. Çimlendirmenin başlangıcı (0. gün) ile karşılaştırıldığında, çimlendirmenin 1. ve 6. günleri arasında darı örneklerinin K miktarlarında önemli ($p < 0.05$) bir düşüş gerçekleşmiş, sadece 7 günlük çimlenme sonunda elde edilen K miktarı, çimlenmenin başlangıcına göre artış göstermiştir.

K süt ürünleri, et, balık, kümes hayvanları ve baklagillerde bulunan bir mineral maddedir. Vücutta sıvı dengesinin korunması, kas kasılması, sinir sinyallerinin iletilmesi gibi işlevlerinin yanında sodyumun olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı olarak yüksek tansiyonun önlenmesinde etkilidir (Anonim, 2023a).

Darı örneklerinin Mg miktarı 7 günlük çimlendirme sürecinde 100.71 mg/100'dan 133.85 mg/100' a yükselmiştir. Çimlendirmenin ilk 2 gününde darının Mg miktarında istatistiki olarak önemli bir değişim olmamış, ancak çimlenmenin 3. gününden itibaren Mg miktarı istatistiki olarak artış göstermiş ve en yüksek Mg miktarına 7. günde ulaşılmıştır.

Mg, insan vücudunda gerçekleşen metabolik olayların yaklaşık %80'inde yer alan temel mineral maddedir. Enerji üretimi, protein sentezi, Ca, Na ve K dengesinin korunmasına yardımcı olur. Vücutta kas, sinir sistemi, kalp sağlığı, bağışıklık sistemi, uyku kalitesinin iyileştirilmesinde etkili olmasından dolayı oldukça önemli bir mineraldir. En iyi besinsel kaynakları tam tahıllı ürünler, baklagiller, sert kabuklu meyveler ve yeşil yapraklı sebzelerdir (Baysal, 2013; Özata, 2022). Son yıllarda Mg takviyelerine olan ilgi giderek artış göstermektedir. Çimlenme ile darının Mg miktarında meydana gelen bu artış, fonksiyonel gıda endüstrisine katkı sağlaması açısından önemli bulunmuştur.

Çimlendirilmiş darının P miktarı 275.31 mg/100g ile 392.55 mg/100g arasında değişim göstermiştir. Çimlendirme ile darı örneklerinin P miktarında artış belirlenmiştir.

En yüksek P miktarına 7. günün sonunda ulaşılmış ve çimlendirmenin başlangıcı ile karşılaştırıldığında bu artış %42.58 olarak gerçekleşmiştir.

P; diş ve kemik sağlığının korunması, kas ağrılarının azalmasını, böbreklerden toksik madde atımı, doku ve hücrelerin gelişmesini, enerji üretimi ve depolanmasını sağlayan mineraldir. Deniz ürünleri, süt ve süt ürünleri, mercimek, bezelye P bakımından zengin besinlerdir (Anonymous, 2023).

Darının çimlendirilmesiyle Cu miktarında istatistiksel olarak önemli bir değişim olmazken sayısal olarak hafif bir artış gerçekleşmiştir Çimlendirmenin başlangıcında 0.37 mg/100g olan Cu miktarı 7. günün sonunda 0.46 mg/100g olarak bulunmuştur.

Cu bağışıklık sisteminin korunması, antikor üretimi, hücre içi antioksidan dengesinin sürdürülmesini sağlayan mineraldir. Cilt hücrelerinin kolajen sentezlemesine ve demirin emilimine yardımcı olur. Kabuklu deniz ürünleri, kepekli tahıllar, fasulye, fındık, patates gibi besinler iyi Cu kaynağıdır (Gombart ve ark., 2020; Anonim, 2023c).

Çimlendirilmiş darı örneklerinin 7 günlük çimlendirilmesi esnasında Fe miktarı 1.96 mg/100g ile 2.72 mg/100g arasında değişmiştir. Çimlenme ile birlikte Fe miktarında sayısal bir artış gerçekleşse de sadece çimlenmenin 4., 6. ve 7. günlerinde elde edilen Fe değerleri çimlenmenin başlangıcında belirlenen Fe değerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek bulunmuştur. 7 günlük çimlenme darının Fe miktarında %38.77'lik artışa neden olmuştur.

Fe, doku ve organlara oksijen taşıyan hemoglobin ve kas dokusunda bulunur ve oksijeni bağlayarak kasların güçlenmesine yardımcı olmaktadır. Zihinsel ve bedensel gelişim üzerinde etkilidir. Bağışıklık sistemini destekler ve sağlıklı hücrelerin korunmasını sağlar. Kırmızı et, karaciğer, deniz ürünleri, ıspanak, brokoli, nohut, mercimek, fasulye, kinoa gibi besinler önemli Fe kaynağıdır (Ünsün, 2003; Anonim, 2023b).

Çimlendirilmiş darı örneklerinin Mn miktarı 7 günlük süreçte 1.46 mg/100g'dan 2.13 mg/100g'a yükselmiştir. Çimlenmenin ilk 2 gününde Mn miktarı önemli düzeyde artarken 3. ve 6. gün arasındaki artış önemli bulunmamıştır. Çimlendirme sonunda darının Mn miktarı önemli ($p<0.05$) derecede artış göstermiştir. 7 günlük çimlendirme ile bu artış %45.8 kata ulaşmıştır.

Mn, insan vücudunda küçük miktarlarda ihtiyaç duyulmasına rağmen hayati öneme sahip olan eser mineral çeşididir. Amino asitler, kolesterol, glikoz ve karbonhidrat metabolizmasına yardımcı olur, kemik sağlığını destekler, kan şekerini

düşür ve yaraların iyileşmesine katkı sağlar. Barbunya, ceviz, kuru üzüm, ıspanak, tatlı patates gibi gıdalarda bulunur (Anonim, 2014).

Darı örneklerinin 7 günlük çimlendirme sürecinde Zn miktarı 2.42 mg/100g'dan 3.39 mg/100'a yükselmiştir. Çimlenmenin 1. ve 6. günleri arasında belirlenen Zn değerleri istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Çimlenmenin 7. gününde elde edilen en yüksek Zn değeri, çimlenme başlangıcının yaklaşık %40.08 katıdır.

Zn, yaraların iyileşmesi, hormonların depolanması ve salınımı, hafıza, görme, tat alma, büyüme ve gelişme metabolik olaylarına katılması sebebiyle vücut için çok önemlidir. Kırmızı et, kabuklu deniz ürünleri, baklagiller, yulaf, kinoa, fındık gibi ürünler Zn bakımından zengindir (Ülger ve Coşkun, 2003; Belgemen ve Akar, 2004).

Darı tanelerinde bulunan fitat ve okzalit gibi antibesinsel maddeler minerallerin biyoyararlılığı üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Çimlendirme işlemi fitaz aktivitesini artırarak fitatı inositol ve serbest ortofosfata hidrolize ederek mineralleri açığa çıkarır. Bu durum minerallerin biyoyararlılığını ve kullanılabilirliğini geliştirir (Wheeler ve Ferrel 1971; Lestienne ve ark, 2005). Çimlendirme işlemi uygulanan darıların Mg, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn ve P miktarlarında 7. günün sonunda çimlendirmenin başlangıcına göre sırasıyla %32.90, 37.61, 110.88, 45.89, 38.77, 24.32, 40.08 ve 42.58'lik artış olduğu belirlenmiştir.

Suma ve Urooj (2014) iki farklı inci darı türünü 72 saat boyunca çimlendirdikten sonra Fe ve Ca miktarını belirlemişlerdir. Çimlendirme işlemi ile birlikte darıların Fe miktarlarının sırasıyla 5.0 mg/100g'dan 8.9 mg/100'a ve 6.4 mg/100g'dan 6.5 mg/100'a arttığını, Ca miktarının ise 41.3 mg/100g'dan 49.1 mg/100g'a ve 40.0 mg/100g'dan 48.8 mg/100g'a arttığını belirlemişlerdir. İnci darının mineral madde içeriğindeki artışın sebebinin çimlendirme işlemiyle beraber tane yapısında bulunan antibesinsel maddelerin azalarak mineral maddelerin kullanılabilirliğinin artmasına bağlamışlardır.

Kumar ve ark. (2021) parmak darıyı 4 gün boyunca çimlendirmişler ve Ca, P, K, Mg, Mn, Fe, Zn ve Cu miktarındaki değişimi belirlemişlerdir. 4 günün sonunda Ca, Mg ve Mn miktarında artış; P, K, Fe, Zn ve Cu miktarında azalış olduğunu tespit etmişlerdir. Çimlendirme sırasında kök oluşumu için P mineraline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumun parmak darının P miktarını düşürmüş olabileceğini belirtmişlerdir. K miktarında ki azalışın sebebinin çimlendirme hazırlık aşamasında suda bekletme işleminde K'nın çözünerek suya geçmesinden kaynaklı olabileceğini bildirmişlerdir.

Sharma ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada japon darıyı 46.5 saat çimlendirmiş ve Ca, Mg, Fe ve Na minerallerinin miktarını tespit etmişlerdir. Bu minerallerin çimlendirme işlemi ile beraber sırasıyla 21.66 mg/kg, 38.18 mg/kg, 37.68 mg/kg ve 22.09 mg/kg'dan 23.42 mg/kg, 42.62 mg/kg, 39.42 mg/kg ve 33.71 mg/kg'a önemli düzeyde ($p<0.05$) arttığını rapor etmişlerdir

4.2. Çimlendirilmiş Darı Unu İlaveli Eriştelerin Analiz Sonuçları

4.2.1. Renk

Çimlendirilmiş ve farklı ön işlemler uygulanarak hazırlanmış darı unu ilavesi ile hazırlanan erişte örneklerinin L^* renk değeri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait L^* renk değerleri¹

Oran (%)	İşlem uygulanmamış	Nemli ısıl işlem uygulanmış	Transglutaminaz	Nemli ısıl işlem uygulanmış + transglutaminaz
0	65.76 ± 0.16 Aa	65.16 ± 0.28 Aa	64.37 ± 0.24 Ab	64.25 ± 0.24 Ab
5	64.20 ± 0.29 Ba	55.22 ± 0.32 Bd	59.32 ± 0.14 Bb	57.63 ± 0.09 Bc
10	60.70 ± 0.29 Ca	54.25 ± 0.18 Cc	58.65 ± 0.21 Cb	53.32 ± 0.25 Cd
15	58.72 ± 0.14 Da	53.68 ± 0.32 Dc	56.92 ± 0.03 Db	52.41 ± 0.14 Dd
20	57.01 ± 0.01 Ea	53.28 ± 0.15 Ec	55.37 ± 0.29 Eb	52.27 ± 0.24 Dd

¹Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). L^* : parlaklık renk değeri

Sonuçlar çimlendirilmiş darı unu oranı açısından değerlendirildiğinde; işlem uygulanmamış grupta, artan çimlendirilmiş darı unu oranı ile birlikte erişte­lerin L^* değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde nemli ısıl işlem uygulanmış erişte­ler ve transglutaminaz ilave edilmiş erişte­lerde de artan çimlenmiş darı unu ilavesi ile L^* değeri düşüş göstermiş ve en düşük değerlere %20 çimlendirilmiş darı unu kullanımında ulaşılmıştır. Nemli ısıl işlem uygulanmış ve transglutaminaz ilavesinin birlikte yapıldığı grupta ise, çimlendirilmiş darı unu kullanımı yine erişte­lerin L^* değerini düşürmüş ve en düşük değerlere ise %15-20 çimlendirilmiş darı unu oranında ulaşılmıştır. Çimlenme ile artan enzim aktivitesine bağlı olarak serbest şeker ve amino asit miktarında artış gerçekleşmektedir (Kumar ve ark., 2020). Bu durum çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde Maillard reaksiyonunu teşvik etmekte ve rengin kararmasında ve L^* değerinin düşmesinde etkili olabilmektedir. Bunun yanı sıra, Liu ve ark. (2018) L^*

değerindeki azalmaya, çimlenme ile artan kül miktarının ve değişen zedelenmiş nişasta miktarının da neden olabileceğini belirlemişlerdir.

Sonuçlar uygulanan işlem çeşidi açısından değerlendirildiğinde; çimlendirilmiş darı ununun kullanılmadığı (%0) örneklerde, transglutaminazın tek başına ya da nemli ısı işlem uygulaması ile birlikte kullanıldığı erişelerin L^* değerinin işlem uygulanmamış örnekten düşük olduğu belirlenmiştir. %5 çimlendirilmiş darı unu kullanılan erişte örneklerinde nemli ısı işlem uygulaması ve transglutaminaz ilavesinin tek başına ya da kombinasyon halinde kullanılması erişelerin L^* değerini düşürmüş, tek başına nemli ısı işlem uygulaması ise en düşük L^* değerinin elde edilmesine neden olmuştur. %10, %15 ve %20 çimlenmiş darı unu ilaveli örneklerde ise hem nemli ısı işlem uygulaması hem de transglutaminaz ilavesi erişte örneklerinin L^* değerini işlem uygulanmamış örneklere göre önemli ($p<0.05$) derecede düşürmüş, en düşük değerler ise nemli ısı işlem uygulaması + transglutaminaz kombinasyonunda elde edilmiştir.

Nemli ısı işlem esnasında indirgen şeker ile amino asitler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu, nemli ısı işlem uygulanmış erişelerin L^* değerinde azalmaya neden olmuş olabilir.

Erişte örneklerine ait a^* renk değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. İşlem uygulanmamış erişte örneklerinde a^* değeri çimlendirilmiş darı unu ilave oranı arttıkça düşmüştür. Nemli ısı işlem uygulaması, transglutaminaz ve nemli ısı işlem uygulaması+transglutaminaz uygulanmış örneklerde çimlendirilmiş darı ununun en düşük kullanım oranı bile a^* değerini düşürmüştür. Nemli ısı işlem uygulanmış örneklerde %15-20, sadece transglutaminaz ilave edilmiş ve nemli ısı işlem uygulanmış+transglutaminaz uygulanmış örneklerde %20 çimlendirilmiş darı unu ilavesi en düşük a^* değerlerine ulaşılmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.7.Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait a^* renk değerleri¹

Oran (%)	İşlem uygulanmamış	Nemli ısı işlem uygulanmış	Transglutaminaz	Nemli ısı işlem uygulanmış + transglutaminaz
0	2.61 ± 0.04 Aa	2.61 ± 0.11 Aa	1.84 ± 0.07 Ab	1.84 ± 0.07 Ab
5	0.93 ± 0.01 Bc	1.51 ± 0.04 Ba	1.14 ± 0.10 Bb	1.48 ± 0.06 Ba
10	0.50 ± 0.01 Cc	1.39 ± 0.04 Ba	1.12 ± 0.05 Bb	1.48 ± 0.10 Ba
15	0.28 ± 0.02 Dd	1.18 ± 0.10 Cb	0.75 ± 0.04 Cc	1.38 ± 0.07 Ca
20	-0.55 ± 0.05 Ec	1.05 ± 0.20 Ca	0.38 ± 0.02 Db	1.14 ± 0.02 Da

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). a^* : kırmızı-yeşil renk değeri.

Eriřtelerin a^* değerleri uygulanan işlem çeşidi açısından karşılaştırıldığında; çimlendirilmiş darı ununun kullanılmadığı (%0) erişte örneklerinde, transglutaminaz ilavesinin a^* değerini dūřurdūęı görülmektedir. Nemli ısııl işlem uygulaması sadece erişte formülasyonunda kullanılan çimlendirilmiş darı ununa uygulanmaktadır. %0 ilave oranında hiç çimlendirilmiş darı unu kullanılmadığından, bu örnekler formülasyon olarak kontrole eşdeğer örneklerdir ve genel olarak da renk değerleri kontrole aynı grupta çıkmaktadır. %5, 10, 15 ve 20 çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde hem nemli ısııl işlem uygulaması hem de transglutaminaz ilavesi a^* değerini işlem uygulanmamış örneklerle göre yükseltmiştir. %5, 10 ve 20 çimlendirilmiş darı unu ilave oranlarında nemli ısııl işlem uygulanmış ve nemli ısııl işlem uygulanmış+transglutaminaz uygulanmış örnekler aynı grupta yer alıp en yüksek a^* değerine sahipken, %15 imlendiriliř darı unu ilaveli örneklerde en yüksek a^* değeri nemli ısııl işlem uygulanmış+transglutaminaz kombinasyonunda elde edilmiştir. Nemli ısııl işlem uygulanmış eriştelerin işlemsiz eriştelerden daha yüksek a^* değerine sahip olması, nemli ısııl işlem sırasında proteinlerin amino grubu ve nişastanın indirgen şekerleri arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonunun renge daha fazla etki etmesinden kaynaklı olabileceği dūřnlmektedir (Lorlowhakarn ve Naivikul, 2006; Chung ve ark., 2012; Liu ve ark., 2018). Transglutaminaz ilaveli eriştelerde ise çapraz baę oluşturma ve Maillard reaksiyonuna katılma eğilimi fazla olan aminoasitlerin bağlanarak Maillard reaksiyonuna katılamamasından dolayı a^* değerinde azalmaya sebep olmuş olabilir (Kuraishi ve ark., 2001).

Eriřte rneklerinin b^* değerleri izelge 4.8'de gösterilmiştir. İşlem uygulanmamış, nemli ısııl işlem uygulanmış, transglutaminaz ve nemli ısııl işlem uygulanmış+transglutaminaz uygulamaları ile üretilen erişte örneklerinin b^* değerleri sırasıyla 27.92-36.65, 22.89-36.45, 26.42-36.30 ve 23.46-36.33 arasında değişim göstermiştir. İşlem uygulanmamış ve farklı işlemler uygulanmış tüm gruplarda çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile b^* değeri dūřmřtr. İşlem uygulanmamış ve transglutaminaz ilave edilmiş örneklerde %15-20 çimlendirilmiş darı unu oranlarında, nemli ısııl işlem uygulanmış ve nemli ısııl işlem uygulanmış+transglutaminaz kombinasyonunun kullanıldığı örneklerde %20 çimlendirilmiş darı unu oranında en dūřk b^* değerine ulaşılmıştır. Ham darı ununun b^* değerinin yüksek olmasına rağmen 4 gün çimlendirme sonucunda b^* değerinde önemli bir azalma gerçekleşmektedir. Bu durum eriştelere de yansıyarak, çimlendirilmiş darı unu kullanım oranına bağlı olarak b^* değerinde azalmaya neden olmuş olabilir.

