



Araştırma Makalesi

**Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi**

**Tülin EKER<sup>\*1</sup>, Rabia TURAN<sup>2</sup>**

**ÖZ**

Bu çalışmada, beyaz, kırmızı ve siyah renkteki darılar çimlendirilerek un elde edilmiştir. Çimlenmemiş ve çimlenmiş unların kimyasal bileşimi, renk özellikleri, fenolik ve antioksidan potansiyeli ile mineral bileşimi belirlenmiştir. Darı unlarının nem içeriği çimlenme ile azalırken, protein içeriğinde hafif bir artış gözlenmiştir. Çimlenme işlemi, darı unlarının  $L^*$  değerlerinde genel bir artışa neden olmuştur. Çimlenme sürecinin beyaz, kırmızı ve siyah darı unlarının toplam fenolik bileşiminde sırasıyla 4.94, 4.96 ve 2.85 kat artışa neden olmuştur. Çimlenme ile mineraller arasında en çok artış kalsiyumda meydana gelmiştir. Çimlenmenin darı unlarında meydana getirdiği yapısal değişiklikler FT-IR spektroskopisi ile belirlenmiştir. Bu sonuçlar, ülkemizde kuş yemi olarak bilinen darının, çimlendirilmesiyle insanlar için değerli bir fonksiyonel gıda kaynağına dönüşebileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Darı, çimlendirme, toplam fenolik, antioksidan aktivite, mineral bileşimi, FT-IR

**The Effect of Germination on the Chemical Composition, Phenolic and Antioxidant Potential of White, Red, and Black Millet (*Pennisetum glaucum*) Flour**

**ABSTRACT**

In this study, white, red, and black millets were germinated to obtain flour. The chemical composition, color properties, phenolic and antioxidant potential, and mineral composition of ungerminated and germinated flours were determined. While the moisture content of millet flour decreased with germination, a slight increase in protein content was observed. Germination led to a general increase in the  $L^*$  values of millet flours. The germination process resulted in a 4.94-fold, 4.96-fold, and 2.85-fold increase in the total phenolic composition of white, red, and black millet flours. The most significant increase among minerals due to germination occurred in calcium. Structural changes induced by germination in millet flours were identified using FT-IR spectroscopy. These findings suggest that millet, known as birdseed in our country, can become a valuable functional food source for humans when germinated.

**Keywords:** Millet, germination, total phenolic, antioxidant capacity, mineral composition, FT-IR

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-9726-160X, 0009-0009-6479-8211

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 04.05.2024

Kabul Tarihi: 31.05.2024

<sup>1</sup>Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye

<sup>2</sup>Gıda Teknolojisi Bölümü, Kadirli Uygulama Bilimler Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye

\*E-posta: tulinsahin@osmaniye.edu.tr

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

### Giriş

Tahıllar, tarih boyunca insanların temel besin kaynaklarından biri olmuştur. Mısır, buğday ve pirinç gibi tahıllar bünyelerindeki lipitler, karbonhidratlar, proteinler, mineraller ve vitaminler ile insanların gıda tüketiminin yaklaşık %80'ini oluştururken küresel kalori ihtiyacının %50'sinden fazlasını karşılamaktadır (Pirzadah ve Malik, 2020).

Tarım sektörünün küreselleşmesi ve endüstrileşmesinin getirdiği tek çeşit tarım uygulamaları ve genetik çeşitliliğin azalması gibi olumsuz etkiler dünya genelinde hissedilmektedir. Tarım sektörü çoğunlukla buğday, pirinç ve mısır gibi birkaç tahıl türüne bağlı hale gelmiştir. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte gıda kriziyle karşılaşmanın önemli bir zorluk olacağı vurgulanmaktadır (Jan ve ark. 2023). Bu bağlamda, yüksek besin profiline sahip olan ve 21. yüzyılın bitkileri olarak kabul edilen yalancı tahıl veya tahıl benzeri tohumlar olarak bilinen bitkilerin yetiştirilmesi ve kullanımının gözden geçirilmesi önemlidir. Tahıl benzeri tohumlar içerisinde adı geçen darı türlerinin zengin besin profiline dolayı önemli bir potansiyele sahip olduğu belirtilmektedir (Yousaf ve ark., 2021). Darı türleri (millets) zengin fitokimyasal bileşimi ve sağlığa faydaları nedeniyle günümüzde gıda bilimcileri ve beslenme bilimcilerinin ilgisini çekmektedir. Dünyada üretimi yapılan çok sayıda darı cins ve türü olmasına rağmen, en fazla üretimi yapılan darılar; inci darı (Pearl millet) (*Pennisetum glaucum*), ragi darısı (Finger millet) (*Eleusine coracana*), kodo darı (*Paspalum setaceum*), kum darı (Proso Millet) (*Panicum miliaceum*), cin darı (Foxtail Millet) (*Setaria italica*), küçük darı (Little Millet) (*Panicum sumatrense*) ve darıcandır (*Echinochloa utilis*) (Boz, 2014; Dumanoglu ve ark., 2022). Darı türleri kuraklık, olumsuz hava koşulları ve gübre ve böcek ilacı gibi kimyasal girdilere ihtiyaç duymadan yetişebilen, ülkemizde daha çok kuş yemi olarak bilinen küçük taneli gıdalardır. Glutensiz tahıllar içinde yer alan olan darı türleri düşük glisemik Baklagil ve tahılların çimlendirilerek tüketilmesi son zamanların beslenme eğilimlerinden biri olmuştur. Aralarında çemen tohumu, acı bakla, nohut, mercimek ve fasulyenin olduğu

indekse (GI) sahiptir ve diyet lifi, kalsiyum, demir ve fosfor gibi minerallerin iyi bir kaynağı olması bakımından günümüzün öne çıkan gıda grupları arasındadır (Abioye ve ark., 2022). Gıda ve Tarım Örgütü 2023 yılı “Uluslararası Darı Yılı” ilan ederek darının beslenme ve sağlık yararlarına yönelik farkındalık yaratmayı ve çeşitli darı türlerinin tarımsal üretimini, kullanımını ve pazarlama potansiyelini arttırmayı amaçlamaktadır (FAO, 2023). Besin bileşenleri bakımından diğer bazı tahıl çeşitleri ile kıyaslandığında *E. coracana* darıda kalsiyum içeriğinin 350 mg/100g olduğu, *E. utilis* darının 18.6 mg/100g seviyesiyle buğdayın yaklaşık beş katı demir içerdiği belirlenmiştir (Saleh ve ark., 2013; Shahidi ve Chandrasekara, 2013). Darıların genel olarak lif bakımından mısır ve buğdaydan daha zengin olduğu, ayrıca bazı darı çeşitlerinin tiyamin ve riboflavin açısından öne çıktığı anlaşılmaktadır (Boz, 2014). Diğer taraftan fenolik içerik bakımından cin darı, kum darı, kodo darı, küçük darı, darıcan, ragi darısı ve inci darılarının aralarında olduğu Hindistan menşeli çeşitlerde ferulik asit ve onu takiben kafeik asit baskın fenolik asitler olarak belirlenmiştir (Goudar ve ark., 2023). Başka bir çalışmada ise ragi darısının çözünür fenolik bileşik içeriğinin 81.67-410.31 mg/100 g arasında bağlı fenolik bileşik miktarının ise 58.16-252.32 mg/100 g arasında değiştiğini bildirmiştir (Jinle ve ark., 2019). Polifenol ve diyet lifi içeriği ile diyabet riskini en aza indirme ve kolesterol düşürücü etkisi gibi birçok sağlık faydası bildirilen darı türlerinin fonksiyonel gıda bileşeni olarak giderek ünlendiği görülmektedir (Abioye ve ark., 2022). Darı türleri hakkında son zamanlarda yapılan bir derlemede darı çeşitlerinin gıda olarak kullanımı detaylıca ele alınmış insanların darı türlerinin sağlık faydaları hakkında bilinçlenmeleri ve bu tahılların tüketilmesinin önemine dikkat çekilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Hassan ve ark., 2021). Örneğin inci darısının glutensiz olması ve pirince göre daha yüksek lif içermesi nedeniyle çölyak hastaları için iyi bir gıda kaynağı olabileceği bildirilmiştir (Saleh ve ark., 2013). baklagillerin filizlendirme ile kotiledon, kökçük ve tohum kabuklarında bulunan toplam flavonoid bileşiklerinin miktarı ve antioksidan aktivitesi artmıştır (Saleh ve ark., 2019).

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

Filizlenme sırasında fenol bileşikleri gıda matriksinden serbest kalmakta ve vücut biyoaktif bileşiklerden daha fazla yararlanmaktadır (Saleh ve ark., 2019). Benzer şekilde nohut, kırmızı mercimek, maş fasulyesi ve barbunyanın antioksidan aktivitelerinin filizlenme ile %14 ila %35 arasında arttığı bildirilmiştir (Mamilla ve Mishra, 2017). Başka bir çalışmada buğday, arpa, yulaf, kinoa, amarant, yeşil mercimek, nohut ve maş fasulyesi taneleri farklı sürelerde (1, 3 ve 5 gün) çimlendirilmiş ve çimlendirme ile tanelerin; kül, ham protein ve yağ miktarları artmıştır. Doğal tanelere kıyasla çimlendirilmiş tanelerin, daha yüksek fenolik madde içerdiği ve çimlendirme süresinin artmasına bağlı olarak fitik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir (Kılınçer ve Demir, 2019). Başka bir çalışmada 6 gün boyunca çimlenen kum darıdan elde edilen ekstraktın antioksidan aktivitesi çimlenmeyenlere kıyasla önemli düzeyde yükselmiştir (Jinle Xiang ve ark. 2023). Yine cin darı, kum darı ve karabuğday tohumlarının çimlenmesi ile saponin, tanen ve fitik asit gibi anti-besinsel maddeler azalırken fenolik bileşik miktarının arttığı bildirilmiştir (Kumari ve ark., 2023).