Çizelge 4.8.Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait b^* renk değerleri¹

Oran (%)	İşlem uygulanmamış	Nemli ısıl işlem uygulanmış	Transglutaminaz	Nemli ısıl işlem uygulanmış + transglutaminaz
0	36.65 ± 0.06 Aa	36.45 ± 0.14 Aa	36.30 ± 0.07 Ab	36.33 ± 0.14 Ab
5	29.48 ± 0.10 Bb	27.50 ± 0.07 Bd	30.62 ± 0.18 Ba	27.66 ± 0.14 Bc
10	28.20 ± 0.12 Ca	25.96 ± 0.20 Cb	28.26 ± 0.27 Ca	25.09 ± 0.09 Cc
15	27.96 ± 0.10 Da	24.53 ± 0.08 Dc	26.42 ± 0.09 Db	24.51 ± 0.12 Dc
20	27.92 ± 0.17 Da	22.89 ± 0.06 Ed	26.45 ± 0.08 Db	23.46 ± 0.10 Ec

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$). b^* : sarı-mavi renk değeri.

Sonuçlar uygulanan işlem çeşidi açısından değerlendirildiğinde; %5, 10, 15 ve 20 çimlendirilmiş darı unu ilave oranlarında nemli ısıl işlem uygulanmasının tek başına ya da transglutaminaz ile kombinasyon halinde kullanımının, işlem uygulanmamış örneklerle göre b^* değerini düşürdüğü görülmektedir. Transglutaminaz tek başına kullanıldığında ise %5-10 darı unu oranları dışındaki tüm oranlarda b^* değerinde, işlem uygulanmamış örneklerle göre azalmaya neden olmuştur.

Chung ve ark. (2012) çimlendirilmiş kahverengi pirince nemli ısıl işlem uygulamış ve erişte üretmişlerdir. İşlem uygulanmamış pirinç unu, çimlendirilmiş pirinç unu ve çimlendirildikten sonra nemli ısıl işlem uygulanmış pirinç unu kullanılan eriştelerin L^* değerlerini sırasıyla 77.7, 75.9 ve 72.3 olarak belirlemişlerdir. Çimlendirildikten sonra nemli ısıl işlem uygulanması ile L^* değerinde gerçekleşen azalmanın Maillard reaksiyonundan kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir. Eriştelerin a^* ve b^* değerlerini sırasıyla; -0.5, 1.9 ve 1.8; 15.0, 17.8 ve 19.0 olarak bulmuşlardır. Çimlendirme işleminin eriştelerin renginde kararmaya neden olduğunu ve bu durumun Maillard reaksiyonunun yanı sıra polifenol oksidaz ve peroksidaz gibi doğal oksidatif enzimlerin aktivitesinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Liu ve ark. (2019) çimlendirilmiş buğday unu ve çimlendirildikten sonra nemli ısıl işlem uygulanmış buğday ununu %10 ve %20 oranlarında erişte üretiminde kullanmışlardır. Kontrol eriştelerinin (%100 buğday unu) L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla; 84.0, 1.0 ve 18.0 olarak belirlemişlerdir. %10 ve 20 oranında çimlendirilmiş buğday unu içeren eriştelerin L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla 81.0 ve 80.0; 1.2 ve 1.1; 18.3 ve 18.5 olarak bulmuşlardır. Çimlendirildikten sonra nemli ısıl işlem uygulanan buğday ununun %10 ve 20 oranlarında kullanıldığı eriştelerde L^* , a^* , ve b^* değerlerini sırasıyla 81.5 ve 81.7; 1.7 ve 1.7; 19.8 ve 19.7 olarak belirlemişlerdir. Çimlendirmenin ve nemli ısıl işlem uygulamasının eriştelerin rengi üzerinde etkiye sahip olduğunu

vurgulamışlar ve nemli ısı işlem sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonunun bu renk değişikliğine katkıda bulunmuş olabileceğini belirtmişlerdir.

Yaver ve Bilgiçli (2020) maş fasulyesi kullanarak ürettikleri eriştelere transglutaminaz ilave etmişlerdir. Transglutaminaz ilave edilmesiyle eriştelerin L^* değerinin 62.78'den 61.86'ya sayısal olarak düştüğünü fakat istatistiksel olarak fark bulunamadığını ($p>0.05$), a^* değerlerinin 2.85'ten 2.66'ya önemli ($p<0.05$) düzeyde düştüğünü, b^* değerinin ise 22.95'ten 23.10'a yükseldiğini ($p>0.05$) belirlemişlerdir.

4.2.2. Ağırlık artışı

Çimlendirilmiş ve farklı ön işlemler uygulanarak hazırlanmış darı unu ilavesi ile üretilen erişte örneklerinin ağırlık artışı değeri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Sonuçlar çimlendirilmiş darı unu oranı açısından değerlendirildiğinde; işlem uygulanmamış grupta; artan çimlendirilmiş darı unu oranı ile birlikte eriştelerin ağırlık artışı değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Nemli ısı işlem uygulanmış eriştelerde ise, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, %15-20 çimlendirilmiş darı unu ilavelilerde ağırlık artışı değerinde azalma gerçekleşmiştir. Transglutaminaz ilave edilmiş eriştelerde en yüksek ağırlık artışı %5 çimlenmiş darı unu kullanımında elde edilirken, en düşük değerler %15-20 oranlarında elde edilmiştir. Nemli ısı işlem uygulaması ve transglutaminaz ilavesinin birlikte yapıldığı grupta ise, çimlendirilmiş darı ununun tüm kullanım oranlarında ağırlık artışı değerleri düşüş göstermiş ve en düşük değerler %15-20 oranlarında elde edilmiştir.

Sonuçlar uygulanan işlem çeşidi açısından değerlendirildiğinde; çimlendirilmiş darı ununun kullanılmadığı (%0) örneklerde, transglutaminaz ilavesinin tek başına ya da nemli ısı işlem uygulaması ile birlikte yapıldığı eriştelerin ağırlık artışı değeri işlem uygulanmamış örnekten düşük bulunmuştur. %5 ve 10 çimlendirilmiş darı unu kullanılan erişte örneklerinde nemli ısı işlem uygulaması ve transglutaminaz ilavesinin tek başına ya da kombinasyon halinde kullanılması eriştelerin ağırlık artışı değerini düşürmüş, kombinasyon halinde kullanım ise en düşük ağırlık artışı değerinin elde edilmesine neden olmuştur. %15 ve %20 çimlenmiş darı unu ilaveli örneklerde ise transglutaminaz ilavesi tek başına ya da nemli ısı işlem ile kombinasyon halinde kullanıldığında ağırlık artışı değerinin düşmesine neden olmuştur.

Çizelge 4.9. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait ağırlık artışı (%) değerleri¹

Oran (%)	İşlem uygulanmamış	Nemli ısıl işlem uygulanmış	Transglutaminaz	Nemli ısıl işlem uygulanmış + transglutaminaz
0	125.64 ± 1.13 Aa	123.87 ± 1.40 Aa	118.32 ± 1.87 Bb	117.89 ± 1.97 Ab
5	124.46 ± 0.89 Ba	121.93 ± 1.57 ABb	121.18 ± 0.61 Ab	112.03 ± 1.08 Bc
10	119.89 ± 1.14 Ca	118.39 ± 1.57 ABCb	117.44 ± 1.59 Bb	110.11 ± 1.03 Bc
15	116.99 ± 1.54 Da	116.44 ± 1.86 BCa	112.16 ± 1.56 Cb	107.49 ± 0.93 Cc
20	115.35 ± 0.98 Ea	114.17 ± 0.91 Ca	110.44 ± 1.12 Cb	105.58 ± 1.89 Cc

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

4.2.3. Suya geçen madde miktarı

Çimlendirilmiş ve farklı ön işlemler uygulanmış darı unu kullanılarak hazırlanan eriştelerin suya geçen madde miktarı değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Sonuçlar darı unu ilave oranı bakımından karşılaştırıldığında; işlem uygulanmayan, nemli ısıl işlem uygulanmış, transglutaminaz ilaveli ve nemli ısıl işlem uygulanmış+transglutaminaz ilaveli eriştelerin suya geçen madde miktarları sırasıyla, %3.75-13.57, %3.46-6.49, %3.45-11.81 ve %3.27-6.51 arasında değiştiği görülmektedir. İşlem uygulanmamış ve transglutaminaz ilaveli eriştelerin suya geçen madde miktarları ilave oranının artmasıyla sürekli olarak artmıştır ve en yüksek değerlere %20 çimlendirilmiş darı unu kullanımında ulaşılmıştır. Nemli ısıl işlem uygulanmış örneklerde %5, nemli ısıl işlem uygulanmış+transglutaminaz ilaveli örneklerde ise %10 çimlendirilmiş darı unu ilave oranlarının üzerinde suya geçen madde miktarları artış göstermiştir. Erişte örneklerinde çimlendirilmiş darı unu oranının artmasıyla beraber formülasyondaki gluten miktarı azalmakta ve dolayısıyla protein matriksi zayıflayarak suya geçen madde miktarını arttırmaktadır (Izydorczyk ve ark., 2005).

Çizelge 4.10. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait suya geçen madde miktarı (%) değerleri¹

Oran (%)	İşlem uygulanmamış	Nemli ısıl işlem uygulanmış	Transglutaminaz	Nemli ısıl işlem uygulanmış + transglutaminaz
0	3.75 ± 0.21 Ea	3.67 ± 0.31 Da	3.45 ± 0.14 Ea	3.27 ± 0.13 Ca
5	7.70 ± 0.28 Da	3.46 ± 0.16 Dc	6.99 ± 0.25 Db	3.52 ± 0.16 Cc
10	9.08 ± 0.03 Ca	4.56 ± 0.21 Cc	7.52 ± 0.28 Cb	4.59 ± 0.20 BCc
15	10.34 ± 0.08 Ba	5.04 ± 0.14 Bb	10.21 ± 0.16 Ba	5.16 ± 0.14 ABb
20	13.57 ± 0.24 Aa	6.49 ± 0.11 Ac	11.81 ± 0.23 Ab	6.51 ± 1.16 Ac

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Suya geçen madde miktarı sonuçları uygulanan işlem çeşidi açısından değerlendirildiğinde; çimlendirilmiş darı unu ilave edilmeyen (%0) örneklerde, tüm işlem çeşitlerinde eriştelerin suya geçen madde miktarlarında önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir. %5, 10, 15 ve 20 çimlendirilmiş darı unu oranlarında nemli ısı işlem uygulamasının tek başına ya da transglutaminaz ile kombinasyon halinde kullanılması suya geçen madde miktarını hem işlem uygulanmamış hem de sadece transglutaminaz ilave edilmiş örneklere göre düşürmüştür. Transglutaminaz tek başına, çimlendirilmiş darı unu (%5, 10 ve 20) içeren eriştelerde kullanıldığında, işlem görmemiş eriştelerle göre suya geçen madde miktarında azalma sağlamıştır.

Darı ununun güçsüz protein yapısına sahip olması ve çimlendirme işleminin uygulanması erişte yapısının zayıflayarak pişme sırasında kuru maddelerin suya geçmesine sebep olabilmektedir (Izydorczyk ve ark., 2005). Transglutaminaz ilaveli eriştelerin işlemsiz eriştelerden daha düşük suya geçen madde miktarına sahip olmasının sebebi transglutaminaz tarafından katalize edilen kovalent çapraz bağların eriştelerin yapısal bütünlüğünü güçlendirmesi ve buna bağlı olarak pişirme sırasında suya geçen katı madde miktarının azalmasına yardımcı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Kim ve ark., 2014).

Türk Gıda Kodeksi'ne göre eriştelerde suya geçen madde miktarı %10'un altında olmalıdır. İşlem uygulanmamış ve transglutaminaz ilaveli eriştelerin %0, 5, 10 oranında katkılı olanları bu koşulu sağlarken %15 ve 20 katkılı erişteler sağlamamaktadır. Nemli ısı işlem uygulanmış ve nemli ısı işlem uygulanmış+transglutaminaz ilaveli eriştelerde bütün oranların bu koşulu sağladığı görülmektedir.

Yalcin ve Basman (2007) mısır eriştelerine transglutaminaz ilavesinin erişte kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonunda, suya geçen madde miktarı %21.8 olan eriştelerle transglutaminaz ilavesi ile %20.6'ya önemli düzeyde düştüğünü belirlemişlerdir. Bu durumu transglutaminaz tarafından katalize edilen çapraz kovalent bağların oluşması ve pişirme sırasında katı kaybı miktarının azalmasından dolayı olabileceğini vurgulamışlardır.

Chandla ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada amarant nişastasına nemli ısı işlem uyguladıktan sonra erişte de kullanmışlardır. İşlemsiz amarant unu ve nemli ısı işlem uygulanmış amarant ununun kullanıldığı eriştelerin suya geçen madde miktarını karşılaştırdıklarında; işlemsiz amarant unu kullanılan eriştelerde %22.2, nemli ısı işlem uygulanmış amarant unu kullanılan eriştelerde %20.15 olarak belirlemişlerdir.

4.2.4. Sıklık

Erişte örneklerinin sıklık değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. İşlem uygulanmamış ve transglutaminaz ilave edilmiş erişte örneklerinde, artan çimlendirilmiş darı unu oranı ile birlikte sıklık değeri de azalmıştır. Nemli ısıl işlemin tek başına uygulandığı eriştelerde %15-20 çimlendirilmiş darı oranında kontrole göre sıklıkta azalma gerçekleşirken, nemli ısıl işlem uygulanmış+transglutaminaz kombinasyonunda %10 ve üzerinde çimlendirilmiş darı unu kullanımı sıklığın düşmesine neden olmuştur. İşlem uygulanmamış ve diğer işlemlerin uygulandığı erişte örneklerinde çimlendirilmiş darı unu ilavesiyle sıklığın azalmasının sebebi darı ununun glutensiz olması ve formülasyondaki darı unu oranının artmasıyla gluten miktarının oransal olarak azalması ve gluten yapısının zayıflamasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde Seol ve Sim (2017) çimlendirilmiş darı ununu erişte üretiminde kullandığı çalışmada, çimlendirilmiş darı ununun eriştelerin sıklığını olumsuz etkilediğini ve bunun darı ununun glutensiz olması ve çimlendirme sırasında darı unun protein yapısının zarar görmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Sonuçlar uygulanan işlem çeşidi açısından değerlendirildiğinde; çimlendirilmiş darı unu ilavesiz örneklerde transglutaminazın sıklık artışında etkili olduğu görülmektedir. %5-20 arasında çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise nemli ısıl işlem uygulamasının tek başına olduğu ve transglutaminaz ile kombinasyon halinde kullanıldığı örneklerin sıklığı hem işlem uygulanmayan hem de sadece transglutaminaz ilave edilen örnekten yüksek bulunmuştur. Transglutaminaz ilaveli eriştelerde sıklığın işlemsiz eriştelerden yüksek olmasının sebebi; transglutaminaz enziminin polipeptit ağ oluşumunu sağlaması ve bu sayede çapraz bağlanma agregasyonu oluşturarak sıklığı arttırmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Gujral ve Rosell, 2004). Nemli ısıl işlem uygulaması ve transglutaminaz enzimi eriştelerin fizikokimyasal yapısını geliştirmek amacıyla uygulanmıştır. Bu eriştelerin sıklık değerinin sadece çimlendirilmiş darı unu kullanılan eriştelere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Collado ve ark. (2001) nemli ısıl işleme maruz kalmış nişastanın, pişmiş eriştenin soğutulması sırasında kolaylıkla retrogradasyona uğradığını ve böylece eriştenin kalitesini arttırdığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.11. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait sıklık (g) değerleri¹

Oran (%)	İşlem uygulanmamış	Nemli ısıt işlem uygulanmış	Transglutaminaz	Nemli ısıt işlem uygulanmış + transglutaminaz
0	2798.32 ± 63.33Ab	2782.32 ± 28.74 Ab	2850.39 ± 27.42 Aa	2869.39 ± 26.01 Aa
5	2458.00 ± 53.74 Bc	2796.78 ± 18.07 Aa	2645.11 ± 7.23 Bb	2841.20 ± 14.42 Aa
10	2305.86 ± 34.13 Cc	2760.43 ± 6.46 Aa	2531.78 ± 16.66 Cb	2770.62 ± 15.02 Ba
15	2077.67 ± 32.06 Dc	2556.61 ± 21.76 Ba	2183.13 ± 25.64 Db	2640.30 ± 15.13 Ca
20	1939.16 ± 15.33 Ec	2210.80 ± 20.08 Ca	2060.76 ± 15.22 Eb	2207.12 ± 13.97 Da

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Chung ve ark. (2012) çimlendirilmiş ve nemli ısıl işlem uygulanmış pirinci eriştede kullandıkları çalışmada, kontrol eriştelerinin sıklık değerini 605 g olarak belirlemişlerdir. Formülasyona çimlendirilmiş pirinç ilave ettiklerinde sıklığın 349 g'a düştüğünü, çimlendirildikten sonra nemli ısıl işlem uygulanmış pirincin kullanıldığı eriştelerde ise 472 g olarak bulunduğunu rapor etmişlerdir. Çimlendirilmiş pirincin kullanıldığı eriştelerde protein miktarının azalmasından dolayı sıklığın azalmış olabileceğini bildirmişlerdir.

Weng ve ark. (2020) pirinç unu ve buğday unu kullanarak ürettikleri eriştelere farklı oranlarda transglutaminaz ilave ederek sıklık değerlerini karşılaştırmışlardır. Pişmiş eriştelerde transglutaminaz kullanılmayan örneklerin sıklığını 86 g bulurken %0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 transglutaminaz ilaveli örneklerin sıklık değerlerini sırasıyla 130, 160, 190 ve 190 g olarak bulmuşlardır. Proteinlerin transglutaminaz ile çapraz bağlandığını bunun sonucunda hamurun elastik ve viskoz davranışının artarak eriştenin sıklık özelliklerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

4.3. Ham ve Çimlendirilmiş Darı Unu İlaveli Eriştelerin Analiz Sonuçları

4.3.1. Renk

Ham ve çimlendirilmiş darı ununa nemli ısıl işlem uygulaması+transglutaminaz kombinasyonu uygulanarak erişte üretiminde kullanılmıştır. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerinin renk değerleri Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Eriştelere %5, 10 ve 15 oranlarında ham darı unu ilave edilmesi, ham darı unu ilave edilmeyen (%0) örneğe göre L^* değerlerini artırmış, en yüksek ham darı ilave oranında (%20) ise L^* değerinde hafif bir düşüş gerçekleşerek kontrole eşdeğer L^* değeri elde edilmiştir. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise erişte formülasyonunda artan oranda darı unu kullanımı L^* değerinin önemli derecede düşmesine neden olmuş ve en düşük değer %15 ve 20 çimlendirilmiş darı unu ilavesinde elde edilmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerin L^* renk değerleri kendi aralarında karşılaştırıldığında; tüm darı unu ilave oranları (%5, 10, 15 ve 20) için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile ham darı unu kullanımına göre L^* değerinin düştüğü görülmektedir.