Ülkemizde darı türleri daha çok kuş yemi olarak bilinmekte ve satılmaktadır. Kafes kuşları için kullanılan darı karışımlarında akdarı, kırmızı darı ve inci darı en çok kullanılan darı türleridir (Anonim, 2019). Literatür değerlendirildiğinde ülkemizde darı türleri ile ilgili yapılan çalışmalar daha çok morfolojik özellikler (Dumanoglu ve ark. 2022), üretim verimi ve yem kalitesi (Geren ve ark., 2019; Öktem ve ark., 2021) ile biyoetanol üretiminde kullanılmasının uygunluğu (Soylu, 2012) ile ilgilidir. Boz (2014) ise özellikle yabancı kaynaklardan elde ettiği bilgileri derleyerek darının kimyasal bileşimi ve insan sağlığı açısından potansiyel faydalarını konu alan bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma ülkemizde son derece sınırlı düzeyde üretimi yapılan ve tüketilen darıyı gıda yönü ile ele alarak, günümüzün önemli beslenme eğilimlerinden biri olan çimlendirme işlemi ile ilgi çekici bir gıda haline getirmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda kuş yemi olarak satılan darı karışımı taneleri renge göre beyaz, kırmızı ve siyah olarak sınıflandırılmış ve

ardından her renk ayrı ayrı çimlendirilmiştir. Çimlenmemiş ve çimlenmiş tanelerden elde edilen unların genel kimyasal bileşimi, biyoaktif potansiyeli (toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesi), mineral bileşimi ile FT-IR spektroskopi analizleri yapılmıştır. Bu çalışma, ülkemizde kuş yemi olarak kullanılan darının insan tüketimi için değerli bir besin kaynağı olarak değerlendirilmesine yönelik ilk çalışmadır.

### Materyal-Yöntem Darı Örnekleri

Çalışmada kuş yemi olarak beyaz, kırmızı ve siyah renkteki çeşitlerin karışımı halinde satılan inci darı (Pearl millet) (*Pennisetum glaucum*) kullanılmıştır. Darılar Osmaniye'nin Kadırlı ilçesinde yer alan yerel bir satıcıdan (Beyza Yem) temin edilmiştir. Darılar renklerine göre beyaz, kırmızı ve siyah darı olarak ayrılmış kilitli poşetler içinde +4 °C'de analizler boyunca saklanmıştır.

### Çimlendirme İşlemi

Darı örneklerinin çimlendirilmesi Kılınçer ve Demir (2019)'e göre yapılmıştır. İlk olarak darı örnekleri çimlenmemiş ve çimlendirilecek taneler olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Çimlenecek taneler saf su ile yıkanıp süzülerek temizlenmiştir. Ardından, darı taneleri üzerine 3 katı olacak şekilde saf su ilave edilerek oda sıcaklığında (24±1 °C), karanlık bir ortamda 24 saat boyunca ıslatılmaya bırakılmıştır. Islatma süresi sonunda taneler süzülerek, tülbent ve pamuktan oluşan iki katman arasına ince bir tabaka halinde yerleştirilmiştir. Taneler 12 saatte bir saf sudan geçirilmiştir. 3 günün sonunda çimlenen taneler kuru bir yere alınarak çimlenme durdurulmuştur. Çimlendirilmiş taneler kurutma kâğıtlarının üzerine serilerek oda sıcaklığında birkaç gün kurumaya bırakılmıştır. Kurutmanın ardında çimlenmemiş ve çimlenmiş örnekler bir kahve öğütücüsünde (Fakir, Roxy, Çin) 1 dakika boyunca öğütülerek tam darı unu elde edilmiş ve hava geçirmeyen kilitli polietilen poşetler içerisinde soğutucuda (-4 °C) analizler bitene dek muhafaza edilmiştir.

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Unununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi



Şekil 1. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı taneleri

### Renk Analizi

Darı taneleri, çimlenmemiş ve çimlenmiş darılardan elde edilen unlarda renk analizi  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ölçüm sistemine göre el tipi renk ölçüm cihazı (Minolta, C400, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Örnekler cam petri kabına zemini göstermeyecek şekilde yayılmış ve renk ölçer yardımıyla farklı noktalardan üç ölçüm alınmıştır. Çimlenme ile örneklerde meydana gelen toplam renk değişimleri  $\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$  formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Goudar ve ark., 2023).

### Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu

Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarından fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, ultrasonik ekstraksiyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Düşük toksisitesi, kolayca temin edilebilmesi ve doğal antioksidanların ekstraksiyonunda polar çözücü olarak yaygın olarak kullanılması nedeniyle bu çalışmada ekstraksiyon çözücü olarak sulu etanol çözeltisi kullanılmıştır (Nakilcioğlu-Taş ve Ötleş, 2021). 1 g örnek tartılmış ve hacmi %50'lik etanol ile 40 ml'ye tamamlanmıştır. Ardından örnekler homojenizatörde (WiseTis, HG-15D, Kore) 200 rpm'de 1 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Örnekler ultrasonik su banyosuna (JP Selecta, 3000865, İspanya) yerleştirilmiş ve 25 °C'de, 20 dk boyunca ekstraksiyona bırakılmıştır. Ardından örnekler santrifüjde 3500 rpm'de 15

### Genel Kimyasal Bileşim

Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının nem, kül, yağ ve protein analizleri AOAC (2016)'ya göre yapılmıştır. Nem miktarı etüvde kurutma yöntemi ile, toplam protein içerikleri Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir. Kül içeriği, örneklerin 550 °C'lik fırında 6 saat yakılması ile belirlenmiştir. Örneklerin içerdiği toplam yağ miktarı ise Sokslet metoduyla çözücü olarak hekzan kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin genel kimyasal bileşimine ait bulgular yüzde (%) cinsinden verilmiştir.

15 dakika boyunca santrifüj (Hettich, 220R, ABD) edilmiş ve üst faz ayrılarak analizlerde kullanılmıştır. Örneklerin toplam karbonhidrat içeriği, nem, kül, protein ve yağ içeriklerinin 100'den çıkarılması yoluyla hesaplanmıştır. Sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir.

### Toplam Fenolik Bileşik Miktarı

Darı ekstraktlarının toplam fenolik bileşik miktarı Singleton ve Rossi (1965)'ye göre yapılmıştır. Bir deney tüpüne 0.2 ml ekstrakt ve 10 kat seyreltilmiş 1.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiş ve tüpler vortekste karıştırılmıştır. 5 dakika beklemenin ardından örneklerin üzerine 1.5 ml sodyum karbonat (%6, ağırlık/hacim, a/h) eklenmiş ve tüpler karıştırılmıştır. Kör çözelti ise ekstrakt yerine tüpe aynı miktarda saf su ilave edilerek, diğer

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

işlemler aynı olacak şekilde hazırlanmıştır. Oda koşullarında, karanlıkta 1.5 saat bekletilen örnekler 725 nm’de spektrofotometrede (Shimadzu, UV1800, Japonya) köre karşı okunmuştur. Sonuçlar oluşturulan standart eğri kullanılarak yaş ağırlık (YA) üzerinden gallik asit cinsinden (mg GAE/100 g YA) ifade edilmiştir.

### Toplam Flavonoid Miktarı

Darı ekstraktlarının toplam flavonoid miktarları Chukwumah ve ark. (2009), tarafından önerilen spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. 2 ml ekstrakt üzerine 1.25 ml saf su ve 150 µL NaNO<sub>2</sub> (%5, *a/h*) eklenmiş ve örnekler iyice karıştırılmıştır. 5 dk beklemenin ardından 150 µL AlCl<sub>3</sub> (%10, *a/h*) eklenmiştir. Karıştırılan örnekler üzerine 1 ml 1 M NaOH ve 1.2 ml saf su ilave edilerek 10 dk beklemeye bırakılmıştır. Oluşan sarı-turuncu rengin absorbansı 510 nm’de ölçülmüştür. Sonuçlar oluşturulan standart eğri kullanılarak yaş ağırlık üzerinden kuarsetin cinsinden (mg KE/100 g YA) ifade edilmiştir.

### DPPH ile Antioksidan Aktivite Analizi

Darı ekstraktlarının antioksidan aktivitesi Tanriseven ve ark. (2020)’larına göre yapılmıştır. 0.1 ml ekstrakt üzerine %80’lik metanol içinde hazırlanmış ve absorbansı 0.7’ye ayarlanmış DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl,  $6 \times 10^{-5}$  M) radikalinden 3.9 ml eklenmiştir. Karışım vorteks ile karıştırıldıktan sonra 30 dakika karanlık ortamda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda örneklerin absorbansı spektrofotometrede (Shimadzu, UV1800, Japonya) 515 nm’de belirlenmiştir. Sonuçlar troloks standardı ile hazırlanmış kalibrasyon eğrisine göre yaş ağırlık üzerinden verilmiştir (mg TE/100 g YA).

### Mineral Analizi

Darı unu örnekleri 2N HCl ile seyreltilerek minerallerin serbest kalması sağlanmıştır. Daha sonra örneklerdeki K, Ca, Mg, P, Mn, Fe ve Zn elementleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde (Agilent, 240FS AA, Avustralya) belirlenmiştir. Darı unlarının mineral analizi sonuçları yaş ağırlık üzerinden

mg/kg düzeyinde verilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FT-IR) Spektroskopisi Analizleri

FT-IR analizi için darı unları cihaz üzerindeki kristal yüzey üzerine konulmuş ve FT-IR absorpsiyon spektralleri FT-IR spektrometresi (Perkin-Elmer Spectrum TwoTM, Waltham, MA, ABD) kullanılarak 4 000 ve 650 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında, 0.5 cm<sup>-1</sup> spektral rezolusyonda ve 4 tarama sayısı sonucunda elde edilmiştir. Her örnekten önce arka plan spektrumu alınarak örneklerin spektrumlarından çıkarılmış ve analize devam edilmiştir. IR spektrumu, maddeyi oluşturan atomlar arasındaki bağların titreşimiyle oluşan frekanslarına karşılık gelen absorpsiyon pikleri ile örneğin parmak izini göstererek organik ve inorganik bileşiklerin karakterize edilmesinde kullanılmıştır (Büyüksirt ve Kuleşan, 2014).

### İstatistiksel Analizler

Çalışma kapsamında incelenen darı unu örneklerinin analiz sonuçları SPSS 18 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) kullanılarak %95 güven seviyesinde ( $p \leq 0.05$ ) varyans analizine tabi tutulmuştur ve Tukey çoklu karşılaştırma testine göre, önemli bulunan farklılıklar incelenmiştir. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unu örneklerinin ortalamaları arasındaki farklar ise bağımsız örneklem T-testi kullanılarak (\*)  $p \leq 0.05$ , (\*\*)  $p \leq 0.01$  ve (\*\*\*)  $p \leq 0.001$  önem düzeylerinde incelenmiştir. Toplam fenolik bileşik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon katsayıları ( $p \leq 0.05$ ) hesaplanarak değerlendirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

#### Genel Kimyasal Bileşim

Çimlenmiş ve çimlenmemiş darılardan elde edilen unlara ait genel kimyasal bileşim Çizelge 1’de verilmiştir. Örneklerin kül ve yağ içerikleri çimlendirme işleminden etkilenmemiş ve tüm örnekler kül ve yağ içerikleri bakımından istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Literatürde, çimlenme sürecinin yağ içeriği üzerindeki etkisi konusunda çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. Örneğin Sharma ve ark. (2016),

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

çimlenme ile darı unu örneklerinin yağ içeriğinin %5.31'den %3.4'e düştüğünü rapor ederken Prasad ve Sahu (2023) 48 saatlik çimlenmenin darı ve beyaz kinoa ununun protein ve yağ içeriğindeki değişimine etkisini istatistiksel olarak önemsiz bulmuştur. Öte yandan Kayısoğlu ve ark. (2024), beyaz ve kırmızı sorgumda çimlenme ile yağ içeriklerinde artış bildirmiştir. Bu çalışmada istatistiksel olarak önemli olmasa da benzer şekilde artan yağ içeriği çeşitli faktörlere bağlanabilir. İlk olarak, tohum içinde depolanan yağların, proteinlerin ve karbonhidratların harekete geçirilmesi, büyüyen fide için enerji sağlar. Tohum metabolik süreçlerden geçerken, depolanan proteinlerin ve karbonhidratların parçalanması, yağların sentezi ve birikimine yol açabilir. Ayrıca, çimlenme sırasında lipid biyosentez yollarının aktivasyonu, hücre bölünmesi ve genişlemesi için gerekli yeni lipidlerin üretimine katkıda bulunur. Ayrıca çimlenme sürecinde, enzimatik aktiviteler artar ve bu enzimler, lipidlerin daha basit ve ekstrakte edilebilir formlara ayrışmasına neden olabilir (Gujral ve ark., 2011, Kayısoğlu ve ark., 2024).

Darı unlarının nem içerikleri çimlendirme işlemi ile genel olarak düşmüştür. Örneklerin nem içeriklerindeki düşüş kırmızı darıda en fazla olmuştur. Bu çalışmada elde edilen nem bulgularına benzer şekilde, Ochame ve Chinma, (2008) çimlenme ile artan kuru madde miktarının çimlenme sırasında gerçekleşen enzimatik aktivitelerin sonucu olduğunu bildirmiştir.

Darı unlarının protein içerikleri çimlendirme ile genel olarak artsa da bu artış her bir darı unu için istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çimlenmiş ve çimlenmemiş beyaz darıdan elde edilen unlar protein içeriği bakımından kırmızı

ve siyah darı unlarına göre daha düşük bir değer göstermiştir. Bir çalışmada, çimlenmenin inci darısının protein içeriğinde %50'ye kadar önemli bir artışa neden olduğu bildirilirken (Akinola ve ark., 2017), Perales-Sánchez ve ark. (2014), ragi darısında çimlenmenin protein içeriğini hafif ama istatistiksel olarak önemli düzeyde arttırdığını bildirmiştir. Benzer sonuçlar Obadina ve ark. (2017), tarafından da rapor edilmiş, inci darısında 24 saat çimlenme ile protein içeriği %7.52'den %7.87'ye hafif şekilde yükselmiştir. Çalışmada protein içeriğindeki genel artış, çimlenme süreci sırasında yeni amino asitlerin biyolojik sentezine bağlanabilir (Sharma ve ark., 2016).

Çalışmada örneklerin toplam karbonhidrat içeriği %71.32-74.70 aralığında değişmiş ve tüm örneklerin toplam karbonhidrat içerikleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Çalışmada elde edilen toplam karbonhidrat değerleri darı unu için önceki çalışmada bildirilen değerlerin (%72-79.5) aralığında kalmıştır (Bhat ve ark., 2003). İnci darıda toplam karbonhidrat bileşimini nişasta baskın olmak üzere diyet lifi ve çözünebilir şekerler oluşturmaktadır (Hassan ve ark., 2021). Benzer şekilde, Parameswaran ve Sadasivam (1994) 2 ve 3 gün çimlenme süresinde darılarda karbonhidrat içeriğinde anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir. Çimlenme sırasında değişim göstermeyen karbonhidrat içeriği nem, yağ, protein, kül ve lif gibi diğer besin bileşenlerinin artış ve azalışlarına bağlı olarak ortaya çıkmış olabilir (Derbew ve Moges, 2017). Farklı renklerdeki darı örneklerinden elde edilen unların çimlenme ile besin bileşimi bakımından benzer değişimleri gösterdiği bulunmuş ve bu değişimler literatür ile uyum içinde olmuştur.

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

Çizelge 1. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının genel kimyasal bileşimi

	Örnekler	Kül (%)	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Toplam Karbonhidrat (%)
Çimlenmemiş	Beyaz	2.68 <sup>a</sup> ±0.30	8.36 <sup>ab</sup> ±0.23	5.60 <sup>a</sup> ±0.83	9.2 <sup>b</sup> ±0.01	74.17 <sup>a</sup> ±0.91
	Kırmızı	2.63 <sup>a</sup> ±0.00	8.68 <sup>ab</sup> ±0.01	5.81 <sup>a</sup> ±0.21	11.58 <sup>a</sup> ±0.06	71.32 <sup>a</sup> ±0.28
	Siyah	2.32 <sup>a</sup> ±0.05	8.82 <sup>a</sup> ±0.63	3.39 <sup>a</sup> ±0.70	11.67 <sup>a</sup> ±0.07	73.82 <sup>a</sup> ±0.08
<b>Ort.</b>		<b>2.54±0.22</b>	<b>8.61±0.36</b>	<b>4.92±1.30</b>	<b>10.82±1.26</b>	<b>73.10±1.46</b>
Çimlenmiş	Beyaz	2.60 <sup>a</sup> ±0.10	7.55 <sup>ab</sup> ±0.35	6.54 <sup>a</sup> ±0.21	9.97 <sup>b</sup> ±0.18	73.35 <sup>a</sup> ±0.13
	Kırmızı	2.40 <sup>a</sup> ±0.00	5.98 <sup>c</sup> ±0.05	4.35 <sup>a</sup> ±1.77	12.58 <sup>a</sup> ±0.21	74.70 <sup>a</sup> ±0.31
	Siyah	2.51 <sup>a</sup> ±0.06	7.72 <sup>ab</sup> ±0.01	5.62 <sup>a</sup> ±0.35	11.88 <sup>a</sup> ±0.57	72.28 <sup>a</sup> ±0.17
<b>Ort.</b>		<b>2.50±0.10</b>	<b>7.08±0.87</b>	<b>5.50±1.28</b>	<b>11.48±1.24</b>	<b>73.44±1.39</b>
<b>F(çimlenme)</b>		<b>ÖD</b>	<b>**</b>	<b>ÖD</b>	<b>ÖD</b>	<b>ÖD</b>

<sup>a-b</sup> Aynı sütunda farklı küçük harfler ile gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

F(çimlenme): Çimlenmenin ortalamalar üzerindeki etkisinin önem düzeyi: (ÖD) önemli değil; (\*)  $p \leq 0.05$ ; (\*\*)  $p \leq 0.01$ ; (\*\*\*)  $p \leq 0.001$

### Renk Analizi

Doğal darı tanelerinin, çimlenmemiş ve çimlenmiş tanelerden elde edilen unların renk özellikleri Çizelge 2’de verilmiş ve çalışmada elde edilen unlar Şekil 2’de gösterilmiştir. İşlem görmemiş doğal darı tanelerinin renk özelliklerine bakıldığında, beklenildiği gibi beyaz darı tanelerinin  $L^*$  değerinin en yüksek olduğu ve bunu sırasıyla kırmızı ve siyah tanelerin takip ettiği görülmektedir.  $L^*$  değeri örneklerin aydınlık/parlaklık derecesini gösterirken ve 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değerler almaktadır. Pozitif  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ise sırasıyla kırmızılık ve sarılığın göstergesidir (Kayisoglu ve ark., 2024). Kırmızı darı taneleri  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri bakımından tüm örneklerden istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek değerlere sahip olmuştur. Bu da kırmızı tanelerin diğerlerine kıyasla daha kırmızısı ve sarımsı özellikte olduğunu gösterir. Doğal darı tanelerin un haline getirilmesi ile elde edilen çimlenmemiş un örneklerinin  $L^*$  değerlerinde artış meydana gelmiş ve  $L^*$  değeri bakımından yine beyaz taneler en yüksek değere sahip olurken onu sırasıyla kırmızı ve siyah çimlenmemiş darı unları takip etmiştir. Öğütme işlemi darının tane yapısının kırılarak daha homojen bir şekilde dağılmasına sağlamış ve ışığın daha iyi yansıtılmasına neden olmuştur.