Çizelge 4.12. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait renk değerleri

Oran (%)	<i>L*</i>		<i>a*</i>		<i>b*</i>	
	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş
0	65.01 ± 0.34 Ca	64.37 ± 0.24 Aa	1.81 ± 0.06 Aa	1.84 ± 0.07 Aa	35.89 ± 0.20 Aa	36.33 ± 0.14 Aa
5	67.08 ± 0.21 ABa	57.63 ± 0.09 Bb	-0.56 ± 0.08 Cb	1.48 ± 0.06 Ba	31.02 ± 0.14 Ba	27.66 ± 0.14 Bb
10	67.53 ± 0.42 Aa	53.32 ± 0.25 Cb	-0.39 ± 0.13 BCb	1.48 ± 0.10 Ba	30.28 ± 0.34 Ca	25.09 ± 0.09 Cb
15	66.58 ± 0.10 Ba	52.41 ± 0.14 Db	-0.12 ± 0.08 Bb	1.38 ± 0.07 Ca	29.92 ± 0.15 CDa	24.51 ± 0.12 Db
20	65.56 ± 0.15 Ca	52.27 ± 0.24 Db	-0.13 ± 0.09 Bb	1.14 ± 0.02 Da	29.54 ± 0.27 Da	23.46 ± 0.10 Eb

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). *L**: Parlaklık renk değeri, *a**: Kırmızı-yeşil renk değeri, *b**: Sarı-mavi renk değeri

Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde a^* değeri 1.81-(-0.13) ve 1.84-1.14 arasında değişmiştir. Ham darı unu ilaveli erişte örneklerinde en yüksek a^* değeri kontrol örnekte elde edilmiş, bunu %10, 15 ve 20 oranlarında ham darı unu ilaveli örnekler izlemiş ve en düşük a^* değeri %5 ham darı unu ilavesinde elde edilmiştir. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise artan oranda çimlendirilmiş darı unu kullanımı, eriştelerin a^* değerlerinin düşmesine neden olmuştur. En yüksek çimlendirilmiş darı unu kullanım oranı (%20) en düşük a^* değerinin elde edilmesine neden olmuştur. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örnekler kendi aralarında karşılaştırıldığında; tüm darı unu kullanım oranlarında (%5, 10, 15 ve 20) çimlenmiş darı unu ilaveli eriştelerin a^* değeri, ham darı unu ilaveli örneklerden yüksek bulunmuştur.

Ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanımı eriştelerin b^* değerlerinin düşürmüştür. Her iki grupta da en yüksek darı unu kullanım oranında (%20) en düşük b^* değerleri elde edilmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örnekler kendi aralarında karşılaştırıldığında; b^* değerinde olduğu gibi tüm darı unu kullanım oranlarında (%5, 10, 15 ve 20) çimlenmiş darı unu ilaveli eriştelerin b^* değeri, ham darı unu ilaveli örneklerden düşük bulunmuştur. Çimlendirmenin renk değerleri üzerine etkisi 4.2.1 başlığı altında detaylı olarak tartışılmıştır.

Gull ve ark. (2015) %10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında parmak darı ve inci darı unun makarnanın pişme kalitesi, renk ve tekstürüne etkilerini araştırmışlardır. Parmak darı unu kullanılan pişmemiş makarnaların renk değerlerini incelediklerinde; darı unu kullanımı ile L^* değerinin 71.75'ten 58.78'e düştüğünü, a^* değerinin 3.41'den 5.18'e arttığını ve b^* değerinin 13.64'den 12.55'e düştüğünü belirlemişlerdir. İnci darı unu kullanılan makarna örneklerinde ise L^* değerinin 76.52'den 70.92'ye, a^* değerinin 0.70'ten 0.07'ye ve b^* değerinin 15.40'dan 12.81'e düştüğünü tespit etmişlerdir.

Lee ve ark. (2012) Japon darı ununu %0, 10, 20 ve 30 oranlarında buğday unu ile karıştırarak erişte üretmişlerdir. Darı unu ilave oranının artmasıyla L^* değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Kontrol eriştelerin a^* değeri 0.92 iken %10, 20 ve 30 darı unu ilaveli eriştelerin a^* değerlerini sırasıyla -0.87, -0.83 ve -0.89 olarak bulmuşlardır. Eriştelerin b^* değerlerini ise %0, 10, 20 ve 30 ilave oranları için sırasıyla; 9.23, 8.93, 9.21 ve 9.19 olarak belirlemişlerdir.

4.3.2. Ağırlık artışı, suya geçen madde miktarı ve sıklık

Erişte örneklerine ait pişirme testi sonuçları ve sıklık değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Ham ve çimlendirilmiş darı ununa “nemli ısıtma işlem uygulaması+transglutaminaz kombinasyonu” uygulanarak erişte üretiminde kullanılmıştır. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerinin ağırlık artışı değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Eriştelere %20 oranında ham darı unu ilave edilmesi, ham darı unu ilave edilmeyen (%0) örneğe göre ağırlık artışı değerlerini artırmıştır. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise erişte formülasyonunda çimlendirilmiş darı unu kullanımı ağırlık artışı değerinin önemli derecede düşmesine neden olmuş ve en düşük değer %15 ve 20 çimlendirilmiş darı unu ilavesinde elde edilmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerin ağırlık artışı değerleri kendi aralarında karşılaştırıldığında; tüm darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile ham darı unu kullanımına göre ağırlık artışı değerinin düştüğü görülmektedir.

Ham darı unu ilaveli örneklerde en yüksek darı unu kullanım oranında (%20) eriştenin suya geçen madde miktarı artmıştır. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise %15 ve 20 ilave oranlarında suya geçen madde miktarında artış gerçekleşmiştir. Her iki gruba da nemli ısıtma işlem uygulaması+transglutaminaz uygulamasının yapılmış olması suya geçen madde miktarlarının yüksek darı unu ilave oranlarında sınırlı kalmasına neden olmuştur. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örnekleri kendi aralarında karşılaştırıldığında; %5, 10, 15 ve 20 oranlarında çimlendirilmiş darı unu kullanılan örneklerde suya geçen madde miktarının aynı oranda ham darı unu ilave edilen örneklerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Çimlendirme işlemi nişasta ve proteinlerin enzimatik parçalanması sonucu daha küçük ve çözünür bileşenlere ayrılmasını sağlamaktadır (Chung ve ark., 2012). Buna bağlı olarak çimlendirilmiş darı ununun eriştelerde kullanılması ile pişirme esnasında su moleküllerinin ürün yapısına hızlı şekilde geçmesini sağlayarak küçük ve çözünür bileşenlerin suya geçişini kolaylaştırdığı ve bu sebeple ham darı unu kullanımına kıyasla daha fazla suya geçen madde miktarı değerine sahip olduğu söylenebilir.

Ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanılan eriştelerin sıklık değerleri sırasıyla %5 ve %10 darı unu kullanımının üzerinde kontrollere göre azalış göstermiştir. Her iki grupta da en yüksek darı unu kullanım oranında (%20) en düşük sıklık değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneklerine ait pişirme testi ve sertlik değerleri¹

Oran (%)	Ağırlık artışı (%)		Suya geçen madde miktarı (%)		Sıklık (g)	
	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş
0	122.36 ± 1.27 Ba	117.89 ± 1.97 Ab	3.25 ± 0.07 Ba	3.27 ± 0.13 Ca	2794.45 ± 20.44 Aa	2869.39 ± 26.01 Aa
5	123.83 ± 0.24 ABa	112.03 ± 1.08 Bb	3.32 ± 0.17 Bb	3.52 ± 0.16 Ca	1141.79 ± 18.69 Bb	2841.20 ± 14.42 Aa
10	125.82 ± 0.25 ABa	110.11 ± 1.03 Bb	3.40 ± 0.28 Bb	4.59 ± 0.20 BCa	964.97 ± 19.84 Cb	2770.62 ± 15.02 Ba
15	126.19 ± 1.68 ABa	107.49 ± 0.93 Cb	3.44 ± 0.23 Bb	5.16 ± 0.14 ABa	927.01 ± 38.16 Cb	2640.30 ± 15.13 Ca
20	126.75 ± 0.35 Aa	105.58 ± 1.89 Cb	4.22 ± 0.11 Ab	6.51 ± 1.16 Aa	805.69 ± 41.45 Db	2207.12 ± 13.97 Da

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanılan eriştelerin sıklık değerinde düşüş olması, eriştelerin yapısında bulunan mevcut gluten miktarının azalarak gluten ağlarının zayıflaması ve buna bağlı olarak pişirme sırasında suya geçen madde miktarının artarak erişte sıklığını düşürmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Manthey ve ark., 2008)

Zhang ve ark. (2022) siyah kinoayı 3 gün boyunca çimlendirdikten sonra erişte üretiminde kullanmışlar ve ham kinoa kullanılan eriştelerin suya geçen madde miktarını %7.13 olarak belirlerken çimlendirilmiş kinoa kullanılanlarda %8.17 olarak bulmuşlardır.

Shukla ve Srivastava (2014) parmak darı ununu %30, 40 ve 50 oranlarında buğday unu ile karıştırarak erişte üretiminde kullanmışlar ve elde ettikleri erişteleri 10 ve 20 dakika boyunca pişirerek suya geçen madde miktarlarını belirlemişlerdir. %0, 30, 40 ve 50 parmak darı unu içeren erişteleri 10 dakika boyunca pişirdiklerinde suya geçen madde miktarlarını sırasıyla; %7.9, 16.0, 21.5 ve 26.8 olarak belirlemişlerdir. Aynı erişteler 20 dakika boyunca pişirildiğinde ise sırasıyla; %13.8, 20.2, 26.4, 29.1 oranında suya geçen madde miktarı tespit etmişlerdir.

Vijayakumar ve ark. (2010) darı unu, soya unu ve buğday unundan 3 farklı kompozit un karışımı (0-10-90, 10-10-80, 20-10-70) hazırlamışlar ve erişte üretiminde kullanmışlardır. Duyusal analiz değerlendirmesi sonucunda %0, 10 ve 20 darı unu içeren kompozit un katkılı eriştelerin sıklık değerinin sırasıyla 3.25, 3.0 ve 2.75 şeklinde değiştiğini belirlemişlerdir.

Jalgaonkar ve Jha (2016) inci darı unu (%0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100) kullanarak makarna üretmişlerdir. Makarnaların sertlik değerlerinin 20.81-7.48 N arasında değiştiğini belirlemişlerdir. İnci darı unu kullanılmayan (%0) makarna örneklerinin en yüksek sertlik değerine (20.81 N) sahip olduğunu, darı unu ilave oranının artmasıyla sertlik değerlerinin giderek azaldığını ve en düşük sertlik değerine %90 ve 100 oranında inci darı unu içeren makarnaların sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

4.3.3. Kül, protein, yağ ve fitik asit

Erişte örneklerine ait kül, protein, yağ ve fitik asit miktarları Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelere ait kül, protein, yağ ve fitik asit miktarları¹

Oran (%)	Kül (%)		Protein (%)		Yağ (%)		Fitik asit (mg/100g)	
	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş
0	1.26 ± 0.07 Da	1.28 ± 0.04 Ea	13.61 ± 0.01 ABa	13.64 ± 0.07 CDa	3.32 ± 0.11 Da	3.25 ± 0.10 Ba	153.16 ± 4.47 Ea	155.91 ± 8.36 Ea
5	1.37 ± 0.03 CDa	1.44 ± 0.06 Da	13.56 ± 0.07 Ba	13.61 ± 0.08 Da	3.88 ± 0.03 Ca	3.25 ± 0.07 Bb	189.65 ± 7.99 Da	168.28 ± 8.88 Db
10	1.49 ± 0.01 BCb	1.54 ± 0.01 Ca	13.61 ± 0.08 ABa	13.69 ± 0.06 Ca	4.11 ± 0.07 BCa	3.59 ± 0.06ABb	221.03 ± 8.53 Ca	185.42 ± 6.25 Cb
15	1.62 ± 0.07 ABa	1.69 ± 0.04 Ba	13.57 ± 0.03 ABa	13.78 ± 0.10 Ba	4.42 ± 0.04 ABa	4.02 ± 0.03 Ab	247.32 ± 14.6 Ba	219.74 ± 10.95 Bb
20	1.70 ± 0.08 Aa	1.80 ± 0.03 Aa	13.65 ± 0.07 Aa	13.84 ± 0.04 Aa	4.65 ± 0.07 Aa	4.21 ± 0.04 Ab	281.12 ± 12.9 Aa	237.15 ± 10.11 Ab

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Erişte formülasyonunda artan oranda ham ya da çimlendirilmiş darı unu kullanımı beklenildiği gibi kül miktarını artırmıştır. Ham darı unu ilaveli örneklerde %15-20 oranında, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde %20 oranında en yüksek kül değerlerine ulaşılmıştır. Erişte formülasyonunda kullanılan ham ve çimlendirilmiş darı unlarının kül miktarı buğday unun kül miktarından daha yüksek olması ve darı unlarının tam un formunda olmasından dolayı artan oranda darı unu kullanımının eriştelerin kül miktarını artırdığı düşünülmektedir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örnekler kendi aralarında karşılaştırıldığında, %10 ilave oranında çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin kül miktarının aynı oranda ham darı unu ilaveli örneklerin kül miktarından yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer kullanım oranlarında kül miktarı ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişteler için aynı grupta yer alsada sayısal olarak yine çimlendirilmiş darı unu ilaveli örnekler daha yüksek kül miktarı sergilemişlerdir. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerde kül miktarının sayısal olarak daha yüksek olmasının sebebi çimlendirilmiş darı ununun ham darı unundan daha yüksek kül miktarına sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Ranganna ve ark (2012) 5 farklı darı çeşidini %50 darı unu, %40 buğday unu ve %10 soya unu formülasyonuna göre şehriye üretiminde kullanmışlardır. Japon darı, tilkikuyruğu darı, kodo darı, küçük darı ve kum darı unları kullanılan şehriyelerin ve kontrol şehriyesinin kül miktarlarını sırasıyla; %2.05, 1.99, 1.71, 1.96, 1.98 ve 0.57 olarak belirlemişlerdir. Kontrol şehriyelerinin en düşük kül miktarına sahip olduğunu ve darı unlarının ilavesi ile kül miktarının arttığını belirtmişlerdir. Darı unu içeren şehriyelerde en düşük kül miktarını kum darı unu içeren örneklerde, en yüksek kül miktarını ise japon darı unu içeren örneklerde tespit etmişlerdir.

Slathia ve ark. (2016) maş fasulyesini 24 saat boyunca çimlendirdikten sonra %0, 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında erişte üretiminde kullanmışlar ve bu eriştelerin kül miktarlarını sırasıyla; %0.81, 0.94, 1.09, 1.26, 1.39 ve 1.56 olarak belirlemişlerdir. Çimlendirilmiş maş fasulyesi unu miktarı arttıkça eriştelerin kül miktarının da arttığını belirtmişlerdir.

Erişte formülasyonunda %0, 5, 10, 15 ve 20 oranında ham darı unu kullanımı ile eriştelerin protein miktarları sırasıyla %13.61, 13.56, 13.61, 13.57, 13.65 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.14). Protein değerleri sayısal olarak birbirine çok yakın bulunmuştur. İstatistiki olarak %20 ham darı unu ilaveli eriştelerin protein miktarının, %5 ham darı unu ilaveli örneklerden önemli derecede yüksek olduğu belirlense de bu fark çok anlamlı bulunmamıştır. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise %15 ve

20 ilave oranlarında belirlenen protein miktarı, diğer ilave oranlarından yüksek bulunmuştur. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin protein miktarı kendi aralarında karşılaştırıldığında istatistiki bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Meherunnahar ve ark. (2023) tilkikuyruğu darı ununu farklı oranlarda (%0, 30, 40, 50) erişte formülasyonuna ilave ederek eriştelerde gerçekleşen besinsel ve kimyasal değişiklikleri incelemişlerdir. %0, 30, 40 ve 50 darı unu içeren eriştelerin protein miktarını sırasıyla %10.75, 14.23, 14.47 ve 14.78 olarak belirlemişler ve darı unu ilavesinin artmasıyla protein miktarının da önemli düzeyde arttığını bulmuşlardır. %50 tilkikuyruğu darı içeren eriştelerin iyi birer protein kaynağı olduğunu ve günlük protein ihtiyacını karşılayabileceğini vurgulamışlardır.

Farklı oranlarda ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde yağ miktarı sırasıyla %3.32-4.65 ve %3.25-4.21 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.14). Ham darı unu ilaveli örneklerde %5 ve üzerinde ham darı unu kullanımı yağ miktarını artırmış ve en yüksek yağ miktarları %15 ve 20 ham darı unu ilave oranında belirlenmiştir. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise %5 ve 10 çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin yağ miktarı kontrole eşdeğer bulunmuş, ancak %15-20 oranlarında çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile yağ miktarı kontrole göre artış göstermiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanım oranının artmasıyla yağ miktarının da artması darı unlarının buğday unundan daha fazla yağ içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin yağ miktarı kendi aralarında karşılaştırıldığında; tüm darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin yağ miktarının, ham darı unu ilaveli erişte örneklerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Eriştelerde kullanılan ham darı unu %4.64 yağ miktarına sahiptir ve darının 4 gün boyunca çimlendirilmesiyle beraber yağ miktarının %3.05'e düştüğü Çizelge 4.2'de belirtilmiştir. Çimlenmiş darı ununun yağ miktarında gerçekleşen bu azalış erişte örneklerinin yağ miktarına da yansıdığı düşünülmektedir.

Hymavathi ve ark. (2019) %100 buğday unu ile üretilen eriştelerin yağ miktarını parmak darı unu içeren eriştelerin (%50 parmak darı unu, %46 buğday unu %4 hidrokolloid) yağ miktarı ile karşılaştırmışlardır. Tamamı buğday unu olan eriştelerin yağ miktarının (%0.72) parmak darı unu içeren eriştelerin yağ miktarından (%1.66) önemli düzeyde düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Krishnan ve Prabhasankar (2010) parmak darı ununu %0, 10, 20 ve 30 oranlarında makarna üretiminde kullandıkları çalışmada, kontrol makarnanın yağ

miktarını %0.69 olarak belirlemişler ve darı unu ilavesinin artmasıyla bu miktarın da artarak %20 katkılı makarnalarda %0.79'a ulaştığını ortaya koymuşlardır.

Ham ve çimlendirilmiş eriştelerine ait fitik asit miktarları Tablo 4.14'de verilmiştir. Her iki grup eriştelerde de ham ya da çimlendirilmiş darı unu kullanım oranının artmasıyla, fitik asit miktarı da artmıştır. En yüksek ham ve çimlendirilmiş darı unu ilave oranlarında sırasıyla 281.12 ve 237.15 mg/100 g fitik asit miktarları belirlenmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unlarına uygulanan nemli ısıtma işlemi sırasında ısıtma işlemin etkisiyle fitik asidin parçalanması (Masud ve ark., 2007), bu onların fitik asit miktarını azalttığı ve bu unlardan elde edilen eriştelerin fitik asit miktarına yansıdığı düşünülmektedir. Tahmin edildiği gibi tüm darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile ham darı unu kullanımına göre fitik asit miktarında önemli azalmalar gerçekleşmiştir. Çimlendirilmiş darı unu kullanılan eriştelerin fitik asit içeriğinin daha düşük olmasının sebebi, çimlendirme ile fitaz enziminin artan hidrolitik aktivitesi ile fitik asit içeriğinde azalmaya neden olması ve (Serraino ve Thompson, 1985) bu durumun eriştelerin fitik asit miktarına yansımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Demir ve Bilgiçli (2020) kinoaı 2 gün boyunca çimlendirdikten sonra %0, 10, 20 ve 30 oranlarında erişte üretiminde kullandıkları çalışmada eriştelerin fitik asit miktarını sırasıyla 205.08 225.44, 249.31 ve 281.67 mg/100g olarak bulmuşlardır. Kinoaıya çimlendirme işlemi uygulanması ile antibesinsel özelliklerinin azaltılabileceğini ve minerallerin biyoyararlanabilirliğini düşüren fitik asit içeriğini iyileştirebileceğini vurgulamışlardır.

4.3.4. Serbest, bağlı ve toplam fenolik madde

Erişte örneklerinin serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.15'de verilmiştir. Ham darı unu ilaveli erişte örneklerinde serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 1861.22-1402.27, 4736.40-8002.28 ve 6597.65-9404.55 mg GAE/kg arasında, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde aynı değerler sırasıyla 1875.09-2389.52, 4736.55-7571.87 ve 6611.43-9961.39 mg GAE/kg arasında değişim göstermiştir. Ham darı unu ilave edilmiş erişte örneklerinde serbest fenolik madde miktarı, artan ham darı unu oranına bağlı olarak azalırken, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde tam tersi bir durum oluşmuş ve artan çimlendirilmiş darı unu oranına bağlı olarak serbest fenolik madde miktarında artış gerçekleşmiştir. Bağlı ve toplam fenolik madde miktarları ise hem ham hem de çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde

Çizelge 4.15. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelere ait serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarları¹

Oran (%)	Serbest fenolik madde (mg GAE/kg)		Bağlı fenolik madde (mg GAE/kg)		Toplam fenolik madde (mg GAE/kg)	
	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş
0	1861.22 ± 15.08 Aa	1875.09 ± 35.39 Ea	4736.40 ± 51.52 Ea	4736.55 ± 51.52 Ea	6597.65 ± 67.39 Ea	6611.43 ± 86.88 Ea
5	1827.16 ± 34.41 Bb	1978.92 ± 40.90 Da	5829.00 ± 41.01 Da	5824.97 ± 35.31 Da	7656.16 ± 79.42 Db	7803.89 ± 76.22 Da
10	1524.70 ± 34.93 Cb	2032.94 ± 32.45 Ca	7019.56 ± 27.67 Ca	6295.35 ± 57.07 Cb	8544.26 ± 62.60 Ca	8328.30 ± 89.51 Ca
15	1456.44 ± 37.39 Db	2122.92 ± 32.41 Ba	7359.38 ± 24.05 Ba	7201.01 ± 48.62 Ba	8815.82 ± 61.44 Bb	9323.93 ± 81.03 Ba
20	1402.27 ± 24.42 Eb	2389.52 ± 55.89 Aa	8002.28 ± 30.93 Aa	7571.87 ± 24.44 Ab	9404.55 ± 55.34 Ab	9961.39 ± 80.33 Aa

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

artan darı unu oranına bağlı olarak yükselmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarları kendi aralarında karşılaştırıldığında; %5, 10, 15 ve 20 darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin serbest fenolik madde miktarlarının, ham darı unu ilaveli erişte örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bağlı fenolik madde miktarlarında %0, 5 ve 15 darı ilave oranı hariç, diğer ilave oranlarında çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin bağlı fenolik madde miktarlarının, ham darı unu ilaveli erişte örneklerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarlarında ise %10 darı ilave oranı hariç, diğer ilave oranlarında çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin toplam fenolik madde miktarlarının, ham darı unu ilaveli erişte örneklerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Tripathi ve ark. (2014) parmak darıyı 48 saat boyunca çimlendirdikten sonra un haline getirip %10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında makarna formülasyonuna ilave etmişler ve yaptıkları duyusal analizler sonucunda %40 çimlendirilmiş darı unu içeren makarnaların en iyi sonucu verdiğini belirlemişlerdir. %40 darı unu içeren makarna formülasyonunu optimize ettikten sonra kontrol makarnaları ile toplam fenolik madde içeriğini karşılaştırdıklarında; kontrol makarnanın 130 mg/100g, çimlendirilmiş darı unu içeren makarnanın ise 220 mg/100g toplam fenolik madde miktarına sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Thao ve Niwat (2017) riceberry ve hom-nil pirinç türlerini çimlendirdikten sonra %0, 10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında erişte fomülasyonuna ilave etmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarlarını riceberry pirinci kullanılan eriştelerde sırasıyla; 0.37, 0.71, 0.97, 1.31, 1.74 ve 2.14 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir. Hom-nil pirinci kullanılan eriştelerde ise; 0.37, 0.65, 0.94, 1.25, 1.52 ve 1.68 mg GAE/g olarak bulmuşlardır. Her iki pirinç türünün de kullanıldığı eriştelerde çimlendirilmiş pirinç oranının artmasıyla fenolik madde miktarının önemli düzeyde arttığını belirlemişlerdir. Çimlendirme işleminin fenolik madde miktarını arttırması, çimlendirme esnasında hücre duvarı yapısını parçalayan enzimlerin aktif hale gelmesinden kaynaklı olabileceğini rapor etmişlerdir.

4.3.5. Antioksidan aktivite

Erişte örneklerinin DPPH, FRAP ve CUPRAC yöntemleri ile elde edilen antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelere ait antioksidan aktivite değerleri¹

Oran (%)	DPPH (mg TE/kg)		FRAP (μmol TE/g)		CUPRAC (μmol TE/g)	
	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş
0	113.01 ± 2.83 Ea	121.05 ± 5.66 Ea	0.39 ± 0.06 Ca	0.44 ± 0.05 Da	1.85 ± 0.03 Da	1.79 ± 0.27 Ea
5	181.00 ± 5.66 Db	269.99 ± 2.81 Da	0.45 ± 0.04 Bb	0.65 ± 0.04 Ca	2.04 ± 0.05 Cb	3.47 ± 0.10 Da
10	262.00 ± 2.83 Cb	384.54 ± 6.43 Ca	0.44 ± 0.01 BCb	1.42 ± 0.03 Ba	2.24 ± 0.12 Bb	5.16 ± 0.06 Ca
15	353.68 ± 5.20 Bb	472.29 ± 3.24 Ba	0.46 ± 0.01 Bb	1.54 ± 0.06 Aa	2.38 ± 0.19 Bb	6.36 ± 0.09 Ba
20	424.49 ± 6.34 Ab	664.59 ± 6.49 Aa	0.55 ± 0.04 Ab	1.56 ± 0.04 Aa	2.68 ± 0.11 Ab	8.82 ± 0.07 Aa

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

DPPH sonuçları kullanılan darı unu oranı açısından değerlendirildiğinde hem ham hem de çimlendirilmiş darı unu ilave edilen erişte örneklerinde artan darı unu oranına bağlı olarak DPPH değerinin de arttığı belirlenmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin DPPH antioksidan aktivite değeri kendi aralarında karşılaştırıldığında; %5, 10, 15 ve 20 darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin DPPH antioksidan aktivite değerinin, ham darı unu ilaveli erişte örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

FRAP yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite değerleri karşılaştırıldığında; ham darı unu ilave edilen örneklerde en düşük FRAP antioksidan aktivite değeri kontrol örnekte (%0) belirlenmiştir. %5, 10 ve 15 oranlarında ham darı unu ilave edilen örnekler istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve kontrol örnekten daha yüksek FRAP antioksidan aktivite değeri göstermişlerdir. Ham darı unu ilaveli erişte örneklerinde en yüksek FRAP değeri %20 darı unu ilavesinde elde edilmiştir. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise; erişte formülasyonunda artan oranda çimlendirilmiş darı unu ile birlikte, FRAP antioksidan aktivite değeri de artış göstermiştir. En yüksek FRAP değerine yine %20 darı unu ilavesinde ulaşılmıştır. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin FRAP antioksidan aktivite değeri kendi aralarında karşılaştırıldığında; DPPH antioksidan aktivite değerlerinde olduğu gibi, %5, 10, 15 ve 20 darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin FRAP antioksidan aktivite değerinin, ham darı unu ilaveli erişte örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

CUPRAC sonuçları kullanılan darı unu oranı açısından değerlendirildiğinde hem ham hem de çimlendirilmiş darı unu ilave edilen erişte örneklerinde artan darı unu oranına bağlı olarak CUPRAC değerinin de arttığı belirlenmiştir. Ham darı unu ilave edilen örneklerde %10-15 ilave oranlarında elde edilen CUPRAC antioksidan aktivite değerleri aynı grupta yer almıştır. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin CUPRAC antioksidan aktivite değeri kendi aralarında karşılaştırıldığında; %5, 10, 15 ve 20 darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere, çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerin CUPRAC antioksidan aktivite değerinin, ham darı unu ilaveli erişte örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Uygulanan bütün antioksidan aktivite metotlarına göre darı unu kullanım oranının artmasıyla antioksidan miktarlarının da arttığı belirlenmiş olup çimlendirilmiş darı unu ilave edilen eriştelerin ham darı unu ilave edilen eriştelerle göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sharma ve ark. (2021) kodo

darıyı 48 saat boyunca çimlendirmişler ve başlangıçta 44.207 mgAAE/g olan DPPH antioksidan aktivite miktarının çimlenme sonunda 70.210 mgAAE/g değerine ulaştığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada kullanılan ham darının 4 gün boyunca çimlendirilmesiyle beraber antioksidan aktivite miktarının arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4.). Çimlendirilmiş darı ununda gerçekleşen bu artışın erişte örneklerine de yansıdığı düşünülmektedir.

Chen ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada parmak darı ununu %0, 10, 20 ve 30 oranlarında pirinç unu ile karıştırarak erişte üretiminde kullanmışlardır. Elde ettikleri eriştelelerin antioksidan aktivitesini DPPH, ABTS ve FRAP metotlarını kullanarak belirlemişlerdir. %0, 10, 20 ve 30 parmak darı unu ilaveli eriştelelerin DPPH antioksidan aktivite sonuçlarını sırasıyla; 100.50, 156.04, 223.53 ve 270.97 $\mu\text{g TEs/g}$ olarak belirlemişler, ABTS antioksidan aktivite değerleri sırasıyla; 276.04, 390.02, 577.93 ve 778.09 $\mu\text{g TEs/g}$ olarak bulunurken, FRAP antioksidan aktivite değerleri de sırasıyla; 194.54, 284.16, 442.06 ve 561.45 $\mu\text{g TEs/g}$ olarak belirlenmiştir.

Torres ve ark. (2007) bezelyeyi 4 gün boyunca çimlendirmişler ve %10 oranında makarna formülasyonunda kullanmışlardır. Kontrol makarnasının antioksidan aktivitesi 2.24 $\mu\text{mol/g}$ iken %10 çimlendirilmiş bezelye içeren makarnaların antioksidan aktivitesinin 2.6 kat artarak 5.80 $\mu\text{mol/g}$ 'a ulaştığını belirlemişlerdir.

4.3.6. Mineral madde

Erişte örneklerine ait Ca, K, Mg ve P miktarları Çizelge 4.17'de; Cu, Fe, Mn ve Zn miktarları ise Çizelge 4.18'de verilmiştir. Eriştelelerin Ca miktarı kullanılan darı unu oranı bakımından incelendiğinde; ham darı unu içeren eriştelelerde Ca miktarının 37.54 mg/100g ile 38.96 mg/100g arasında, çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelelerde 37.92 mg/100g ile 39.93 mg/100g arasında değiştiği belirlenmiştir. Ham darı unu kullanılarak üretilen eriştelelerde; %0, 5, 10 ve 15 ilave oranlarında eriştelelerin Ca miktarında istatistiki bir farklılık olmadığı, fakat %20 ham darı ilaveli eriştelelerin %15 ilaveli eriştelelere göre daha yüksek miktarda Ca içerdiği tespit edilmiştir. Çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelelerde darı unu oranının artmasıyla birlikte ise Ca miktarının sayısal olarak arttığı, istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) artışın %20 çimlendirilmiş darı unu oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerle ait Ca K, Mg ve P miktarları (mg/100g)¹

Oran (%)	Ca		K		Mg		P	
	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş
0	38.12 ± 0.16 ABa	37.92 ± 0.11 Ba	184.12 ± 2.99 Aa	185.21 ± 4.53 Aa	39.25 ± 0.35 Ea	39.64 ± 0.16 Ea	248.73 ± 3.21 Ba	248.19 ± 4.51 Da
5	37.56 ± 0.43 Ba	38.15 ± 0.21 Ba	184.65 ± 0.49 Aa	183.75 ± 0.35 Aa	43.17 ± 0.24 Da	43.12 ± 0.39 Da	251.69 ± 1.85 Ba	255.45 ± 2.19 CDa
10	38.65 ± 0.14 ABa	39.36 ± 0.50 ABa	186.29 ± 1.82 Aa	179.37 ± 0.89 ABb	44.82 ± 0.45 Cb	47.11 ± 0.15 Ca	255.42 ± 3.64 ABa	264.36 ± 2.31 BCa
15	37.54 ± 0.48 Bb	39.14 ± 0.19 ABa	186.47 ± 2.16 Aa	174.28 ± 0.39 Bb	48.21 ± 0.29 Bb	51.91 ± 0.12 Ba	263.49 ± 2.13 Ab	271.95 ± 1.34 ABa
20	38.96 ± 0.33 Aa	39.93 ± 0.53 Aa	186.73 ± 0.38 Aa	172.44 ± 0.62 Bb	51.92 ± 0.11 Ab	55.18 ± 0.25 Aa	265.87 ± 3.01 Aa	278.65 ± 5.16 Aa

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Mg: Magnezyum, K: Potasyum, Ca: Kalsiyum, Mn: Manganez.

Çizelge 4.18. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerle ait Cu, Fe, Mn ve Zn miktarları (mg/100g)¹

Oran (%)	Cu		Fe		Mn		Zn	
	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş	Ham	Çimlendirilmiş
0	0.14 ± 0.01 Aa	0.14 ± 0.01 Aa	1.05 ± 0.07 Aa	1.00 ± 0.02 Ba	1.33 ± 0.02 Aa	1.34 ± 0.01 Aa	1.62 ± 0.00 Aa	1.61 ± 0.01 Ca
5	0.14 ± 0.01 Aa	0.14 ± 0.00 Aa	0.98 ± 0.01 Aa	1.05 ± 0.14 ABa	1.32 ± 0.01 Aa	1.33 ± 0.00 Aa	1.65 ± 0.02 Aa	1.68 ± 0.01 BCa
10	0.14 ± 0.00 Aa	0.17 ± 0.02 Aa	1.16 ± 0.11 Aa	1.19 ± 0.02 ABa	1.33 ± 0.02 Aa	1.34 ± 0.01 Aa	1.69 ± 1.44 Aa	1.71 ± 0.05 BCa
15	0.15 ± 0.02 Aa	0.19 ± 0.02 Aa	1.15 ± 0.02 Aa	1.23 ± 0.07 ABa	1.34 ± 0.02 Aa	1.34 ± 0.02 Aa	1.73 ± 0.02 Aa	1.75 ± 0.00 Ba
20	0.18 ± 0.02 Aa	0.19 ± 0.01 Aa	1.21 ± 0.05 Aa	1.33 ± 0.07 Aa	1.34 ± 0.01 Aa	1.35 ± 0.02 Aa	1.80 ± 0.04 Ab	1.92 ± 0.01 Aa

¹ Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Fe: Demir, Cu: Bakır, Zn: Çinko, P: Fosfor.

Eriştelerin Ca miktarı kullanılan darı unu çeşidine göre değerlendirildiğinde; %0, 5, 10 ve 20 oranında darı unu içeren her iki grup eriştenin Ca miktarı arasında istatistiksel olarak farklı olmadığı ($p>0.05$), %15 ilaveli eriştelerde ise çimlendirilmiş darı unu içeren örneklerin ham darı unu içeren örneklerden daha yüksek Ca içeriğine sahip olduğu görülmüştür.

Eriştelerin K miktarı kullanılan darı unu oranı bakımından incelendiğinde; ham darı unu içeren eriştelerin K miktarının 184.12-186.73 mg/100g arasında değiştiği ve erişte formülasyonunda ham darı unu kullanımının, eriştelerin K miktarları üzerinde önemli bir farklılığa neden olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerde; %15 ilave oranına kadar eriştelerin K miktarı sayısal olarak azalmış fakat bu azalış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. %15 ve 20 çimlendirilmiş darı unu ilave oranında ise K miktarında önemli ($p<0.05$) düzeyde azalma meydana gelmiştir.