Çimlenme işlemi, darı tanelerinin  $L^*$  değerlerinde genel bir artışa neden olmuştur. Çimlenmenin ortalama  $L^*$  değerleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmasa da bu artış kırmızı ve siyah renkli çimlenmiş tanelerden elde edilen unlarda istatistiksel açıdan önemli olmuştur. Benzer şekilde Nefale ve Mashau (2018) darı unlarının çimlenme ile  $L^*$  değerlerinin arttığını ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığını bildirmiştir. Çimlenme işlemi ile kırmızı darının  $a^*$  değerinde istatistiksel açıdan önemli bir düşüşe neden olmuş diğer örneklerin  $a^*$  değerleri arasında çimlenme ile önemli bir değişiklik olmamıştır. Tüm örneklerin  $b^*$  değerleri çimlenme ile önemli düzeyde düşmüş ve bu düşüş çimlenmemiş ve çimlenmiş tanelerin ortalama değerleri arasında da anlamlı bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Cin darı, rağı darısı ve inci darının kullanıldığı bir çalışmada çimlenme sonrası elde edilen darı unlarının  $L^*$  değerinde artış gözlenmiştir (RP ve ark., 2023). Çimlenmenin örneklerin renk değerlerinde meydana getirdiği toplam değişim  $\Delta E$  değerinin hesaplanması ile belirlenmiştir.  $\Delta E$  değeri beyaz, kırmızı ve siyah darıda sırasıyla 7.65, 8.11 ve 8.27 olarak hesaplanmıştır. Örneklerin toplam renk değişimleri arasındaki fark istatistiksel olarak benzer bulunmuştur.



## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi



Şekil 2. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarına ait resimler

Çizelge 2. Doğal darı tanelerinin, çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının renk özellikleri

		$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Doğal darı tanesi</b>	Beyaz	67.91 <sup>c</sup> ±0.77	4.5 <sup>c</sup> ±0.24	28.93 <sup>b</sup> ±0.78
	Kırmızı	39.03 <sup>e</sup> ±1.98	18.04 <sup>a</sup> ±1.24	36.3 <sup>a</sup> ±1.64
	Siyah	18.16 <sup>f</sup> ±1.58	9.27 <sup>b</sup> ±0.78	10.01 <sup>f</sup> ±1.16
<b>Çimlenmemiş (un)</b>	Beyaz	78.41 <sup>a</sup> ±1.32	0.87 <sup>e</sup> ±0.05	25.68 <sup>c</sup> ±0.52
	Kırmızı	68.73 <sup>c</sup> ±1.32	3.81 <sup>cd</sup> ±0.94	25.16 <sup>c</sup> ±0.76
	Siyah	60.76 <sup>d</sup> ±1.46	1.55 <sup>e</sup> ±0.11	14.34 <sup>e</sup> ±0.57
<b>Ort.</b>		<b>69.30±7.74</b>	<b>2.07±1.41</b>	<b>21.73±5.57</b>
<b>Çimlenmiş (un)</b>	Beyaz	78.62 <sup>a</sup> ±1.62	1.19 <sup>e</sup> ±0.16	18.41 <sup>d</sup> ±0.24
	Kırmızı	73.74 <sup>b</sup> ±1.10	2.58 <sup>de</sup> ±0.70	19.10 <sup>d</sup> ±0.63
	Siyah	68.85 <sup>c</sup> ±2.62	1.06 <sup>e</sup> ±0.33	13.11 <sup>e</sup> ±0.36
<b>Ort.</b>		<b>73.74±4.54</b>	<b>1.61±0.83</b>	<b>16.87±2.86</b>
<b>F(çimlenme)</b>		<b>ÖD</b>	<b>ÖD</b>	<b>*</b>

<sup>a-e</sup> Aynı sütunda farklı küçük harfler ile gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

F(çimlenme): Çimlenmenin ortalamalar üzerindeki etkisinin önem düzeyi: (ÖD) önemli değil; (\*)  $p \leq 0.05$ ; (\*\*)  $p \leq 0.01$ ; (\*\*\*)  $p \leq 0.001$



## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

Çimlenmenin farklı tahıl tohumlarındaki etkisinin incelendiği başka bir çalışmada ise, 48 saatlik çimlenme ile cin darı (Foxtail millet) unlarının  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinde düşüş,  $b^*$  değerinde ise yükselme meydana gelmiştir (Li ve ark., 2020). Bu çalışmada elde edilen  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerindeki değişim Li ve ark. (2020)'nın bildirdiği bulgulardan farklılık göstermektedir. Farklı sonuçlar elde etmemizin nedeni, kullanılan çeşitlerin farklı olmasından kaynaklanabilir. Çimlenme işlemi sırasında, unların renk değerlerindeki değişimler, çimlenme sürecinde nişasta ve protein yapılarında meydana gelen değişikliklerden kaynaklanabilir. Bu değişiklikler, çimlenme sırasında aktif olan enzimlerin etkisiyle gerçekleşir. Ayrıca, çimlenme sürecinde uygulanan ıslatma, darıların renk bileşiklerinin suda çözünmesine neden olabilir, bu da renk değerlerinde değişikliklere yol açabilir (Kayisoglu ve ark., 2024).

### Toplam Fenolik Bileşim, Toplam Flavonoid ve Antioksidan Aktivite

Darı unu örneklerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoid içerikleri ile antioksidan aktiviteleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çimlenmemiş darı unlarının toplam fenolik içerikleri 68.08-124.98 mg GAE/100 g YA aralığında iken çimlenmiş darı unları 336.71-356.43 mg GAE/100 g YA aralığında değişmiştir. Çimlenme toplam fenolik bileşimde dramatik bir artışa neden olmuş ve bu artış beyaz, kırmızı ve siyah darı unlarında sırasıyla 4.94, 4.96 ve 2.85 kat olmuştur. Çimlenmiş darı unlarının toplam fenolik bileşik bakımından aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olurken, çimlenmemiş siyah darı unlarının (124.98 GAE/100 g YA) toplam fenolik içeriği beyaz (68.08 mg GAE/100 g YA) ve kırmızı darılara (71.64 mg GAE/100 g YA) göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Çimlenme süreci tüm örneklerde flavonoid içeriğini bir miktar artırmıştır ve çimlenmiş siyah darının flavonoid içeriği en yüksek değere (38.8 mg QE/100 g YA) ulaşmıştır. Beyaz, kırmızı ve siyah darıdaki flavonoid artışı sırasıyla 1.02, 1.13 ve 1.08 olurken, darı ununun antioksidan aktivitesinde artış 1.10, 1.41 ve 1.04 kat olmuştur. Bu artış beyaz ve kırmızı darıda istatistiksel olarak

önemli bulunmuştur. Toplam flavonoid ve antioksidan aktivitedeki artış toplam fenolik bileşiklerdeki artışa göre düşük olmuştur. James ve ark., (2022) 3 gün boyunca süren çimlenmede darının toplam fenolik bileşik miktarının süreye bağlı olarak azaldığını bildirmiştir. Aynı çalışmada ise toplam flavonoid ve antioksidan aktivitenin 3 günlük bir çimlenme sonunda sırasıyla 1.13 ve 1.16 kat arttığı rapor edilmiştir. James ve ark., (2022)'nin çalışması toplam fenolik bileşik bakımından bizim çalışmamızdan farklılık gösterse de toplam flavonoid ve antioksidan aktivitedeki değişimler bakımından benzer olmuştur. Sokrab ve ark. (2012)'da çalışmasında mısırdaki fenolik bileşiklerin çimlenme ile azalışına dikkat çekmiş bu azalışın çimlenme boyunca yapılan ıslatma uygulamasına bağlı olarak hidrofilik bileşenlerin konsantrasyonunda, tanen ve antosiyanin bileşiklerinin miktarında meydana gelen azalmaya bağlı olduğunu rapor etmiştir. Literatür özetlendiğinde çimlenme sırasında fenolik bileşiklerde gözlenen değişikliklerin bitkinin doğal gelişim sürecinin bir parçası olduğunu göstermektedir. Flavonoidler, fenolik bileşiklerin bir alt sınıfıdır. Çimlenme sürecinde bitkilerdeki enzimatik aktivite, fenolik bileşiklerin genel üretimini artırabilir, ancak flavonoidlerin spesifik biyosentezi farklı düzenleyici mekanizmalara bağlı olabilir. Bu nedenle, bu çalışmada tüm fenolik bileşiklerin artışı flavonoidler üzerinde aynı etkiyi yaratmamış olabilir. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unları toplam fenolik bileşik, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivite değerleri açısından genellikle benzer bir eğilim göstermiştir. Analiz edilen parametreler bakımından, siyah darı genellikle en yüksek değerlere sahip olurken, onu kırmızı darı takip etmiş ve en düşük değerlerin beyaz darıda olduğu gözlenmiştir. Bu durum, darı renginin fenolik bileşenler, flavonoidler ve toplam antioksidan aktivite üzerine etkisinin olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Mikulajová ve ark. (2017), cin darısına ait çeşitli renkteki darı taneleri üzerinde yaptıkları çalışmada koyu renkli tanelerin daha yüksek toplam fenolik ve flavonoid içeriğine sahip olduğunu ve bu tanelerin daha güçlü antioksidan aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada,

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

çimlenme sonrasında farklı renkteki darılar arasındaki toplam fenolik içerik farklılıkları ortadan kalkmıştır. Bu durum tahılların tohum zarı rengine katkıda bulunan ve fenolik bileşiklerin bir türü olan tanenler ile açıklanabilir (Kayısoglu ve ark., 2024). Swela ve ark. (2007), tohum zarının siyah olduğu darı çeşitlerinde tanen içeriğinin en yüksek olduğunu bildirmiştir. Anti-besinsel bileşikler arasında yer alan tanenlerin çimlenme süreci ile parçalanıp azaldığı iyi bilinmektedir (Yenasew ve Urga, 2022). Başlangıçta farklı renkteki tohumlar, tanen ve diğer fenolik bileşiklerin miktarı nedeniyle farklı toplam fenolik içeriklere sahip olmuştur. Ancak çimlenme süreci, bu fenolik bileşiklerin parçalanmasına, mobilize edilmesine ve yeniden dağılmasına neden olur. Bu durum çimlenme sonrasında, farklı renkteki tohumların fenolik içeriklerinin benzer seviyelere gelmesini ve siyah darıda toplam fenolik artışının diğer darılara kıyasla daha düşük olmasını açıklayabilir.