Eriştelerin K miktarı kullanılan darı unu çeşidine göre değerlendirildiğinde; %10 ve üzerinde darı unu kullanımında, çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerin K miktarlarının ham darı unu içeren eriştelerden önemli ($p<0.05$) derecede düşük olduğu görülmektedir. Bu düşüş, çimlenme prosesinde darının K miktarında meydana gelen azalmaya atfedilmiştir.

Eriştelerin Mg miktarı kullanılan darı unu oranı bakımından değerlendirildiğinde; %0, 5, 10, 15 ve 20 ham darı unu ilaveli eriştelerde Mg miktarları sırasıyla 39.25, 43.17, 44.82, 48.21 ve 51.92 mg/100g olarak, çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerde ise sırasıyla 39.64, 43.12, 47.11, 51.91, 55.18 mg/100g olarak belirlenmiştir. Hem ham hem de çimlendirilmiş darı unu oranının artmasıyla birlikte eriştede Mg miktarının önemli ($p<0.05$) derecede arttığı tespit edilmiştir.

Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerin Mg miktarları kendi aralarında karşılaştırıldığında; %10, 15 ve 20 ilaveli eriştelerde çimlendirilmiş darı unu içerenlerin Mg miktarının ham darı unu içerenlerden daha yüksek ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. imlendirme işleminin Mg miktarı üzerindeki etkisi erişte rneklerinin Mg miktarlarına da yansımıştır.

Eriştelerin P miktarındaki değişim ilave edilen darı unu oranı bakımından değerlendirildiğinde; ham darı unu ilaveli eriştelerin P miktarı 248.73 ile 265.87 mg/100g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Hiç darı unu kullanılmayan erişte örnekleri ile karşılaştırıldığında, %15 ve 20 oranında ham darı unu ilaveli eriştelerin P miktarında önemli düzeyde ($p<0.05$) artış saptanmıştır. Çimlendirilmiş darı unu içeren

eriřtelerin P miktarının 248.19 ile 278.65 mg/100g arasında deęiřtięi belirlenmiřtir. En dūřuk P miktarı çimlendirilmiř darı unu içermeyen eriřtelerde bulunurken en yūksək miktar %20 çimlendirilmiř darı unu ilaveli eriřtelerde tespit edilmiřtir. %10 ve ūzerinde çimlendirilmiř darı unu kullanımı eriřtelerin P miktarında ūnemli bir artıřa neden olmuřtur.

Eriřtelerin P miktarı kullanılan darı unu çeşidi bakımından değerlendirildiğinde; ham ve çimlendirilmiş darı unlarının %0, 5, 10 ve 20 oranında kullanılması eriştelerin P miktarında ūnemli bir değişime neden olmazken, %15 çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerin, aynı oranda ham darı unu içerenlere gūre daha yūksək P miktarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Eriřtelerin Cu miktarı kullanılan darı unu oranı bakımından incelendiğinde; ham darı unu içeren eriştelerin Cu miktarının 0.14-0.18 mg/100g arasında değiştiği, çimlendirilmiş darı unu kullanılan eriştelerde ise 0.14-0.19 mg/100g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Her iki grup eriştede de bu değişimin ūnemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir. Ham ve çimlendirilmiş darı unu içeren erişteler kendi aralarında karşılaştırıldığında būtūn oranlar için geçerli olmak ūzere eriştelerin Cu miktarları arasındaki farkın ūnemsiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Eriřtelerin Fe miktarı kullanılan darı unu oranına gūre incelendięinde; eriřte formūlasyonunda artan oranda (%0, 5, 10, 15 ve 20) ham darı unu kullanımıyla sırasıyla 1.05, 0.98, 1.16, 1.15 ve 1.21 mg/100g Fe miktarı tespit edilmiř ve bu deęerler arasındaki fark ūnemsiz ($p>0.05$) bulunmuřtur. %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında çimlendirilmiř darı unu içeren eriřtelerde Fe miktarı sırasıyla; 1.0, 1.05, 1.19, 1.23 ve 1.33 mg/100g olarak bulunmuřtur. %20 çimlendirilmiř darı unu içeren eriřtelerin hiç çimlendirilmiř darı unu içermeyen eriřtelere gūre ūnemli dūzeyde daha fazla Fe miktarına sahip olduęu belirlenmiřtir.

Eriřtelerin Fe miktarı kullanılan darı unu çeřidine gūre karřılařtırıldıęında; ham ve çimlendirilmiř darı unu içeren eriřtelerin būtūn oranlarında Fe miktarındaki deęiřim ūnemsiz bulunmuřtur.

Eriřtelerin Mn miktarı; ham darı unu ve çimlendirilmiř darı unu içeren ūrneklerde sırasıyla 1.32 ile 1.34 mg/100 g arasında ve 1.33 ile 1.35 mg/100g arasında deęiřmiř, darı unu ilave oranını hem ham hem de çimlendirilmiř darı unu içeren eriřtelerin Mn miktarı ūzerinde ūnemsiz ($p>0.05$) bulunmuřtur. Ham ve çimlendirilmiř darı unu içeren eriřtelerin Mn miktarları kendi aralarında karřılařtırıldıęında tūm darı unu ilave oranları için geçerli olmak ūzere aralarında istatistiksel olarak ūnemli farklılık

olmadığı tespit edilmiştir. Eriştelerin Zn miktarı; %0, 5, 10, 15 ve 20 ham darı unu içeren eriştelerde sırasıyla 1.62, 1.65, 1.69, 1.73 ve 1.80 mg/100g bulunmuş, erişte formülasyonunda artan ham darı unu oranıyla birlikte Zn miktarında sayısal bir artış gerçekleşmesine rağmen istatistiksel olarak bu artış önemli görülmemiştir. Çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerde ise %0, 5, 10, 15 ve 20 ilave oranlarında Zn miktarları sırasıyla; 1.61, 1.68, 1.71, 1.75 ve 1.92 mg/100g olarak bulunmuştur. %5 ve 10 oranında çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerin Zn miktarı çimlendirilmiş darı unu kullanılmayan (%0) eriştelerin Zn miktarına eşdeğer bulunmuştur. %15 ve üzerinde darı unu kullanımı ile Zn miktarında önemli ($p<0.05$) bir artış gerçekleşmiştir. En yüksek Zn içeriğı %20 çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerde tespit edilmiştir.

Eriştelerin Zn miktarı kullanılan darı unu çeşidine göre incelendiğinde; %0, 5, 10 ve 15 oranında ham ve çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerin Zn miktarı arasındaki fark önemsiz bulunurken %20 oranında çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerin, ham darı unu içeren eriştelerden daha yüksek Zn miktarına sahip olduğı belirlenmiştir.

Eriştelerin mineral madde sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; darı unu içermeyen kontrol örneğine kıyasla, en yüksek oranda (%20) ham darı unu kullanımı eriştelerin Mg ve P minerallerinde önemli seviyede artışa sebep olurken K, Ca, Mn, Fe, Cu ve Zn miktarlarında önemli bir değişime sebep olmamıştır. Diğer taraftan, en yüksek oranda (%20) çimlendirilmiş darı unu kullanımı Mg, Ca, Fe, Zn ve P minerallerinin artmasına sebep olurken Mn ve Cu miktarında ki değişimi önemsiz bulunmuştur. %20 çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde Mg, Ca, Fe, Zn ve P miktarı, çimlendirilmiş darı unu kullanılmayan örneğe göre sırasıyla %39.20, 5.30, 33.0, 19.25 ve 12.26 artış göstermiştir. Çimlendirilmiş darı unu içeren eriştelerin ham darı unu içeren eriştelere göre mineral madde miktarını daha olumlu etkilemesinin sebebi çimlendirme işlemi sırasında karbondhidratların yıkıma uğrayarak mineral madde içeriğinin oransal olarak artması (Sattar ve ark., 1985; Harmuth-Hoene ve ark., 1987) ve bu durumun eriştelere de yansımından kaynaklanmaktadır.

Ranganna ve ark. (2012) japon, tilkikuyruğı, kodo, küçük ve kum darı çeşitlerini %50 oranında şehriye formülasyonuna ilave ederek Ca, Fe ve P miktarlarını belirlemişlerdir. Ca, Fe ve P miktarlarının sırasıyla, %0.103-0.104, %0.001-0.002 ve %0.99-0.105 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Darı unu içeren bütün şehriye örneklerinin Ca, Fe ve P miktarlarını kontrol örneğine göre daha yüksek bulmalarına rağmen önemli bir artış olmadığını vurgulamışlardır.

Schmid ve ark. (2023) farklı oranlarda (%11.3 ve %67.7) kum darı unu içeren makarnaların Fe ve Zn miktarlarını ortaya koyan bir çalışma yapmışlardır. Kontrol erişmelerinde 13 mg/kg olan Fe miktarını artan oranda darı unu ilavesiyle sırasıyla 36 ve 50 mg/kg olarak bulmuşlardır. Zn miktarını kontrol erişmelerinde 13 mg/kg tespit etmişler ve artan oranda darı unu ilavesiyle 19 ve 27 mg/kg'a ulaştığını belirlemişlerdir.

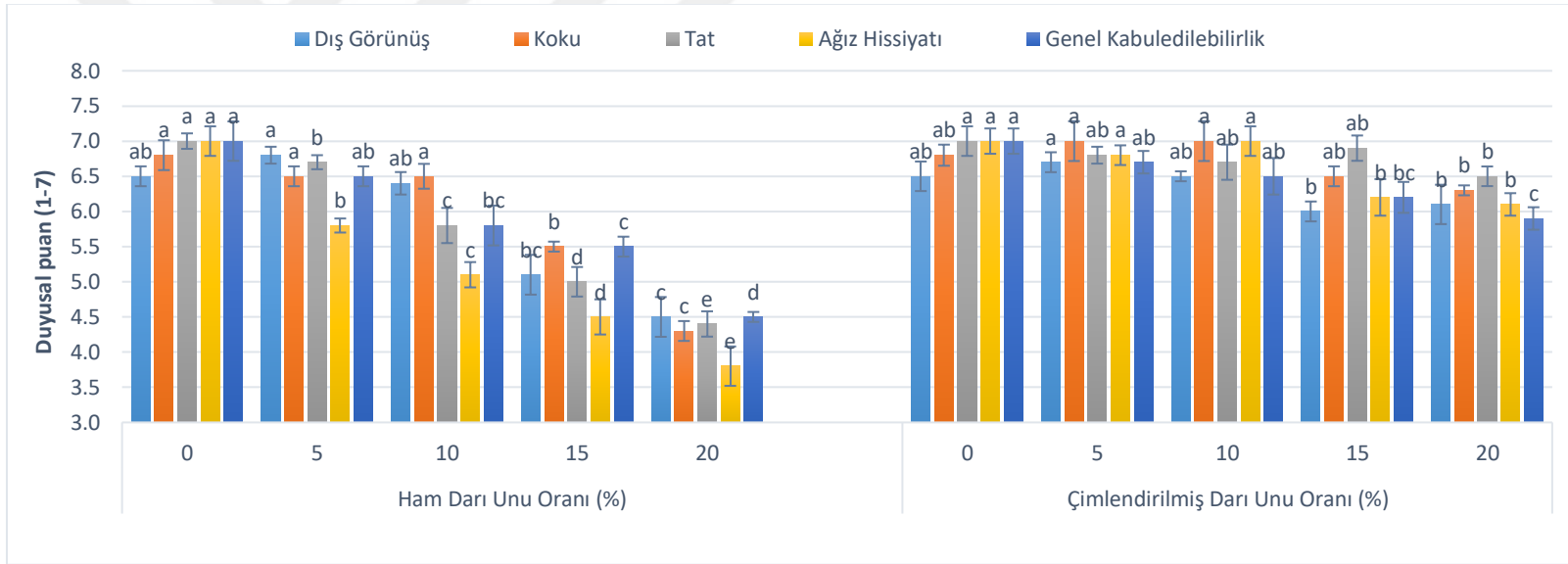
Shukla ve Srivastava (2014) %0, 30, 40 ve 50 oranında parmak darıyı erişte formülasyonuna ilave ettikten sonra Fe ve Ca miktarlarını belirlemişlerdir. Fe miktarlarını sırasıyla; 2.7, 3.8, 5.1 ve 5.5 mg/100g; Ca miktarlarını ise 14.2, 58.6, 72.7 ve 88.3 mg/100g olarak bulmuşlardır. Darı unu oranının artmasıyla eriştenin mineral madde miktarının arttığını rapor etmişlerdir.

Demir ve Bilgiçli (2020) çimlendirilmiş kinoa ununu %0, 10, 20 ve 30 oranında makarna formülasyonuna ilave etmişler ve Ca, Fe, K, Mg, P ve Zn minerallerinin miktarını belirlemişlerdir. Makarnada artan oranda çimlendirilmiş kinoa unu kullanımının bütün mineral çeşitlerinin miktarını önemli düzeyde arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

4.4. Duyusal Analiz

Duyusal analizde ham darı unu ve çimlendirilmiş darı unu kullanılan örnekler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kontrol erişte örneği ile karşılaştırıldığında, %15 ham darı unu kullanılan erişte örneklerinin görünüş puanında hafif bir azalma olsa da aralarındaki fark önemli ($p>0.05$) bulunmamıştır. Ancak %20 ham darı unu kullanım oranında eriştelerin görünüş puanı hem kontrole hem de %5 ve 10 ham darı unu ilaveli erişte örneklerine göre önemli ($p<0.05$) bir azalma göstermiştir. Çimlendirilmiş darı unu kullanılan örneklerde ise %15 ve 20 darı unu ilave oranında kontrol örneğe göre görünüş puanında hafif bir azalma olsa da istatistiksel olarak kontrolle aynı grupta yer almıştır. Ancak bu iki örnek (%15 ve 20), %5 çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişte örneğinden düşük görünüş puanıyla değerlendirilmiştir.

Ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanılarak üretilen eriştelerin koku puanları sırasıyla 4.3-6.8 ve 6.3-7.0 arasında değişim göstermiştir. Ham darı unu kullanılan erişte örneklerinde %5 ve 10 ham darı unu kullanımı ile kontrole eşdeğer koku puanları elde edilmiştir. %15 ve üzerinde ham darı unu kullanımı koku puanını düşürmüş ve en düşük değer %20 ham darı unu kullanımında gerçekleşmiştir. Çimlendirilmiş darı unu kullanılan örneklerin tamamının koku puanı kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.1. Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelerle ait duyu analizi sonuçları

Çimlendirilmiş darı unu kullanılan örnekler kendi içlerinde karşılaştırıldığında, %20 darı unu kullanılan eriştenin koku puanının, %5 ve 10 darı unu kullanılan eriştlerden düşük olduğu Şekil 4.1’ de görülmektedir.

Erişte formülasyonunda artan oranda ham darı unu kullanımı eriştelerin tat puanlarını önemli ($p<0.05$) derecede düşürmüştür. En düşük tat puanı en yüksek ham darı unu kullanım oranında (%20) elde edilmiştir. Çimlendirilmiş darı unu kullanılan örneklerde ise %5, 10 ve 15 oranlarında darı unu kullanılan erişteler kontrole eşdeğer tat puanı verirken %20 darı unu kullanımında kontrolden düşük tat puanı elde edilmiştir.

Ham ve çimlendirilmiş darı unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde ağız hissiyatı puanları sırasıyla 3.8-7.0 ve 6.1-7.0 arasında değişim göstermiştir. Ham darı unu kullanılan eriştelerde %5 ve üzeri oranlarda ham darı unu kullanımı ağız hissiyatı puanlarını düşürmüş ve en düşük puanı %20 ham darı unu ilavesiyle elde edilmiştir. Çimlendirilmiş darı unun %5 ve 10 oranlarında kullanımı eriştelerin ağız hissiyatı puanlarını etkilememiş ve kontrole eşdeğer puanlar elde edilmiştir. %15 ve 20 çimlendirilmiş darı unu kullanım oranlarında ise ağız hissiyatı puanlarında düşüş gerçekleşmiştir.

Duyusal analiz sonuçları genel kabuledilebilirlik açısından değerlendirildiğinde, %5-10 ham darı unu kullanılan örneklerin genel kabuledilebilirlik değerlerinin kontrole eşdeğer olduğu, %10’un üzerinde ham darı unu kullanımı ile genel kabuledilebilirlik değerlerinde düşüş olduğu görülmektedir. Çimlendirilmiş darı unu kullanılan örneklerde ise %5 ve 10 kullanım oranlarında kontrolle eşdeğer genel beğeni puanları elde edilmiştir. %15 ve üzerinde çimlendirilmiş darı unu kullanımıyla genel kabuledilebilirlik puanı düşüş göstermiştir.

Kulkarni ve ark. (2012) maltlanmış parmak darıyı %10, 20, 30, 40 ve 50 oranında erişte formülasyonunda kullanmışlardır. Yaptıkları duyusal analiz sonucunda; görünüş, koku, tat, tekstür ve genel beğenirlik puanlarının sırasıyla; 3.0-2.0, 3.0-2.8, 3.0-2.0, 4.0-2.5 ve 5.0-3.0 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kontrol eriştesine en yakın genel beğenirlik puanına %10 parmak darı unu içeren eriştenin sahip olduğunu ve darı unu oranı arttıkça genel beğenirliğin düştüğünü belirlemişlerdir.

Tripathi ve ark. (2015) parmak darıyı 48 saat boyunca çimlendirmişler ve %10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında makarna üretiminde kullanmışlardır. Makarnaların duyusal analizleri sonunda en yüksek renk değerini %30, en yüksek tekstür değerini %40, en yüksek tat değerini %40 parmak darı unu içeren makarnaların sahip olduğunu tespit

etmişlerdir. Genel kabul edilebilirlik bakımından değerlendirdiklerinde %40 parmak darı unu içeren örneklerin en yüksek puana sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Shukla ve Srivastava (2014) yaptığı çalışmada %0, 30, 40 ve 50 oranlarında parmak darı ununu erişte formülasyonunda kullanmışlardır. Renk, görünüş, koku, tat, tekstür değerlerinin darı unu miktarının artmasıyla ters ters orantılı olarak azaldığını belirlemişlerdir. Genel kabuledilebilirlik değerlerini incelediklerinde %30 parmak darı unu içeren eriştelerin genel kabuledilebilirlik puanının kontrol erişteleri ile aynı olduğunu ve sırasıyla %40 ve %50 darı unu içeren eriştelerin takip ettiği sonucuna ulaşmışlardır.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada kum darı, 7 gün süreyle çimlendirilmiş kimyasal, fonksiyonel ve antibesinsel özelliklerindeki değişim incelenmiş, ardından 4 gün süreyle çimlendirilen darıdan elde edilen unlar farklı ön işlemlerle (ısıl işlem uygulaması, transglutaminaz ilavesi ve ısıl işlem uygulaması + transglutaminaz ilavesi) birlikte erişte üretiminde kullanılmıştır. Ayrıca en uygun ön işlem seçilerek, bu işlem uygulanmış ham ve çimlendirilmiş darıdan üretilen eriştelerin fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duyusal özellikleri karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Yedi gün süreyle çimlendirilen darı örneklerinin bütün renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), çimlendirme işleminden önemli ($p<0.05$) derecede etkilenmiştir. Çimlendirme süresinin artışıyla beraber genel olarak a^* ve b^* değerleri azalmış, çimlendirmenin 6. ve 7. günlerinde en düşük değerlere ulaşılmıştır. Çimlenmenin başlangıcı (0. gün) ile karşılaştırıldığında çimlendirmenin 3. gününe kadar L^* değerinde bir artış olmuş, daha sonraki günlerde hafif bir azalma olsa da çimlendirilmemiş darıya göre daha yüksek L^* değerleri elde edilmiştir.

Çimlenmenin ilk günlerinde darı örneklerinin kül ve protein miktarında önemli bir değişiklik oluşmamıştır. Çimlenmenin 5. gününden sonra kül miktarında, 6. gününden sonra ise protein miktarında bir artış gerçekleşmiş ve en yüksek kül ve protein miktarlarına çimlenmenin son gününde ulaşılmıştır. Bu artışlar çimlenme ile birlikte gerçekleşen kuru madde kaybına bağlı oransal artışlar olarak değerlendirilmiştir. Ham yağ ve fitik asit miktarlarında ise çimlenmenin ilk gününden itibaren önemli ($p<0.05$) bir azalma gerçekleşmiştir. Başlangıçta %4.64 ve 943.72 mg/100 g olan ham yağ ve fitik asit miktarları 7. gün sonunda %2.32 ve 33.77 mg/100 g'a düşmüş ve fitik asitteki kayıp % 96.4'e ulaşmıştır. Çimlenme ile birlikte artan fitaz aktivitesine bağlı, fitik miktarında meydana gelen azalma minerallerin biyoyararlılığının artırılması açısından önemli bulunmuştur.

Çimlendirme işlemi ile darı örneklerinin serbest, bağlı ve toplam fenolik madde miktarlarında artışlar gerçekleşmiş, bu artışlar çimlenmenin 5. gününde en yüksek seviyeye ulaşmıştır. 5. günden sonra hafif bir azalma belirlense de çimlenmenin başlangıcı ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek değerlerdir. Farklı metotlarla belirlenen antioksidan aktivite değerleri (DPPH, FRAP ve CUPRAC) de çimlenmenin

1. gününden itibaren önemli ($p<0.05$) bir artış göstermiş ve çimlenmenin son gününe kadar bu artış devam etmiştir. İstatistiki olarak en yüksek DPPH değeri 7. günde, en yüksek FRAP ve CUPRAC değerleri 6. ve 7. günlerde belirlenmiştir.

Yedi günlük çimlendirme sonunda darının Ca, K, Mg, P, Fe, Mn ve Zn miktarları çimlendirmenin başlangıcındaki miktarlarına göre istatistiki olarak artmış, Cu miktarında ise sadece sayısal bir artış belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında çimlendirilmiş darı unu ilaveli eriştelere farklı uygulamaların etkinliği karşılaştırılmıştır. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde, nemli ısıl işlem uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi tek tek ya da kombinasyon halinde kullanıldıklarında, L^* değerini düşürürken, a^* değerini artırmışlardır. Özellikle nemli ısıl işlem uygulaması Maillard reaksiyonunu teşvik edici etki gösterdiği düşünülmektedir. Nemli ısıl işlem uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi eriştelere suya geçen madde miktarını azaltarak teknolojik kaliteye katkı sağlamışlardır. Hem nemli ısıl işlem hem de transglutaminaz enzimi ilavesi eriştelerin sıklığını sıklığını geliştirici etki göstermiş, nemli ısıl işlem uygulamasının sıklık üzerindeki etkisi transglutaminaz ilavesine göre daha yüksek olmuştur.

Çalışmanın son aşamasında nemli ısıl işlem uygulaması ve transglutaminaz ilavesi ile üretilen erişte örneklerinde, çimlendirilmiş darı unu kullanılarak üretilenlerin L^* ve b^* değerleri ham darı unu kullanılarak üretilenlerden düşük bulunmuştur. Ayrıca çimlendirilmiş darı unu kullanılarak üretilen erişte örneklerinde, artan darı unu oranıyla birlikte tüm renk değerlerinde azalma gerçekleşmiştir.

Erişte örneklerinde suya geçen madde miktarları tüm darı unu ilave oranları için geçerli olmak üzere çimlenmiş olanlarda ham olanlara göre daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Ham darı unu ilaveli örneklerde suya geçen madde miktarı sadece %20 ilave oranında artarken çimlenmiş darı unu ilaveli olanlarda %10 ve üzerindeki kullanım oranları suya geçen madde miktarının artmasına neden olmuştur. Nemli ısıl işlem uygulaması ve transglutaminaz ilavesi kombinasyonu hem ham hem de çimlenmiş darı unu kullanılan örneklerde teknolojik kaliteyi geliştirerek suya geçen madde miktarının sınırlı kalmasını sağlamış, %20 ham ve çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde sırasıyla %4.22 ve 6.51 suya geçen madde miktarı belirlenmiş bunlarda Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliğinde (2002/20) belirtilen maksimum değerlerin altında kalmıştır. Nemli ısıl işlem ve transglutaminaz kombinasyonunun kullanımına rağmen ham darı unu ilaveli örneklerde sıklık değeri 2794.45 g'dan 805.69'g'a düşmüştür.

Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde bu düşüş (2869.39 g'dan 2207.2 g'a) sınırlı kalmıştır.

Ham darı ununun %10 un üzerinde, çimlendirilmiş darı ununun ise tüm kullanım oranlarında eriştelerin kül miktarlarında artış görülürken, sadece yüksek oranda çimlendirilmiş darı unu kullanım oranları (%15-20) protein miktarında artışa neden olmuştur. Çimlendirme işlemi ile darının yağ içeriğinde meydana gelen azalma ürüne de yansımış ve çimlendirilmiş darı unu kullanılan örneklerin yağ miktarı, ham darı unu kullanılanlardan düşük bulunmuştur. Artan oranda ham ya da çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile eriştelerin fitik asit miktarı önemli ($p<0.05$) derecede yükselmiştir. Darı unlarının tam un şeklinde erişte üretiminde kullanılması, bu sonucun elde edilmesinde etkili olmuştur. Diğer taraftan çimlenme ile birlikte, artan fitaz aktivitesine bağlı fitik asitte meydana gelen azalma son ürüne de yansımış ve çimlendirilmiş darı unu kullanılan örnekler, ham darı unu kullanılanlara göre daha düşük fitik asit miktarına sahip olmuşlardır.

Ham ve çimlendirilmiş darı unlarının artan oranda eriştede kullanılması DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerini yükseltmiştir. %20 oranında ham darı unu kullanımı ile DPPH, FRAP ve CUPRAC değerlerinde sırasıyla 3.75, 1.41 ve 1.45 kat, %20 oranında çimlendirilmiş darı unu kullanımı ile 5.49, 3.55 ve 4.92, kat artış gerçekleşmiştir. Çimlendirilmiş darı unu kullanımı ham darı ununa göre eriştelerin serbest ve toplam fenolik madde miktarlarında daha fazla artışa neden olmuştur. Çimlenme ile fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerindeki artış, tüm darı unu kullanım oranlarında eriştelerin biyoaktif bileşenlerce zenginleşmeye neden olmuştur.

En yüksek oranda (%20) darı unu içeren eriştelerin mineral madde miktarları kontrol erişteleri ile karşılaştırıldığında ham darı unu içeren erişteelerde Mg ve P miktarları artarken K, Ca, Mn, Fe, Cu ve Zn miktarlarında istatistiki bir farklılık oluşmamıştır. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli erişteelerde Mg, Ca, Fe, Zn ve P miktarları artmış, Mn ve Cu miktarlarında önemli ($p>0.05$) bir değişim olmamıştır. Çimlendirilmiş darı ununun mineral madde miktarı ham darı unundan daha yüksek olması eriştelerin mineral miktarlarını doğru orantılı şekilde etkilemiştir.

Ham darı unu ilaveli eriştelerin duyusal analiz puanları, kontrol erişte örneği ile karşılaştırıldığında; %15-20 ham darı unu kullanımının koku puanını, %10-20 ham darı kullanımının ise tat ve genel kabuledilebilirlik puanı düşürdüğü belirlenmiştir. Çimlendirilmiş darı unu ilaveli örneklerde ise; %20 çimlendirilmiş darı unu kullanımı

tat puanını düşürürken, %15-20 çimlendirilmiş darı unu kullanımı genel kabuledilebilirlik puanının düşmesine neden olmuştur.

5.2. Öneriler

1. Günümüzün değişen iklim koşulları, nüfusun hızla artması ve bunlara bağlı olarak su kıtlığının ortaya çıkması zorlu iklim koşullarına dayanıklı ve yetiştirilmesi kolay tahılların önemini arttırmaktadır. Kurak bölgelerde kolayca yetiştirilebilen ve ucuz bir hammadde olan darı, zengin besin içeriği ve alerjenik özellik göstermemesi sebebiyle gıdalarda hammadde olarak kullanılabilir.

2. Çimlendirme işlemi sıklıkla tükettiğimiz buğday, nohut, mercimek ve maş fasulyesi gibi çeşitli tohumlara uygulanabilen ucuz ve kolay bir işlemdir. Çimlenme sonunda tohumun besin içeriği zenginleşmekte ve ilave edildiği formülasyonlara fonksiyonel fayda sağlamaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda da bu teknik yaygınlaştırarak farklı ürün gruplarında kullanılabilir.

3. Nemli ısıl işlem uygulaması, uygulandığı ürünün fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini geliştiren ucuz ve kolay bir teknolojik işlemdir. Bu çalışmada darının gluten içermemesinden kaynaklanan zayıf yapısının nemli ısıl işlem uygulanarak geliştirilmesi sağlanmıştır. Literatürde bu konuyla ilgili yeterli kaynak olmadığından nemli ısıl işleminin darı üzerinde uygulandığı çalışma sayısı arttırılmalıdır.

4. Erişte, üretimi ve tüketimi kolay, tüm dünyada tercih edilen bir üründür. Değişen yaşam koşulları, sağlıklı ve fonksiyonel beslenmeye uygunluğu göz önünde bulundurularak zenginleştirilmiş erişte formülasyonları üzerinde çalışılmalı ve endüstriyel üretimi gerçekleştirilerek tüketiciye arzı sağlanmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- AACC, 1999, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.
- AACC, 2000, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.
- Aalami, M. and Leelavathi, K., 2008, Effect of microbial transglutaminase on spaghetti quality, *Journal of Food Science*, 73(5), C306–C312.
- Abdelrahman, A., Hosene, R. C., and Varriano-Marston, E., 1983, Milling process to produce low-fat grits from pearl millet, *Cereal Chemistry*, 60(3), 189-191.
- Abioye, V. F., Ogunlakin, G. O. and Taiwo, G., 2018, Effect of germination on antioxidant activity, total phenols, flavonoids and anti-nutritional content of finger millet flour, *Journal of Food Processing & Technology*, 9(2), 1-5.
- Adéoti, K., Kouhondé, S. H., Noumavo, P. A., Baba-Moussa, F., and Toukourou, F., 2021, Nutritional value and physicochemical composition of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) produced in Benin. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 92-96.
- Ali, M. A. M., El Tinay, A. H., Abdalla and A. H., 2003, Effect of fermentation on the in vitro protein digestibility of pearl millet, *Food Chemistry*, 80(1), 51–4.
- Amadou, I., Gounga, M. E. and Le, G. W., 2013, Millets: nutritional composition, some health benefits and processing-A review. *Emirates Journal of Food Agriculture* 25, 501–508.
- Angioloni, A. and Collar, C., 2012, Suitability of oat, millet and sorghum in bread making, *Food Bioprocess Technology*, 6, 1486-1493.
- Anonim, 2014, <https://drcemalkara.com/tr/bilgi-bankasi/mineraller/manganez> (Erişim Tarihi: 05.05.2024).
- Anonim, 2017, <https://www.profdorhansen.com/kalsiyum-un-insan-vucudundaki-onemi/> (Erişim Tarihi: 05.05.2024).
- Anonim, 2023a, <https://www.vitocco.com.tr/mineraller/potasyum-nedir-potasyum-faydalari-nelerdir> (Erişim Tarihi: 05.05.2024).
- Anonim, 2023b, <https://www.vitocco.com.tr/mineraller/demir-minerali-nedir-demir-faydalari-nelerdir> (Erişim Tarihi: 05.05.2024).
- Anonim, 2023c, <https://www.vitocco.com.tr/mineraller/bakir-nedir-bakir-mineralinin-faydalari-nelerdir> (Erişim Tarihi: 05.05.2024).
- Anonymous, 2016, Phytochemicals. www.phytochemicals.info/plants/broccoli.php (Erişim tarihi: 03 Ocak 2016).

- Anonymous, 2023, <https://www.healthline.com/health/phosphorus-in-diet#function> (Erişim Tarihi: 05.05.2024).
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. and Çelik, S. E., 2008 Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta*, 160, 413-419.
- Applegate, L., 2011, Sağlık Yaşam ve Yüksek Performans için Beslenme ve Diyet Temel İlkeleri, (Çev.Editörü: Özpinar, H.), *İstanbul Tıp Kitapevi*, İstanbul.
- Archana, S. S. and Kawatra, A., 2001, In vitro protein and starch digestibility of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) as affected by processing techniques, *Nahrung/Food*, 45(1), 25-7.
- Arns, B., Bartz, J., Radunz, M., Evangelho, J. A., Pinto, V. Z., Zavareze, E. R., Dias, A. R. G., 2015, Impact of heat-moisture treatment on rice starch, applied directly in grain paddy rice or in isolated starch. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 708-713.
- Azeke, M. A., Egielewa, S. J., Eigbogbo, M. U. and Ihimire, I. G., 2011, Effect of germination on the phytase activity, phytate and total phosphorus contents of rice (*Oryza sativa*), maize (*Zea mays*), millet (*Panicum miliaceum*), sorghum (*Sorghum bicolor*) and wheat (*Triticum aestivum*), *Journal of Food Science and Technology*, 48 (6), 724-729.
- Başman, A., 2004, Transglutaminaz enziminin buğday, buğday-arpa ve buğday-soya unu karışımlarında proteinler, hamur reolojisi ve ekmek kalite karakteristikleri üzerine etkileri, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Baysal, A., 2010, Genel Beslenme. 13. Baskı, *Hatiboğlu Yayınevi*, Ankara.
- Baysal, A., 2013, Magnezyum ve Sağlığımız, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 41(2), 97-98.
- 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.
- Belgemen, T., Akar, N., 2004, Çinkonun yaşamsal fonksiyonları ve çinko metabolizması ile ilişkili genler. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası 57(3), 161-166.
- Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Galieni, A. 2019, Sprouted grains: A comprehensive review, *Nutrient*, 2(11), 421.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E. and Sapirstein, H. D., 2005, Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions, *Cereal Chemistry*, 82 (4), 390-393.

- Bilgiçli, N. 2002, Fitik asitin beslenme açısından önemi ve fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretim metotları. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 16(30), 79-83.
- Bilgiçli, N., 2014, Effect of pseudocereal flours on some chemical properties and phytic acid content of noodle, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(2), 175-181.
- Birania, S., Rohilla, P., Kumar, R., and Kumar, N., 2020, Post harvest processing of millets: A review on value added products. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 1824–1829.
- 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.
- Bouis H, E., 2000, Enrichment of food staples through plant breeding: a new strategy for fighting micronutrient malnutrition, *Nutrition*, 16, 701-4.
- Cankurtaran Kömürcü, T., 2021, Çimlendirilmiş bazı ilkel buğdayların fonksiyonel özellikleri ile erişte ve ekmek üretiminde kullanılabilirliklerinin araştırılması, Doktora tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- 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.
- Chandla, N. K., Saxena, D. C. and Singh, S., 2017, Processing and evaluation of heat moisture treated (HMT) amaranth starch noodles; An inclusive comparison with corn starch noodles. *Journal of Cereal Science*, 75, 306-313.
- Chandrasekara, A. and Shahidi, F. 2011, Inhibitory activities of soluble and bound millet seed phenolics on free radicals and reactive oxygen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 428-436.
- Changmei, S. and Dorothy, J., 2014, Millet-the frugal grain, *International Journal of Scientific Research and Reviews*, 3, 75-90.
- Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Prinyawiwatkul, W., No, H. K., 2012, Composite wheat-germinated brown rice flours: selected physicochemical properties and bread application. *International Journal of Food Science Technology*, 47, 75-82.
- Chauhan, E., S. and Sarita, 2018, Effects of processing (germination and popping) on the nutritional and anti-nutritional properties of finger millet (*Eleusine coracana*). *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(2), 566-572.
- Chen, J., Wang, L., Xiao, P., Li, C., Zhou, H. and Liu, D. 2021, Informative title: Incorporation of finger millet affects in vitro starch digestion, nutritional, antioxidative and sensory properties of rice noodles. *LWT-Food Science Technology*, 151, 112145.