Çimlenmenin darı unlarının veya tohumlarının fenolik içeriklerinde meydana getirdiği değişimler literatürde bildirilmiştir. Örneğin, bir çalışmada, proso darısının 5 günlük filizlenmesi sırasında fenolik içeriğinin 3.5 kat arttığı bildirilmiştir (Bazhenova ve ark., 2019). Benzer şekilde Pradeep ve Sreerama (2015) filizlenmiş darılardan elde edilen unların en yüksek fenolik, flavonoid içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sharma ve ark. (2016), çimlenmenin darıda bulunan fenolik bileşikler üzerine etkisini serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriği bakımından incelemiş ve bu artışların sırasıyla 11.46'dan 32.22 mg GAE/100 g, 17.55'ten 25.46 mg GAE/100 g ve 29.01'den 77.68 mg GAE/100 g olduğunu bildirmiştir. Çimlenme ile fenolik içeriğinde

meydana gelen bu artış, hücre duvarını parçalayan enzimlerin aktivasyonunun bir sonucu olarak darı tanelerinin hücre duvarına bağlı fenollerin salınması sonucu gerçekleşmiş olabileceği rapor edilmiştir (Sharma ve ark., 2016).

Çalışmada, toplam flavonoid içeriği ile toplam fenolik bileşik arasında ( $r=0.373$ ,  $p\leq 0.05$ ), toplam flavonoid ile antioksidan aktivite arasında ( $r=0.417$ ,  $p\leq 0.05$ ) ve toplam fenolik bileşik ile antioksidan aktivite arasında ( $r=0.386$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif ve anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Bu sonuçlar, fenolik ve flavonoid bileşiklerinin antioksidan aktivite ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Önceki çalışmalar, çimlenmenin sorgumda (Li ve ark., 2022), buğday, arpa ve darıda (Kaur ve Gill, 2021) amaranth, kinoa ve karabuğdayda (Thakur ve ark., 2021) DPPH ile belirlenen antioksidan aktivitede önemli ölçüde artışa neden olduğu rapor edilmiştir. Çeşitli çalışmalarda ise tahıllarda çimlenme ile toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite arasında meydana gelen ilişkiler incelenmiştir. Örneğin Sharma ve Gujral (2011), 24 saat boyunca çimlenen arpa ununda, toplam fenolik içerik ile antioksidan aktivite arasında pozitif ve anlamlı ( $r=0.494$ ) bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Pushparaj ve Urooj (2014) ise inci darıda, flavonoid içeriği ile DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi arasında ( $r=0.712$ ,  $p\leq 0.01$ ), indirgeme gücü ile flavonoid içeriği arasında ( $r=0.456$ ,  $p\leq 0.05$ ) pozitif ilişkiler tespit etmiştir. Tahıl ve tahıl benzeri tohumların antioksidan potansiyeli genellikle fenolik bileşiklerden ileri gelir. Çimlenme ile artan toplam fenolik bileşik miktarı toplam antioksidan aktivitenin artışına neden olabilir (Kayısoglu ve ark., 2024).

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

Çizelge 3. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının toplam fenolik bileşim, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite değerleri

	Örnekler	Toplam Fenolik Bileşik (mg GAE <sup>x</sup> /100 g YA darı unu)	Toplam Flavonoid (mg KE <sup>y</sup> /100 g YA darı unu)	Antioksidan Aktivite (mg TE <sup>z</sup> /100 g YA darı unu)
Çimlenmemiş	Beyaz	68.08 <sup>c</sup> ±6.4	27.39 <sup>c</sup> ±1.31	360.95 <sup>bc</sup> ±18.22
	Kırmızı	71.64 <sup>c</sup> ±7.35	33.28 <sup>b</sup> ±1.2	277.14 <sup>c</sup> ±65.13
	Siyah	124.98 <sup>b</sup> ±7.81	35.9 <sup>ab</sup> ±3.07	504.76 <sup>a</sup> ±33.84
<b>Ort.</b>		<b>88.23±27.62</b>	<b>32.19±5.20</b>	<b>380.95±105.06</b>
Çimlenmiş	Beyaz	336.71 <sup>a</sup> ±11.95	27.98 <sup>c</sup> ±1.14	396.19 <sup>b</sup> ±83.72
	Kırmızı	355.49 <sup>a</sup> ±24.51	37.56 <sup>b</sup> ±2.19	389.52 <sup>b</sup> ±22.69
	Siyah	356.43 <sup>a</sup> ±8.74	38.8 <sup>a</sup> ±1.39	524.76 <sup>a</sup> ±59.1
<b>Ort.</b>		<b>349.55±18.12</b>	<b>34.78±5.21</b>	<b>436.83±85.68</b>
<b>F(çimlenme)</b>		<b>***</b>	<b>ÖD</b>	<b>ÖD</b>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı küçük harfler ile gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

F(çimlenme): Çimlenmenin ortalamalar üzerindeki etkisinin önem düzeyi: (ÖD) önemli değil; (\*)  $p \leq 0.05$ ; (\*\*)  $p \leq 0.01$ ; (\*\*\*)  $p \leq 0.001$

<sup>x</sup>GAE: Gallik Asit Eşdeğeri

<sup>y</sup>KE: Kuersetin Eşdeğeri

<sup>z</sup>TE: Troloks Eşdeğeri

### Mineral Bileşimi

Çimlenmiş ve çimlenmemiş darı unlarına ait mineral bileşimi Çizelge 4'te verilmiştir. Tüm darı unlarında potasyum, magnezyum ve fosfor baskın mineraller olmuş ve içerikleri sırasıyla 1353.33-3166.67 mg/kg, 940.02-1146.67 mg/kg ve 250-383.33 mg/kg aralığında değişim göstermiştir. Çimlenme işlemi, farklı renkteki darı tanelerinden elde edilen unların mineral bileşimini önemli düzeyde etkilemiştir. Genel olarak çimlenmiş darı unlarının kalsiyum, magnezyum ve çinko içerikleri çimlenmemiş tanelerden elde edilen unlara kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Çimlenme ile mineraller arasında en dikkat çekici artış kalsiyumda olmuştur. Çimlenmemiş kırmızı ve siyah darı ununda kalsiyum elementi belirlenemezken, çimlenme ile bu darı unlarında kalsiyum miktarı sırasıyla 98.33 mg/kg ve 61.00 mg/kg a önemli düzeyde yükselmiştir.

Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının ortalama fosfor içerikleri arasında önemli düzeyde bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Ancak beyaz darı unlarının fosfor içeriğinin çimlenme ile az ama önemli düzeyde arttığı bulunmuştur. Benzer şekilde ortalama demir içerikleri çimlenme ile önemli düzeyde düşerken siyah darı unu özelinde çimlenmenin demir içeriğini önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. Tüm darı unlarında çimlenme ile miktarı önemli düzeyde azalan mineral potasyum olmuştur. Bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde Abdelrahman (2007), inci darısında potasyum ve fosforu baskın mineraller olarak bildirmiş ve araştırmacılar 6 günlük çimlenme sonucunda toplam potasyum miktarında önemli düzeyde düşüş olduğunu rapor etmişlerdir. Literatürde bildirilen çalışmalarda çimlenmenin mineraller üzerindeki etkisinin değişiklik gösterdiği görülmektedir.

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

Çizelge 4. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının mineral bileşimi (mg/kg YA darı unu)

Örnekler	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	Zn	
Çimlenmemiş	Beyaz	2911.67 <sup>b±</sup> 40.72	84 <sup>c±</sup> 0.8 7	1035.00 <sup>c</sup> ±5.00	316.67 <sup>bc±</sup> 14.43	19.76 <sup>a±</sup> 0.21	32.00 <sup>c±</sup> 0.66	13.06 <sup>c±</sup> 0.98
	Kırmızı	3166.67 <sup>a±</sup> 38.84	0.00 <sup>e±</sup> 0. 00	940.02 <sup>e±</sup> 2.19	508.33 <sup>a±</sup> 28.87	13.69 <sup>d±</sup> 0.04	51.75 <sup>a±</sup> 0.50	23.20 <sup>a±</sup> 0.06
	Siyah	2530.00 <sup>c±</sup> 5.00	0.00 <sup>e±</sup> 0. 00	980.00 <sup>d±</sup> 5.00	250.00 <sup>c±</sup> 43.30	12.43 <sup>e±</sup> 0.08	32.45 <sup>c±</sup> 0.21	20.84 <sup>b±</sup> 0.14
Ort.		<b>2869.44±</b> <b>278.93</b>	<b>28.00±4</b> <b>2.00</b>	<b>985.01±4</b> <b>1.46</b>	<b>358.33±1</b> <b>19.24</b>	<b>15.29±</b> <b>3.39</b>	<b>38.73±</b> <b>9.78</b>	<b>19.03±4.</b> <b>62</b>
	Beyaz	1845.00 <sup>e±</sup> 13.23	133.33 <sup>a</sup> ±2.89	1116.67 <sup>b</sup> ±2.89	383.33 <sup>b±</sup> 28.87	19.44 <sup>b±</sup> 0.08	29.49 <sup>d±</sup> 0.25	19.95 <sup>b±</sup> 0.06
Çimlenmiş	Kırmızı	1933.33 <sup>d±</sup> 7.64	98.33 <sup>b±</sup> 2.89	1146.67 <sup>a</sup> ±2.89	350.00 <sup>b±</sup> 43.30	14.02 <sup>c±</sup> 0.12	24.42 <sup>e±</sup> 0.3	23.47 <sup>a±</sup> 0.1
	Siyah	1353.33 <sup>f±</sup> 17.56	61.00 <sup>d±</sup> 1.80	1036.67 <sup>c</sup> ±2.89	258.33 <sup>c±</sup> 28.87	12.36 <sup>e±</sup> 0.03	33.89 <sup>b±</sup> 0.12	23.03 <sup>a±</sup> 0.12
Ort.		<b>1710.55±</b> <b>270.88</b>	<b>97.55±3</b> <b>1.41</b>	<b>1100.00±</b> <b>49.31</b>	<b>330.56±6</b> <b>3.47</b>	<b>15.28±</b> <b>3.20</b>	<b>29.27±</b> <b>4.11</b>	<b>22.1522</b> <b>±1.66</b>
	F(çimlenme)	***	**	***	ÖD	ÖD	*	ÖD