- Chung, H. J., Cho, A. and Lim, S. T., 2012, Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle. *LWT-Food Science and Technology*, 47(2), 342-347.
- Chung, H. J., Lim, H. S. and Lim, S. T., 2006, Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch. *Journal of Cereal Science*, 43, 353-359.
- Chung, S. I., Lewis, M. S., Folk, J. E., 1974, Relationships of the catalytic properties of human plasma and platelet transglutaminases (activated blood coagulation factor XIII) to their subunit structures, *Journal Of Biological Chemistry*, 249, 940-950.
- Collado, L. S., Mabesa, L. B., Oates, C. G. and Corke, H., 2001, Bihon-type noodles from heat-moisture-treated sweet potato starch. *Journal of Food Science*, 66.
- Cui, S. W., Liu, Q., Xie, S. X., 2005, Chapter 8 Starch Modifications and Applications in Food Carbohydrates Chemistry, *Physical Properties and Applications*.
- De Jong, G. A. H. and Koppelman, S. J., 2002, Transglutaminase catalyzed reactions: impact on food applications, *Journal Of Food Science*, 67 (8), 2798- 2806.
- Delost-Levis, K., Lorenz, K., Tribelhorn, R., 1992, Puffing quality of experimental varieties of proso millets (*Panicum miliaceum*), *Cereal Chemistry* 69, 359-365.
- Demir, B. and Bilgiçli, N., 2020, Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours, *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3884-3892.
- Demir, B., 2018, Çimlendirilmiş kinoa ununun glutenli ve glutensiz makarna üretiminde kullanım imkanları, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Demirbas, A., 2005, β -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. *Food Chemistry* 90, 773-777.
- Dendy, D. A. V., 1995, *Sorghum and Millets: Chemistry and Technology*, AACC, St.Paul, Minesota, 406.
- Desphande, S. S. and Cheryan, M., 1984, Effect of phytic acid, divalent cations and their interactions on α -amilase activity, *Journal of Food Science*, 49 (2), 516-519.
- Devi, P. B., kbharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N. G., Priyadarisini, V. B., 2011, Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1021-1040.
- Devi, P. B., Vijayabharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N. G. and Priyadarisini, V. B., 2014, Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols

- and dietary fiber: A review, *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1021-1040.
- di Cagno, R., de Angelis, M., Auricchio, S., Greco, L., Clarke, C., de Vincenzi, M., Giovannini, C., d'Archivio, M., Landolfo, F., Parrilli, G., Minervini, F., Arendt, E., Gobbetti, M., 2004, Sourdough bread made from wheat and non-toxic flours and started with selected *Lactobacilli* is tolerated in celiac sprue patients, *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 1088-1096.
- Duodu, K. G. and Dowell, F. E., 2019, Sorghum and millets: quality management systems. In *Sorghum and millets*, AACC International Press, 424-442.
- Egli, I., Davidsson, L., Juillerat, M. A., Barclay, D. and Hurrell, R. F., 2002, The influence of soaking and germination on the phytase activity and phytic acid content of grains and seeds potentially useful for complementary feedin. *Journal of food science*, 67(9), 3484-3488.
- Ergün, A., Tuncer, Ş. D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M. K., Küçükersan, S., Önel, A. G., Muğlalı, Ö. H. ve Şehu, A., 2002, Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi*, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, 465.
- Faergemand, M., Otte, J., Qvist, K. B., 1998, Emulsifying properties of milk proteins cross-linked with microbial transglutaminase, *International Dairy Journal*, 8, 715–723.
- FAO, (1995) *Sorghum and Millets in Human Nutrition*, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, 184.
- FAO, 2023, <https://www.fao.org/turkiye/events/event-detail/tr/c/1651047/> , (Erişim Tarihi: 14.08.2023).
- Fathi, B., Aalami, M., Kashaninejad, M. and 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.
- 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.
- Finney, K. F., Yamazaki, W. T., Youngs, V. L. and Rubenthaler, G. L., 1987, Quality of hard, soft and durum wheats, *Wheat and Wheat Improvement*, Agronomy (USA), 13, 677-74.
- Finney, P. L., 1985, Effect of germination on cereal and legume nutrients changes and food or feed value: A Comprehensive Review, *Recent Advanced Phytochemistry*, 17, 229-305.
- Francis, F. J., 1998, Colour analysis, in: S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis*, An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, 599-612.

- Franco, C. M. L., Ciacco, C. F. and Tavares, D. Q., 1995, Effect of heat-moisture treatment on the enzymatic susceptibility of corn starch granules, *Starch - Stärke*, 47, 223–228.
- Gao, X., Björk, L., Trajkovski, V. and Uggla, M., 2000, Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (14), 2021-2027.
- Gaspar, A. L. C. and Favoni, S. P. G., 2015, Action Of Microbial Transglutaminase (Mtgase) In The Modification Of Food Proteins: A Review, *Food Chemistry*, 171: 315-322.
- Geervani, P, Eggum, B. O., 1989, Nutrient composition and protein quality of minor millets, *Plant Foods for Human Nutrition* 39, 201-208.
- Gerrard, J. A., 2002, Protein–Protein Crosslinking In Food: Methods, Consequences, Applications, *Trends In Food Science & Technology*, 13 (12): 391-399.
- Gombart, A. F., Pierre, A., Maggini, S., 2020, A Review of Micronutrients and the Immune System-Working in Harmony to Reduce the Risk of Infection, *Nutrients*, 12(1), 236.
- Gómez-Favela, M. A., Gutiérrez-Dorado, R., Cuevas-Rodríguez, E. O., Canizalez-Román, V. A., del Rosario León-Sicairos, C., Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C., 2017, Improvement of chia seeds with antioxidant activity, GABA, essential amino acids, and dietary fiber by controlled germination bioprocess, *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(4), 345-352.
- Gotcheva, V., Pandiella, S. S., Angelov, A., Roshkova, Z., Webb, C., 2001, Monitoring the fermentation of the traditional Bulgarian beverage boza. *International Journal of Food Science and Technology*, 36,129-34.
- Gromova, Z., 1991, Buckwheat in human diet. In: Anonymous (Ed) Common Buckwheat – the Important Source of Biofoodstuffs, VULP, Nitra, 75-88.
- Gujral, H. S. and Rosell, C. M., 2004, Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 39, 225–230.
- Gull, A., Prasad, K. and Kumar, P., 2015, Optimization and functionality of millet supplemented pasta, *Food Science and Technology*, 35, 626-632.
- Gunaratne, A. ve Hoover, R., 2002, Effect of heat moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*, 49, 425-437.
- Gupta, N., Srivastava, A. K. and Pandey, V. N., 2012, Biodiversity and nutraceutical quality of some Indian millets. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 82, 265-273.

- Gyamfi, M. A., Yonamine, M. and Aniya, Y., 1999, Free radical scavenging action of medical herbs from ghane: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries, *General Pharma*, 32 (6), 661-667.
- Hassan, A. B., Ahmed, I. A. M., Osman, N. M., Eltayeb, M. M., Osman, G. A., Babiker, E. E., 2006, Effect of processing treatments followed by fermentation on protein content and digestibility of pearl millet (*Pennisetum typhoideum*) cultivars. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(1), 86-9.
- Haug, W. and Lantzsch, H. J., 1983, Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426.
- He, P., Noda, Y., Sugiyama, K., 2001, Suppression of lipopolysaccharide-induced liver injury by various types of tea and coffee in D-galactosamine-sensitized rats, *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 65, 670-673.
- Hegde, P. S., Chandra, T. S., 2005, ESR spectroscopic study reveals higher free radical quenching potential in kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*) compared to other millets, *Food Chemistry*, 92:177–82.
- Honke, J., Kozłowska, H., Vidal-Valverde, C., Frias, J., Górecki, R., 1998, Changes in quantities of inositol phosphates during maturation and germination of legume seeds. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 206, 279-283.
- Hoover, R. and Vasanthan, T., 1994, The effect of annealing on the physicochemical properties of wheat, oat, potato and lentil starches, *Journal of Food Biochemistry*, 17, 303–325.
- Hotz, C., Gibson, R. S., 2007, Traditional food-processing and preparation practices to enhance the bioavailability of micronutrients in plant-based diets. *Journal of Nutrition*, 37, 1097-100.
- Hung, P. V., Maeda, T., Yamamoto, S. and Morita, N., 2012, Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (3), 667-672.
- Hurrell, R. F., Reddy, M. B., Juillerat, M. A. and Cook, J. D., 2003, Degradation of Phytic Acid In Cereal Porridges Improves Iron Absorption by Human Subjects, *American Journal of Clinical Nutrition*, 77, 1213-1219.
- Hymavathi, T. V., Thejasri, V. and Roberts, T. P., 2019, Enhancing cooking, sensory and nutritional quality of finger millet noodles through incorporation of hydrocolloids, *International Journal of Chemical Studies*, 7(2), 877-881.
- Iljin, V. A., Michajlova, J. J., Rasskazova, O. C., 1973, The ways to obtaining high- ly prolific varieties of proso millet. In: *Selection and Seed Production of Pro- so Millet*, Kolos, Moscow, 61-74.

- Izydorczyk, M. S., Lagasse, S. L., Hatcher, D. W., Dexter, J. E. And Rossnagel, B. G., 2005, The enrichment of Asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85 (12), 2094-2104.
- Jacobs, H. and Delcour, J. A., 1998, Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: A review, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2895–2905.
- Jagati, P. and Debasmita Dash, I. M., 2021, Finger millet (Ragi) as an essential dietary supplement with key health benefits: A review, *International Journal of Home Science*, 7(2), 94–100.
- Jalgaonkar, K. and Jha, S. K., 2016, Influence of particle size and blend composition on quality of wheat semolina-pearl millet pasta, *Journal of Cereal Science*, 71, 239-245.
- Jasovskij, I. V., 1987, Selection and seed production of proso millet. Agropromizdat, Moskova, 255.
- Jaybhaye, R. V., Pardeshi, I. L., Vengaiah, P. C., Srivastav, P. P., 2014, Processing and technology for millet based food products: a review, *Journal of ready to eat food*, 1(2), 32-48.
- 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.
- Jyothi, E., Reddy, P., 1981, The effect of germination and cooking on the in vitro digestibility of starch in some legumes, *Nutrition Reports International (USA)*.
- Kalinova, J. and Moudry, J., 2006, Content and quality of protein in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties, *Plant Foods for Human Nutrition*, 61(1), 43-47.
- Kalinová, J., 2002, Comparison of productivity and quality in common buck- wheat and proso millet (in Czech), *PhD Thesis*, University of South Bohemia, Ceske Budejovice, 175.
- Karatekin, E., 2008, Süne zararına uğramış buğday ununun katkı maddeleri kullanılarak ekmeklik kalitesinin iyileştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kedare, S. B. and Singh, R. P., 2011, Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay, *Journal of food science and technology*, 48, 412-422.
- Kılıçer, F. N., 2018, Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin besinsel ve fonksiyonel özellikleri üzerine bir araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Kim, Y., Kee, J. I., Lee, S., Yoo, S.-H. 2014, Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase, *Food Chemistry*, 145, 409-416.
- King, R. D. ve Puwastien, P., 1987, Effects of germination on the proximate composition and nutritional quality of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) seeds, *Journal of Food Science*. 52, 106-108.
- Koehler, P., Hartmann, G., Wieser, H. and Rychlik, M., 2007, Changes of folates, dietary fiber, and proteins in wheat as affected by germination, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (12), 4678-4683.
- Konapur, A., Gavaravarapur, S. R. M., Gupta, S. and Nair, K. M., 2014, Millets in meeting nutrition security: Issues and way forward for India, *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 51, 306–321.
- Kothari, S. L., Kumar, S., Vishnoi, R. K., Kothari, A. and Watanabe, K. N., 2005, Applications of biotechnology for improvement of millet crops: review of progress and future prospects, *Plant Biotechnology*, 22, 81-88.
- Krishnan, M. and Prabhasankar, P., 2010, Studies on pasting, microstructure, sensory, and nutritional profile of pasta influenced by sprouted finger millet (*Eleucina coracana*) and green banana (*Musa paradisiaca*) flours, *Journal of Texture Studies*, 41(6), 825-841.
- Krishnan, R., Dharmaraj, U. and Malleshi, N. G., 2012, Influence of decortication, popping and malting on bioaccessibility of calcium, iron and zinc in finger millet, *LWT- Food Science and Technology*, 48(2), 169-174.
- Kulkarni, S. S., Desai, A. D., Ranveer, R. C. and Sahoo, A. K., 2012, Development of nutrient rich noodles by supplementation with malted ragi flour, *International Food Research Journal*, 19(1), 309.
- Kumar, A., Kaur, A., Gupta, K., Gat, Y. and Kumar, V., 2021, Assessment of germination time of finger millet for value addition in functional foods, *Current Science*, 406-413.
- Kumar, C. M., Sabikhi, L., Singh, A. K., Raju, P. N., Kumar, R. and Sharma, R. 2019, Effect of incorporation of sodium caseinate, whey protein concentrate and transglutaminase on the properties of depigmented pearl millet based gluten free pasta, *LWT-Food Science and Technology*, 103, 19-26.
- Kumar, Y., Sharanagat, V. S., Singh, L. and Mani, S. 2020, Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*), *Legume Science*, 2(1), 20.
- 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, S., Bhinder, S., Singh, B. and Kaur, A., 2023, Physicochemical properties, non-nutrients and phenolic composition of germinated freeze-dried flours of foxtail millet, proso millet and common buckwheat, *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 105043.
- Kuo, Y. H., Rozan, P., Lambein, F., Frias, J. and Vidal-Valverde, C., 2004, Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes, *Food Chemistry*, 86 (4), 537–545.
- Kuraishi, C., Yamazaki, K. and Susa, Y., 2001, Transglutaminase: its utilization in the food industry, *Food reviews international*, 17(2), 221-246.
- Kurt, Ş. ve Zorba, Ö., 2004, Transglutaminazların bazı gıdaların özellikleri üzerindeki etkileri, *Bilimsel Gıda*, 2: 8-11.
- Kylen, A. M., McCready, R. M., 1975, Nutrients in seeds and sprouts of alfalfa, lentils, mung beans and soybeans, *Journal of Food Science*, 40, 1008-1009.
- Lande, S. B., Thorats, S. and Kulthe, A. A. 2017, Production of nutrient rich vermicelli with malted finger millet (Ragi) flour, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 702-710.
- Lee, Y. S., Yoon, H. S., Lee, S. Y., Lee, J. K., Park, C. S., Seo, W. D., ... and Song, I. G., 2012, Characteristics of wheat flour dough and noodles with barnyard millet (*Echinochloa* spp.), *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 25(4), 706-712.
- Lestienne, I., Caporiccio, B., Besancon, P., Rochette 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, M. N., Xie, Y., Chen, H. Q. and Zhang, B., 2019, Effects of heat-moisture treatment after citric acid esterification on structural properties and digestibility of wheat starch, A-and B-type starch granules, *Food Chemistry*, 272, 523-529.
- Li, S., Ward, R., Gao, Q., 2011, Effect of heat moisture treatment on the formation and physicochemical properties of resistant starch from mung bean (*Phaseolus radiatus*) starch, *Food Hydrocolloids*, 25, 1702-1709.
- Liu, C., Jiang, X., Wang, J., Li, L., Bian, K., Guan, E. and Zheng, X., 2019, Effect of heat-moisture treatment of germinated wheat on the quality of Chinese white salted noodles, *Cereal Chemistry*, 96(1), 115-128.
- Liu, J., Tang, X., Zhang, Y., Zhao, W., 2012, Determination of the volatile composition in brown millet, milled millet and millet bran by gas chromatography/ mass spectrometry, *Molecules*, 17:2271, 82.

- Lorenz, K., 1980, Cereal Sprout: Composition, Nutritive Value, Food Applications, *CRC-Critical Reviews Food Science Nutrition*, 13(4), 353-385.
- Lorenz, K., 1983, Tannins and phytate content in proso millets (*Panicum miliaceum*), *Cereal Chemistry*, 60, 424-426.
- Lorenz, K., D'Appolonia, B., 1980, Cereal sprouts: composition, nutritive value, food applications, *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. 13, 353-385.
- Lorenz, K., Hwang, Y. S., 1986, Lipids in proso millet (*Panicum miliaceum*) flours and bran, *Cereal Chemistry*, 63, 387-390.
- Lorlowhakarn, K. and Naivikul, O., 2006, Modification of rice flour by heat moisture treatment (HMT) to produce rice noodles, *Kaset-sart Journal*, 40, 135-143.
- Mal, B., Padulosi, S. and Bala Ravi, S., 2010, Minor millets in South Asia: learnings from IFAD-NUS Project in India and Nepal.
- Malleshi, N. G., Desikachar, H. S. R., Tharanathan, R. N., 1986, Free sugars and non-starchy polysaccharides of finger millet (*Eleusine coracana*), pearl millet (*Pennisetum typhoideum*), foxtail millet (*Setaria italica*) and their malts, *Food Chemistry*, 20: 253-261.
- Malleshi, N. G. and Hadimani, N. A., 1993, Nutritional and technological characteristics of small millets and preparation of value added products from them, *Advances in small millets*, 270-287.
- Mamiro, P. R. S., Van Camp, J., Mwikya, S. M., Huyghebaert, A., 2001, In vitro extractability of calcium, iron, and zinc in finger millet and kidney beans during processing, *Journal of Food Science*, 66:1271-5.
- Manthey, F. A., Sinha, S., Wolf-Hall, C. E. and Hall, C. A., 2008, Effect of flaxseed flour and packaging on shelf life of refrigerated pasta, *Journal of Food Processing and Preservation*, 32 (1), 75-87.
- Masud, T., Mahmood, T., Latif, A., Sammi, S., Hameed, T., 2007, Influence of processing and cooking methodologies for reduction of phytic acid content in wheat (*Triticum aestivum*) varieties, *Journal of Food Processing and Preservation*, 31(5), 583-594.
- Mbithi-Mwikya, S., Van Camp, J., Yiru, Y. and Huyghebaert, A., 2000, Nutrient and antinutrient changes in finger millet (*Eleusine coracana*) during sprouting, *LWT-Food Science and Technology*, 33:(1), 9-14.
- Meherunnahar, M., Ahmed, T., Chowdhury, R. S., Miah, M. A. S., Sridhar, K., Inbaraj, B. S., ... & Sharma, M., 2023, Development of novel foxtail millet-based nutri-rich instant noodles: Chemical and quality characteristics, *Foods*, 12(4), 819.