<sup>a-c</sup>Aynı sütunda farklı küçük harfler ile gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

F(çimlenme): Çimlenmenin ortalamalar üzerindeki etkisinin önem düzeyi: (ÖD) önemli değil; (\*)  $p \leq 0.05$ ; (\*\*)  $p \leq 0.01$ ; (\*\*\*)  $p \leq 0.001$

Örneğin, Sharma ve ark. (2016), darıdan elde edilen unlarda demir, magnezyum ve kalsiyum içeriklerinin çimlenme ile arttığını bildirirken, Kumar ve ark. (2021), rağı darısında demir ve çinkonun çimlenmeden 96 saat sonra %63.7 ve %16.7 oranında azaldığını bildirmiştir. Benzer bulgular, bakla fasulyesinin 72 saatlik çimlenmesinde de elde edilmiş ve demir ile çinkonun miktarı çimlenme ile sırasıyla %38.2-38.9 ve %24.5-29.2 oranında azalmıştır (Luo ve Xie, 2014). Kayisoglu ve ark. (2024), çimlenme ile beyaz sorgum tanelerinde kalsiyum ve magnezyum seviyelerinde artış bildirirken demir, potasyum ve çinko miktarlarında azalma rapor etmiştir. Bunun aksine, kırmızı sorgum taneleri, çimlenme süresince mineral içeriğinde sürekli bir düşüş sergilemiştir. Mineral içeriğindeki artışlar, çimlenme sırasında aktif olan fitaz enzimi ile ilişkilendirilmiştir. Anti-besinsel maddelerden biri olan fitik asit, güçlü bir şelatlayıcı ajan olarak işlev görerek mineraller ile çözünmez kompleksler oluşturur. Bu nedenle mineral

biyoyararlanımı azalır. Fitaz, fitatı inozitole ve serbest ortofosfata hidrolize ederek, çimlenmiş darı tohumlarında minerallerin serbest kalmasını sağlar (Yousaf, Hou, Liaqat ve Shen, 2021). Ayrıca, çimlenme koşullarındaki değişiklikler, fitaz enziminin aktivitesini etkileyebilir ve bu da fitik asidin parçalanmasını ve dolayısıyla minerallerin serbest kalmasını etkiler. Çimlenme süresinin uzaması, enzim aktivitesinin artmasına ve daha fazla fitik asit parçalanmasına yol açarken, aynı zamanda bazı minerallerin oksidasyonuna ve kaybına da neden olabilir. Öte yandan, çimlenme sırasında uygulanan ıslatma işleminin mineral düzeylerindeki bu azalmadan sorumlu olabileceği rapor edilmiştir (Afify ve ark., 2012).

Bu bağlamda, bu çalışmada elde edilen mineral bileşimi sonuçları, literatürde rapor edilen bulgularla genel olarak uyumlu olup, bazı farklılıklar da göstermektedir. Bu değişikliklerin, çeşitlerin genetik yapıları, çimlenme süresi, çimlenme koşulları ve kullanılan ölçüm yöntemleri gibi faktörlere bağlı

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

olabileceği düşünülmektedir. Bu bulgular, çimlenme sürecinin mineral biyoyararlanımı üzerindeki etkisinin karmaşık ve çeşitlere özgü olduğunu göstermekte, bu nedenle daha geniş kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

### FT-IR

Çimlenmiş ve çimlenmemiş darı unlarının fonksiyonel gruplarını ve yapısal değişikliklerini tespit etmek için 4000-800  $\text{cm}^{-1}$  frekans aralığında FT-IR spektroskopisi ile ölçüm yapılmıştır. Örnekler için spektraller Şekil 3'te ve ilgili fonksiyonel gruplar ile geçirgenlik değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Şekil 3'te çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarına ait spektraller karşılaştırılarda kolaylık sağlaması bakımından alt alta verilmiştir. Genel olarak çimlenmemiş beyaz ve kırmızı darı unlarının spektralleri benzer iken, siyah darı unu absorptans yaptığı bantların konumları ve sayısı bakımından farklılıklar göstermiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi tüm örneklerde 3274.92-3278.57  $\text{cm}^{-1}$  bölgesindeki geniş bant aralığı ortak olarak bulunmuştur. Bu bant aralığı, nişasta, protein-nişasta etkileşiminden ve su, alkol, fenoller veya karboksilik asitlerden kaynaklanan O-H bağı gerilmelerini temsil etmiştir (Sun ve ark., 2014). Kayisoglu ve ark. (2024)'da çimlenmiş sorgumda bu bant aralığındaki absorptansları O-H ve N-H bağlarının gerilme etkilerinden sorumlu olan nişasta ve protein molekülleri ile ilişkilendirmiştir. Tüm örneklerde ortak bir şekilde gözlenen 2923.41-2925.13  $\text{cm}^{-1}$  bölgesindeki asimetrik gerilme ise alken grubundan kaynaklanan C-H bağı ile ilişkilendirilmiştir. 1743,80-1634,81  $\text{cm}^{-1}$  bölgesinde gözlenen absorptans bantları ise amin gruplarının (N-H) varlığını işaret edebilir

(Navyashree ve ark., 2022). 800-1200  $\text{cm}^{-1}$  (parmak izi bölgesi) arasındaki dalga boyu aralığı esas olarak C-C, C-O ve C-H gerilme titreşimlerine karşılık gelir (Siwatch ve ark., 2017). Darı un örneklerinde bu bölgedeki absorptanslar 1008 ve 859  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikler ile karakterize olmuştur. 1008  $\text{cm}^{-1}$  ana bant 1148 ve 1076  $\text{cm}^{-1}$  bölgelerinde iki ayrı pik vermiştir. Bu bantlar sırasıyla nişastanın düzenli ve amorf yapıları ile ilişkilendirilmiştir (Siwatch ve ark. 2017). Navyashree ve ark. (2022), beyaz darıda 1149, 1075, 1008 ve 859  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki absorptansları sırasıyla alkol (C-O), anhidrit (C=O), ester (P-OR) ve alkan (C-H) gruplarının varlığı ile ilişkilendirmiştir. Bu çalışmada da bu bantlarda absorptanslar elde edilmiş ancak örnekler arasında absorptanslar ve absorptans yoğunluğu bakımından farklar ortaya çıkmıştır. Örneklerin 1149-861  $\text{cm}^{-1}$  bölgesinde tanımlanan piklerin genişliklerinin ve konumlarının değişmesi, açılmal C-H bağının deformasyonu, esterlerdeki -1-4 glikozidik bağlantıların (C-O-C) ve C-O bağının (sırasıyla protein ve nişastanın -COOH ve O-H grubu arasında oluşur) titreşiminden ve yeni fonksiyonel grupların oluşumundan kaynaklanmış olabilir. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının karşılaştırılması sonucunda, çimlenmiş örneklerdeki absorptans piklerinin konumları ve genişliklerinde gözlenen değişiklikler, nişastanın amiloz ve amilopektin bileşenlerinde meydana gelen dönüşümlere işaret eder. Bu değişiklikler, unun kristal yapısındaki ve nişastanın yapısal özelliklerindeki değişimleri gösterir (Kayisoglu ve ark., 2024). Bu farklılıklar, çimlenme sürecinin darı ununun fizikokimyasal özellikleri üzerinde önemli etkileri olduğunu gösterir.