- Mohamed, T. K., Zhu, K., Issoufou, A., Fatmata, T., Zhou, H., 2009, Functionality, in vitro digestibility and physicochemical properties of two varieties of defatted foxtail millet protein concentrates, *International Journal of Molecular Science*, 10:522-438.
- Morah, F. and Etukudo, U. P., 2017, Effect of sprouting on nutritional value of *Panicum miliaceum* (proso millet), *Edorium Journal of Nutrition and Dietetics*, 4, 1-4.
- Motoki, M., Seguro, K., 1998, Transglutaminase And Its Use For Food Processing, *Food Science And Technology*, 9: 204-210.
- Mugocha, P. T., Taylor, J. R. N., Bester, B. H., 2000, Fermentation of a composite finger millet-dairy beverage. *World J Microbiol Biotechnol*, 16:341–4.
- Murzamadieva, M. A., 1979, Proso millet, *Kolos*, Alma-ata, 80.
- Narsih, Yunianta and Harijono, 2012, The study of germination and soaking time to improve nutritional quality of sorghum seed, *International Food Research Journal*, 19 (4), 1429-1432.
- Nguyen, T. H., Vu, D. C., Ho, T. H., Nguyet, N. T., Tuan, N. N., Thang, T. D., ... and Rose, D. J., 2022, Changes in enzymatic activity and in vitro protein digestibility of four millet varieties upon germination and quality evaluation of cookies prepared from germinated millet composite flours, *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(10), 16854.
- Nirmala, M., Subba, Rao, M. V. S. S. T. and Muralikrishna, G., 2000, Carbohydrates and their degrading enzymes from native and malted finger millet (*Ragi*, *Eleusine coracana*, Indaf-15), *Food Chemistry*, 69: 175-180.
- Oh, N. H., Seib, P. A., Chung, D. S. and Deyoe, C. W., 1985, Noodle. III. Effects of processing variables on the quality of dry noodle, *Cereal Chemistry*, 62 (6), 437-440.
- Ohm, J. B., Lee, C. W. and Cho, K., 2016, Germinated wheat: Phytochemical composition and mixing characteristics, *Cereal Chemistry*, 93(6), 612-617.
- Owhero, J. O., Ifesan, B. O. and Kolawole, A. O., 2019, Physicochemical properties of malted finger millet (*Eleusine coracana*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*), *Food science & nutrition*, 7(2), 476-482.
- Özata, M., 2022, Magnezyumun iyileştirici gücü, Efe Akademi Yayınları.
- Özkaya, H. ve Kahveci, B., 1990, Tahıl ve ürünleri analiz yöntemleri, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 14, 152.
- Pakfetrat, S., Amiri, S., Radi, M., Abedi, E. and Torri, L., 2020, The influence of green tea extract as the steeping solution on nutritional and microbial characteristics of germinated wheat, *Food Chemistry*, 332, 127288.

- Parameswaran, K. P. And Sadasivam, S., 1994, Changes in the carbohydrates and nitrogenous components during germination of proso millet, *Panicum miliaceum*, *Plant Foods for Human Nutrition*, 45, 97-102.
- Parameswaran, K. P. and Thayumanavan, B., 1995, Homologies between prolamins of different minor millets, *Plant Foods for Human Nutrition*, 48, 119-126.
- Park, K. O., Ito, Y., Nagasawa, T., Choi, M. R., Nishizawa, N., 2008, Effects of dietary korean proso-millet protein on plasma adiponectin, HDL cholesterol, insulin levels and gene expression in obese type 2 diabetic mice, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 72(11), 2918-25.
- Paucar-Menacho, L. M., Berhow, M. A., Gontijo-Mandarino, J. M., 2010, Optimisation of germination time and temperature on the concentration of bioactive compounds in Brazilian soybean cultivar BRS 133 using response surface methodology, *Food Chemistry*, 119, 636-642.
- Perales-Sánchez, J. X. K., Reyes-Moreno, C., Gómez-Favela, M. A., Milán-Carrillo, J., Cuevas-Rodríguez, E. O., Valdez-Ortiz, A. and Gutiérrez-Dorado, R., 2014, Increasing the antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents by optimizing the germination conditions of amaranth seeds, *Plant Foods Human Nutrition*, 69, 196-202.
- Petr, J., Michalik, I., Tlaskalova, H., Capouchova, I., Famera, O., 2003, Extention of the spectra of plant products for diet in coeliac disease, *Czech Journal of Food Sciences*, 21, 59-70.
- Rachie, K. O., 1975, The Millets. Importance, Utilization and Outlook. Hyderabad: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT).
- Ramakrishnan, S. R., Antony, U. and Kim, S. J., 2023, Non-thermal process technologies: Influences on nutritional and storage characteristics of millets, *Journal of Food Process Engineering*, 46(10), 14215.
- Ranganna, B., Ramya, K. G. and Kalpana, B., 2012, Development of small millets cold extruded products (vermicelli and pasta), *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 46(2), 300-350.
- Rathore, S., Singh, K. and Kumar, V., 2016, Millet grain processing, utilisation and its role in health promotion: A review, *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(5), 318–329.
- 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.

- Rosenson, R. S., Brewer, H. B., Barter, P. J., Björkegren, J. L. M., Chapman, M. J., Gaudet, D., Kim, D. S., Niesor, E., Rye, K. A., Sacks, F. M., 2017, HDL and atherosclerotic cardiovascular disease: Genetic insights into complex biology. *Nature Reviews Cardiology*, 15, 9-19.
- Sade, F. O., 2009, Proximate, antinutritional factors and functional properties of processed pearl millet (*Pennisetum glaucum*), *Journal of Food Technology*, 7(3), 92-97.
- Saleh, A. S. M., Zhang, Q., Chen, J. and Shen, Q., 2013, Millet Grains: Nutritional quality, processing, and potential health benefits, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (3), 281-295.
- Salunkhe, D. K., Jadhav, S. J., Kadam, S. S., Chavan, J. K., 1985, Chemical, biochemical, and biological significance of polyphenols in cereals and legumes, *Plant Physiology*, 79, 480-484.
- Sandhu, K. S., Siroha, A. K., Punia, S. and Nehra, M., 2020, Effect of heat moisture treatment on rheological and in vitro digestibility properties of pearl millet starches, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 1, 100002.
- Sangronis, E. and Machado, C. J., 2007, Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*, *LWT-Food Science and Technology*, 40(1), 116-120.
- Schafrański, K., Ito, V. C. and Lacerda, L. G., 2021, Impacts and potential applications: A review of the modification of starches by heat- moisture treatment (HMT), *Food Hydrocolloids*, 117.
- Schmid, T., Loschi, M., Hiltbrunner, J. and Müller, N. 2023, Assessment of the suitability of millet for the production of pasta, *Applied Food Research*, 3(1), 100247.
- Seol, H. and Sim, K. H., 2017, Quality characteristics of noodles with added germinated black quinoa powder, *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 30(1), 19-30.
- Serdaroğlu, M., Turp., G. Y., 2003, Gıda İşlemede Transglutaminaz Kullanımı, *Gıda*, 28(2): 209- 215.
- Serrano, M. R., Thompson, L. U., Savoie, L. and Parent, G., 1985, Effect of phytic acid on the in-vitro rate of digestibility of rapeseed protein and amino acids, *Journal of Food Science*, 50(6), 1689-1692.
- Sharma, M., 2023, Development of novel foxtail millet-based nutri-rich instant noodles: Chemical and quality characteristics, *Foods*, 12(4), 819.
- Sharma, O. P. and Bhat, T. K., 2009, DPPH antioxidant assay revisited, *Food chemistry*, 113(4), 1202-1205.

- Sharma, R. R., Demirci, A., 2003, Treatment of Escherichia coli O157:H7 Inoculated Alfalfa Seeds and Sprouts with Electrolyzed Oxidizing Water, *International Journal of Food Microbiology*, 86, 231-237.
- Sharma, R. R., Demirci, A., Beuchat, L. R. and Fett, W. F., 2002, Inactivation of Escherichia coli O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with ozonated water and heat treatment, *Journal of Food Protection*, 65, 447-451.
- Sharma, S., Saxena, D. C. and Riar, C. S., 2016, Analysing the effect of germination on phenolics, dietary fibres, minerals and γ -amino butyric acid contents of barnyard millet (*Echinochloa frumentaceae*), *Food Bio-science*, 13, 60–68.
- Sharma, S., Saxena, D. C. and Riar, C. S., 2018, Characteristics of β -glucan extracted from raw and germinated foxtail (*Setaria italica*) and kodo (*Paspalum scrobiculatum*) millets, *International journal of biological macromolecules*, 118, 141-148.
- Sharma, S., Saxena, D. C., Riar, C. S., 2015, Antioxidant activity, total phenolics, flavonoids and antinutritional characteristics of germinated foxtail millet (*Setaria italica*), *Cogent Food Agriculture*, 1 (1), 1081728.
- Shobana, S. and Malleshi, N. G., 2007, Preparation and functional properties of decorticated finger millet (*Eleusine coracana*), *Journal of Food Engineering*, 79, 529-538.
- Shukla, K. and Srivastava, S. 2014, Evaluation of finger millet incorporated noodles for nutritive value and glycemic index, *Journal of food science and technology*, 51, 527-534.
- Sierra, I., Vidal-Valverde, C., 1999, Kinetics of free and glycosylated B6 vitamers, thiamin and riboflavin during germination of pea seeds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79, 307-310.
- Sihag, M. K., Sharma, V., Goyal, A., Arora, S. and Singh, A. K., 2015, Effect of domestic processing treatments on iron, β -carotene, phytic acid and polyphenols of pearl millet, *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1109171.
- Sindhu, R., Devi, A. and Khatkar, B. S., 2019, Physicochemical, thermal and structural properties of heat moisture treated common buckwheat starches, *Journal of food science and technology*, 56, 2480-2489.
- 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*, 48:276–82.
- Singh, P. and Raghuvanshi, R. S., 2012, Finger millet for food and nutritional security, *African Journal Food Science*, 6(4): 77-84.
- Singleton V. L. and Rossi J. A., 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

- Slathia, N., Bandral, J. D. and Sood, M., 2016, Quality evaluation of noodles supplemented with germinated mungbean flour, *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 6(2), 451-456.
- 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.
- Sripriya, G., Antony, U., Chandra, T. S., 1997, Changes in carbohydrate, free amino acids, organic acids, phytate and HCl extractability of minerals during germination and fermentation of finger millet (*Eleusine coracana*), *Food Chemistry*, 58(4):345-50.
- Subba Rao, M. V. S. S. T. and Muralikrishna, G., 2001, Non-starch polysaccharides and bound phenolic acids from native and malted finger millet, *Food Chemistry*, 72:187-192.
- Suberbie, F., Mendizabal, D., Mendizabal, C., 1981, Germination of soybeans and its modifying effects on the quality of full-fat soy flour, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58, 192-194.
- Subramanian, S., Viswanathan, R., 2003, Thermal properties of minor millet grains and flours, *Biosystems Engineering*, 84, 289-296.
- Subramanian, S., Viswanathan, R., 2007, Bulk density and friction coefficients of selected minor millet grains and flours, *Journal of Food Engineering*, 81(1), 118-26.
- Suma, P. F. and Urooj, A., 2012, Antioxidant activity of extracts from foxtail millet (*Setaria italica*), *Journal of food science and technology*, 49, 500-504.
- Suma, P. F. and Urooj, A., 2014, Influence of germination on bioaccessible iron and calcium in pearl millet (*Pennisetum typhoideum*), *Journal of food science and technology*, 51, 976-981.
- Sun, Q., Gong, M., Li, Y. and Xiong, L., 2014, Effect of dry heat treatment on the physicochemical properties and structure of proso millet flour and starch, *Carbohydrate Polymers*, 110, 128-134.
- Şenlik, A. S. ve Alkan, D., 2021, Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin kimyasal özellikleri ve çimlendirmeyele açığa çıkan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri, *Akademik Gıda*, 19 (2), 198-207.
- Takacs, K., Nemedi, E., Marta, D., Gelencser, E., Kovacs, E. T., 2007, Use of the enzyme transglutaminase for developing gluten free noodle products from pea flour, *Acta Aliment*, 36, 195-205.

- Thao, N. T. T. and Niwat, C., 2018, Effect of germinated colored rice on bioactive compounds and quality of fresh germinated colored rice noodle, *Applied Science and Engineering Progress*, 11(1), 27-37.
- Thayumanavan, B., Sadasivam, S., 1984, *Plant Foods for Human Nutrition*, 34:253.
- Thompson, L. V., 1993, Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods, *Food Research International*, 26:13-49.
- Torres, A., Frias, J., Granito, M. and Vidal-Valverde, C., 2007, Germinated Cajanus cajan seeds as ingredients in pastaproducts: Chemical, biological and sensory evaluation, *Food Chemistry*, 101 (1), 202-211.
- Tripathi, J., Prasad, R., Gupta, A. and Puranik, V., 2015, Development of value added Pasta with incorporation of malted finger millet flour, *Journal of Applied and Natural Science*, 7(2), 598-601.
- Truswell, A. S., 2002, Cereal grain and coronary heart disease. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 1,4.
- Tsao, R., 2010, Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols, *Nutrients*, 2:123-146.
- Uran, H., Aksu, F., Yılmaz, I. and Durak M. Z., 2013, Transglutaminaz enziminin tavuk köftesinin kalite özelliklerine etkisi, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 331-335.
- USDA, 2000, Dietary guidelines for americans. us government printing office. us department of agriculture, *Department of Health and Human Services*, Washington, DC.
- USDA, 2005, Nutrition and your health: dietary guidelines for Americans. US Department of Agriculture, *Department of Health and Human Services*, Washington, DC.
- Ülger, H., Coşkun, A., 2003, Çinko: Temel fonksiyonları ve metabolizması, *Düzce Tıp Fakültesi Dergisi*, 5(2): 38-44.
- Ünsün, G. 2023, *Kanserde Beslenme, İnkılap Kitabevi, İstanbul*, 33-35.
- Van Rensburg, S. J., 1981, Epidemiological and dietary evidence for a specific nutritional predisposition to esophageal cancer, *Journal of National Cancer Institute*, 67(2), 243-51.
- Veena, B., 2003, Nutritional, functional and utilization studies on barnyard millet. *M. Sc. Thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad (Karnataka), India*.
- Velisek, J., 1999, *Food Chemistry*, OSSIS, Tabor, 328.

- Verma, V. and Patel, S., 2012, Nutritional security and value added products from finger millets (ragi), *Journal of Applicable Chemistry*, 1, 485-489.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., 1992, Changes in carbohydrates during germination of lentils, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 194, 461-464.
- Vijayakumar, T. P., Mohankumar, J. B. and Srinivasan, T., 2010, Quality evaluation of noodles from millet flour blend incorporated composite flour, *Journal of Scientific & Industrial Research*, 69, 48-54.
- Vitali, D., Vedralina Dragojević, I. and Šebečić, B., 2009, Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits, *Food Chemistry*, 114, 1462–1469.
- Wang, F., W. Huang, Y. Kim, R. Liu, and Tilley, M., 2011, Effects of transglutaminase on the rheological and noodle-making characteristics of oat dough containing vital wheat gluten or egg albumin, *Journal of Cereal Science*, 54, 53-59.
- Wen, Y., Liu, J., Meng, X., Zhang, D. and Zhao, G., 2014, Characterization of proso millet starches from different geographical origins of China, *Food Science Biotechnology*, 23, 1371-1377.
- Weng, Z. J., Wang, B. J. and Weng, Y. M., 2020, Preparation of white salted noodles using rice flour as the principal ingredient and the effects of transglutaminase on noodle qualities, *Food Bioscience*, 33, 100501.
- Wheeler, E. L., and Ferrel, R. E. 1971, A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions.
- Xing, G., Rui, X., Jiang, M., Xiao, Y., Guan, Y., Wang, D. and Dong, M., 2016, In vitro gastrointestinal digestion study of a novel bio-tofu with special emphasis on the impact of microbial transglutaminase, *PeerJ*, 4: e2754.
- Xu, J. G., Tian, C. R., Hu, Q. P., Luo, J. Y., Wang, X. D. and Tian, X. D., 2009, Dynamic changes in phenolic compounds and antioxidant activity in oats (*Avenanuda L.*) during steeping and germination, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (21), 10392-10398.
- Xu, L., Wang, P., Ali, B., Yang, N., Chen, Y., Wu, F., Xu, X., 2017, Changes of the phenolic compounds and antioxidant activities in germinated adlay seeds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 4227-4234.
- Yalcin, S. and Basman, A., 2008, Quality characteristics of corn noodles containing gelatinized starch, transglutaminase and gum, *Journal of Food Quality*, 31(4), 465-479.
- 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., Luo, Y., Wang, H., Li, J., Gao, X., Gao, J. and Feng, B., 2021, Effects of germination on the physicochemical, nutritional and in vitro digestion characteristics of flours from waxy and nonwaxy proso millet, common buckwheat and pea, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 67, 102586.
- Yaver, E. and Bilgiçli, N., 2020, Effect of transglutaminase on quality attributes of noodle enriched with germinated mung bean flour, *Gıda*, 45(6), 1097-1108.
- Yetim, H., Öztürk, İ., Törnük, F., Sağdıç, O. ve Hayta, M., 2010, Yenilebilir bitki ve tohum filizlerinin fonksiyonel özellikleri, *Gıda*, 35 (3), 205-210.
- Yıldız, S., 1996, Soya filizi üretim koşullarının belirlenmesi üzerine araştırma, Yüksek lisans tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Yılmaz, V. A., 2012, Siyez (*Triticum monoccum*, L.) ve durum (*Triticum durum*) buğdaylarının kalite, biyoaktif bileşenler ve antioksidan aktivitedeki değişimler, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun.
- Yildiz, L., 2007, Bazı bitki örneklerinde antioksidan kapasitenin spektrofotometrik ve kromatografik tayini, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Yousaf, L., Hou, D., Liaqat, H. and Shen, Q., 2021, Millet: A review of its nutritional and functional changes during processing, *Food Research International*, 142, 110197.
- Yüksel, Z. ve Erdem, Y. K., 2008, Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları: enzimin gıda süreçlerinde kullanım olanakları, *Gıda*, 33 (3): 143-149.
- Yüksel, Z., Erdem, Y. K. 2007, Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları: 1. Enzimin Genel Özellikleri, *Gıda*, 32 (6), 287-292.
- Zhang, Y., Ma, Z., Cao, H., Huang, K. and Guan, X., 2022, Effect of germinating quinoa flour on wheat noodle quality and changes in blood glucose, *Food Bioscience*, 48, 101809.
- Zieliński, H., Frias, J., Piskula, M. K., Kozłowska, H., Vidal-Valverde, C., 2006, The Effect Of Germination Process On The Superoxide Dismutase-Like Activity And Thiamine, Riboflavin And Mineral Contents Of Rapeseeds, *Food Chemistry*. 99, 516-520.

EKLER

EK-1 Ham ve çimlendirilmiş darı unu ilavesi ve “nemli ısıl işlem + transglutaminaz kombinasyonu” ile üretilen erişte örnekleri