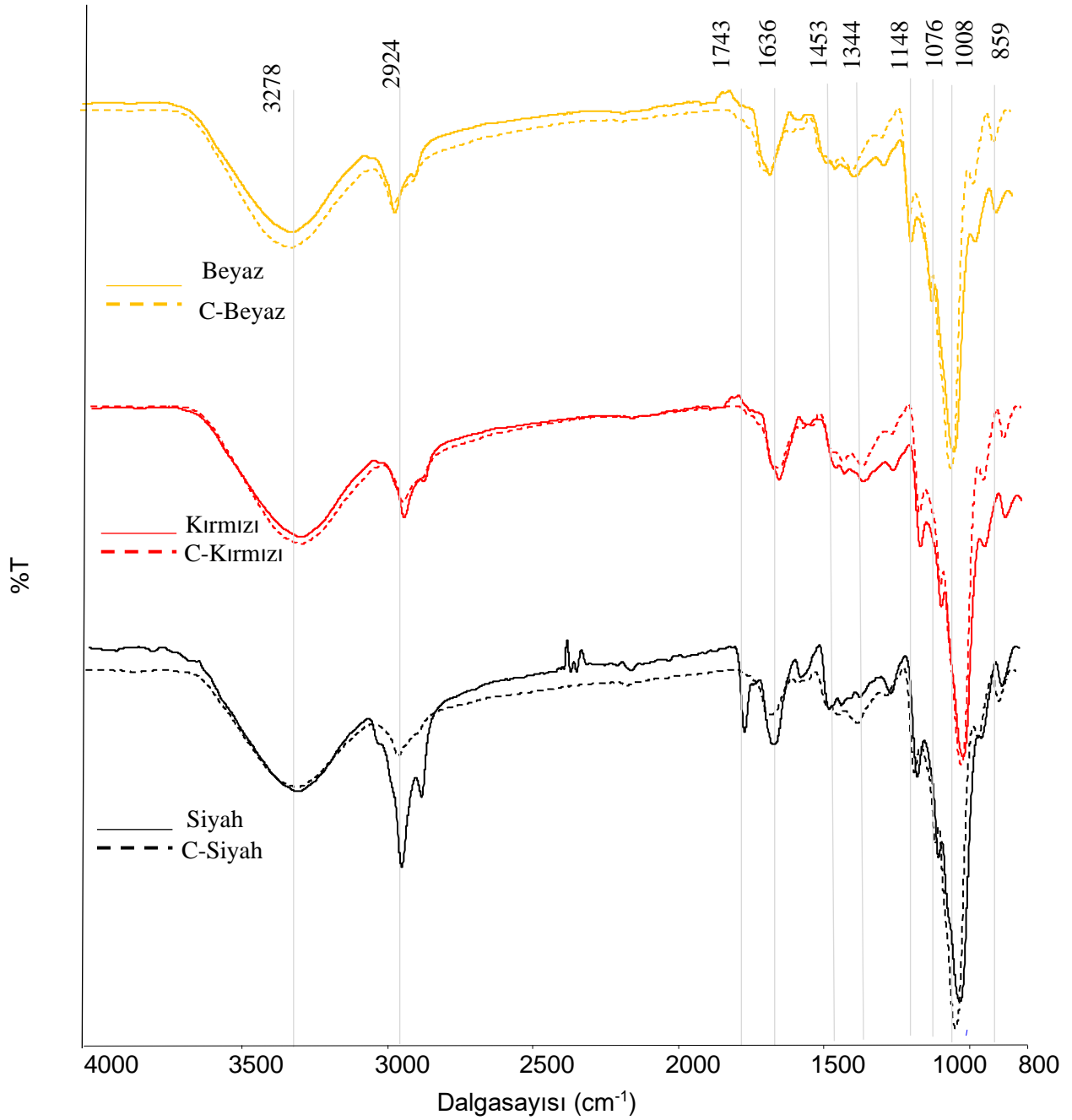
**Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi**

Çizelge 5. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının FTIR spektrumu

Pik No	Çimlenmemiş			Çimlenmiş			Fonksiyonel Grup	Referans
	Beyaz Dalgasayısı (cm <sup>-1</sup> )	Kırmızı Dalgasayısı (cm <sup>-1</sup> )	Siyah Dalgasayısı (cm <sup>-1</sup> )	Beyaz Dalgasayısı (cm <sup>-1</sup> )	Kırmızı Dalgasayısı (cm <sup>-1</sup> )	Siyah Dalgasayısı (cm <sup>-1</sup> )		
1	3278,57 (%87.97)	3278,53 (%82.58)	3276,79 (%94.61)	3275,53 (%82.26)	3274,92 (%90.87)	3277,98 (%88.44)	O-H bağı gerilmesi	(Sun ve ark.,2014)
2	2924,46 (%89.75)	2924,72 (%85.14)	2923,41 (%91.18)	2925,07 (%87.42)	2924,78 (%93.41)	2925,13 (%92.30)	Alken grubu (C-H)	(Navyashre e ve ark., 2022)
3	-	-	1743,80 (%97.31)	-	-	-	Esterler, Amin grupları (N-H)	(Navyashre e ve ark., 2022)
4	1634,88 (%93.27)	1636,45 (%90.88)	1647,20 (%96.76)	1637,43 (%91.69)	1640,91 (%96.66)	1637,80 (%95.29)	Amid I, Amin grupları (N-H)	(Navyashre e ve ark., 2022)
5	1347,12 (%93.16)	1344,38 (%93.45)	-	1344,32 (%91.93)	1343,99 (%96.00)	1349,20 (%95.29)		
6	-	-	1453,46 (%98.34)	-	-	-		
7	1148,84 (%87.01)	1148,92 (%87.10)	-	1148,58 (%86.05)	1149,20 (%91.97)	1149,05 (%90.32)	Alkol grubu (C-O)	(Navyashre e ve ark., 2022)
8	-	1076,99 (%79.68)	-	1076,16 (%77.23)	-	-	Anhidritler (C=O)	(Navyashre e ve ark., 2022)
9	1002,19 (%67.49)	1001,52 (%59.91)	1002,39 (%98.34)	-	1008,18 (%71.39)	1005,97 (%67.55)	Esterler (P-OR)	(Navyashre e ve ark., 2022)
10	857,16 (%89.77)	857,99 (%96.17)	-	859,53 (%95.24)	859,53 (%97.74)	-	Alkan (C-H)	(Navyashre e ve ark., 2022)



## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi



Şekil 3. Çimlenmemiş ve çimlenmiş darı unlarının FT-IR spektrumları. (Beyaz: Çimlenmemiş beyaz darı unu, Kırmızı: Çimlenmemiş kırmızı darı unu, Siyah: Çimlenmemiş siyah darı unu, C-Beyaz: Çimlenmiş beyaz darı unu, C-Kırmızı: Çimlenmiş kırmızı darı unu, C-Siyah: Çimlenmiş siyah darı unu)

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

### Sonuç

Darı türleri kuraklık, olumsuz hava koşulları ve gübre ve böcek ilacı gibi kimyasal girdilere ihtiyaç duymadan yetişebilen, ülkemizde daha çok kuş yemi olarak bilinen küçük taneli gıdalardır. Darı türleri zengin fitokimyasal bileşimi ve sağlığa faydaları nedeniyle günümüzde gıda ve beslenme bilimcilerinin ilgisini çekmektedir. Bu çalışmada, beyaz kırmızı ve siyah darı taneleri 3 gün boyunca çimlendirilip sonrasında bu darılardan un elde edilmiştir. Çimlenmemiş ve çimlenmiş unların kimyasal bileşimi, renk özellikleri, fenolik ve antioksidan potansiyeli ile mineral bileşimi belirlenmiştir. Darı unlarının nem içeriği çimlenme ile azalırken, protein içeriğinde hafif bir artış gözlenmiştir. Çimlenme işlemi, darı unlarının renk özelliklerinde değişikliklere neden olmuş; tüm örneklerin  $L^*$  değerlerinde genel bir artış tespit edilmiştir. Çimlenme sürecinin toplam fenolik bileşimde dramatik bir artışa neden olduğu ve bu artışın beyaz, kırmızı ve siyah darı unlarında sırasıyla 4.94, 4.96 ve 2.85 kat olduğu bulunmuştur. Ayrıca, çimlenme sürecinin tüm örneklerde flavonoid içeriğinde ve antioksidan aktivitesinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Tüm darı unlarında potasyum, magnezyum ve fosfor baskın mineraller olarak bulunmuş ve çimlenme ile mineraller arasında en çok artış kalsiyumda meydana gelmiştir. Çimlenmenin darı unlarında meydana getirdiği yapısal değişiklikler FT-IR spektroskopisi ile incelenmiş, beyaz ve kırmızı darı unlarının spektrumlarının benzer olduğu ancak siyah darı ununun farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çimlenme süreci örnekler için spektrumların bazı bantların konumlarında ve genişliklerinde farklılıklara neden olmuştur.

Küresel iklim krizi, kuraklık ve tahıl üretimi arasındaki ilişki tarım sektöründe önemli bir endişe kaynağıdır. Bu nedenle, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve kuraklığa dayanıklı tahıl ve tahıl benzeri tohumların potansiyelini araştırmak sürdürülebilirlik için

önemlidir. Bu çalışma, kuraklık, olumsuz hava koşulları ve kimyasal girdilere ihtiyaç duymadan yetişebilen beyaz, kırmızı ve siyah darının potansiyel kullanımını artırmak açısından son derece önemlidir. Ülkemizde kuş yemi olarak bilinen darının, glutensiz olması nedeniyle çölyak hastaları için de iyi bir alternatif gıda olabileceği düşünülmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A -Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında 1919B012303676 başvuru numarası ile desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Abdelrahman, S. M., Elmaki, H. B., Idris, W. H., Hassan, A. B., Babiker, E. E. ve El Tinay, A. H. (2007) Antinutritional factor content and hydrochloric acid extractability of minerals in pearl millet cultivars as affected by germination. *Int J Food Sci Nutr* 58(1):6-17. doi:10.1080/09637480601093236
- Abioye, V. F., Babarinde, G. O., Ogunlakin, G. O., Adejuyitan, J. A., Olatunde, S. J. ve Abioye, A. O. (2022) Varietal and processing influence on nutritional and phytochemical properties of finger millet: A review. *Heliyon* 8(12):e12310. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e12310
- Afify, A. E. M. M. R., El-Beltagi, H. S., El-Salam, S. M. A. ve Omran, A. A. (2012) Effect of soaking, cooking, germination and fermentation processing on proximate analysis and mineral content of three white sorghum varieties (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Not Bot Horti Agrobo* 40(2):92-98. doi:10.15835/NBHA4027930
- Akinola, S. A., Badejo, A. A., Osundahunsi, O. F. ve Edema, M. O. (2017) Effect of preprocessing techniques on pearl millet flour and changes in technological properties. *Int J Food Sci Tech* 52(4): 992-999. doi:10.1111/IJFS.13363
- AOAC. (2016) *Official Methods of Analysis of AOAC International - 20th Edition, 2016*. (Jr. George W. Latimer, Ed.) (AOAC

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

- International., C. 20). [https://www.techstreet.com/standards/official-methods-of-analysis-of-aoc-international-20th-edition-2016?product\\_id=1937367](https://www.techstreet.com/standards/official-methods-of-analysis-of-aoc-international-20th-edition-2016?product_id=1937367) adresinden erişildi.
- Bazhenova, I. A., Bazhenova, T. S. ve Chernova, E. V. (2019) Germination of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) grains trigger biochemical changes that augment bioavailability of flower and its utility for gluten-free dietary foods. *Agron Res* 17(6): 2187-2194. doi:10.15159/AR.19.219
- Bhatt A, Singh V, Shrotria PK, Baskheti DC. (2003) Coarse grains of Uttaranchal: ensuring sustainable food and nutritional security. *Indian Farmer's Digest* 7:34–38.
- Boz, H. (2014) Darı: kimyasal bileşimi ve insan sağlığı açısından potansiyel faydaları. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1):140-146. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/29590/317469> adresinden erişildi.
- Chukwumah, Y., Walker, L. T. ve Verghese, M. (2009) Peanut skin color: A biomarker for total polyphenolic content and antioxidative capacities of peanut cultivars. *Int J Mol Sci* 10(11): 4941-4952. doi:10.3390/ijms10114941
- Derbew, H., Moges, D. (2017) Effect of germination duration on nutritional and functional properties of sorghum (*Sorghum bicolor*): The case of Girana and Miskr varieties. *Ethiopian J Sci Technol* 10(3): 165-180.
- Dumanoglu, Z., Özdemir, S. ve Kökten, K. (2022) Farklı İnci Darısı (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Genotiplerine Ait Tohumların Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *ISPEC J Agric Sci* 6(1). doi:10.46291/ispecjasvol6iss1pp64-71
- FAO (2023) International Year of Millets 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/millets-2023/en> adresinden erişildi. 10 Mayıs 2023 tarihinde erişildi.
- Geren, H., Kır, B. ve Kavut, Y. T. (2019) Farklı biçim zamanlarının tatlı darı (*Sorghum Bicolor* Var. *Saccharatum*) çeşitleri üzerinde verim ve bazı yem kalite unsurlarına etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2):249-255. doi:10.20289/zfdergi.450573
- Goudar, G., Manne, M., Sathisha, G. J., Sharma, P., Mokalla, T. R., Kumar, S. B. ve Ziouzenkova, O. (2023) Phenolic, nutritional and molecular interaction study among different millet varieties. *Food Chem Adv*, 2:100150. doi:10.1016/J.FOCHA.2022.100150
- Gujral, H. S., Angurala, M., Sharma, P., & Singh, J. (2011) Phenolic content and antioxidant activity of germinated and cooked pulses. *International J Food Prop* 14(6): 1366-1374.
- Hassan, Z. M., Sebola, N. A., Mabelebele, M. (2021) The nutritional use of millet grain for food and feed: a review. *Agri Food Sec* 10:1-14.
- James, S., Bagirei, S. Y., James, S. A., Maina, C. Y., Ibrahim-Baba, A., Ilemona, A., & Ozovehe, A. (2022) Total phenolic, flavonoid and antioxidant capacities of processed pearl millet and sorghum flours. *Croat J Food Sci Technol* 14(2): 272-281.
- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B. ve Bhat, T. A. (2023) Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. *Food Chem X*, 18:100687. doi:10.1016/J.FOCHX.2023.100687
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel, Ankara, Türkiye.
- Kaur, H. ve Gill, B. S. (2021). Changes in physicochemical, nutritional characteristics and ATR–FTIR molecular interactions of cereal grains during germination. *J Food Sci Technol* 58(6): 2313-2324. doi:10.1007/S13197-020-04742-6/FIGURES/4
- Kayisoglu, C., Altikardes, E., Guzel, N. ve Uzel, S. (2024) Germination: a powerful way to improve the nutritional, functional, and molecular properties of white- and red-colored sorghum grains. *Foods* 13(5):662. doi:10.3390/FOODS13050662

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

- Kılınçer, F. N. ve Demir, M. K. (2019) Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Gıda* 44(3):419-429. doi:10.15237/gida.GD19019
- Kumar, A., Kaur, A., Gupta, K., Gat, Y. ve Kumar, V. (2021) Assessment of germination time of finger millet for value addition in functional foods. *Curr Sci* 120(2):406-413. doi:10.18520/CS/V120/I2/406-413
- Kumari, S., Bhinder, S., Singh, B. ve Kaur, A. (2023) Physicochemical properties, non-nutrients and phenolic composition of germinated freeze-dried flours of foxtail millet, proso millet and common buckwheat. *J Food Compos Ana* 115:105043. doi:10.1016/J.JFCA.2022.105043
- Li, C., Jeong, D., Lee, J. H. ve Chung, H. J. (2020) Influence of germination on physicochemical properties of flours from brown rice, oat, sorghum, and millet. *Food Sci Biotechnol* 29(9):1223. doi:10.1007/S10068-020-00770-2
- Li, R., Wang, Q., Zhao, G., Peng, H., Zhang, D. ve Li, Z. (2022) Effects of germination time on phenolics, antioxidant capacity, *in vitro* phenolic bioaccessibility and starch digestibility in sorghum. *Int J Food Sci Tech* 57(8):5175-5185. doi:10.1111/ijfs.15827
- Luo, Y. ve Xie, W. (2014) Effect of soaking and sprouting on iron and zinc availability in green and white faba bean (*Vicia faba* L.). *J Food Sci Technol* 51(12):3970. doi:10.1007/S13197-012-0921-7
- Anonim. (2019) Make the most of millet to attract more birds to your garden - Drakensberg. Pride Milling Company. <https://www.pridemilling.co.za/news/make-the-most-of-millet-to-attract-more-birds-to-your-garden/>, 24 Nisan 2024 tarihinde adresinden erişildi.
- Mamilla, R. K. ve Mishra, V. K. (2017) Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes. *LWT* 75:51-58. doi:10.1016/j.lwt.2016.08.036
- Mikulajová, A., Šedivá, D., Eěrtík, M., Gereková, P., Németh, K. ve Hybenová, E. (2017) Genotypic variation in nutritive and bioactive composition of foxtail millet. *Cereal Research Communications*, 45(3):442-455. doi:10.1556/0806.45.2017.018/METRICS
- Nakilcioğlu-Taş, E., Ötleş, S. (2021) Influence of extraction solvents on the polyphenol contents, compositions, and antioxidant capacities of fig (*Ficus carica* L.) seeds. *SciELO* 93, e20190526.
- Navyashree, N., Singh Sengar, A., Sunil, C. K. ve Venkatachalapathy, N. (2022) White Finger Millet (KMR-340): A comparative study to determine the effect of processing and their characterisation. *Food Chem* 374:131665. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2021.131665
- Nefale, F. E. ve Mashau, M. E. (2018) Effect of germination period on the physicochemical, functional and sensory properties of finger millet flour and porridge. *Asian J Appl Sci* 6(5):2321-0893. doi:10.24203/AJAS.V6I5.5466
- Obadina, A. O., Arogbokun, C. A., Soares, A. O., de Carvalho, C. W. P., Barboza, H. T. ve Adekoya, I. O. (2017) Changes in nutritional and physico-chemical properties of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) Ex-Borno variety flour as a result of malting. *J Food Sci Technol* 54(13):4442-4451. doi:10.1007/S13197-017-2922-Z/FIGURES/1
- Ocheme, O. B. ve Chinma, C. E. (2008) Effects of soaking and germination on some physicochemical properties of millet flour for porridge production. *J Food Technol*, 6(5): 185-188.
- Öktem, A., Öktem, A. G. ve Demir, D. (2021). Geç olum süresine sahip bazı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) *Mohlenbr.*) genotiplerinin biyokütle verimi ve yem kalitesinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* 7(2):315-325. doi:10.24180/IJAWS.930210
- Parameswaran, K. P., Sadasivam, S. (1994) Changes in the carbohydrates and nitrogenous components during germination of proso millet, *Panicum*

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

- miliaceum*. *Plant Foods Hum Nutr* 45: 97-102.
- Perales-Sánchez, J. X. K., Reyes-Moreno, C., Gómez-Favela, M. A., Milán-Carrillo, J., Cuevas-Rodríguez, E. O., Valdez-Ortiz, A. ve Gutiérrez-Dorado, R. (2014) Increasing the antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents by optimizing the germination conditions of amaranth seeds. *Plant Foods Hum Nutr* 69(3):196-202. doi:10.1007/S11130-014-0430-0/TABLES/2
- Pirzadah, T. B. ve Malik, B. (2020). Pseudocereals as super foods of 21st century: Recent technological interventions. *J Agric Food Res* 2(5):100052. doi:10.1016/j.jafr.2020.100052
- Pradeep, P. M. ve Sreerama, Y. N. (2015) Impact of processing on the phenolic profiles of small millets: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia. *Food Chem* 169:455-463. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2014.08.010
- Prasad, P., Sahu, J. K. (2023) Effect of soaking and germination on grain matrix and glycaemic potential: A comparative study on white quinoa, proso and foxtail millet flours. *Food Bio* 56: 103105.
- Pushparaj, S., F., Urooj, A. (2014) Antioxidant activity in two pearl millet (*Pennisetum typhoideum*) cultivars as influenced by processing. *Antioxidants* 3(1):55-66.
- RP, M., RB, K., BS, A., BM, P. ve SD, K. (2023) Effects of germination on antinutritional, colour, functional and physicochemical properties of millets. *J Pharm Innov* 12(1):350-355. doi:10.22271/TPI.2023.V12.I1D.18008
- Saleh ASM, Zhang Q, Chen J, Shen Q. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 12:281-295. doi: 10.1111/1541-4337.12012.
- Saleh, H. M., Hassan, A. A., Mansour, E. H., Fahmy, H. A. ve El-Bedawey, A. E. F. A. (2019) Melatonin, phenolics content and antioxidant activity of germinated selected legumes and their fractions. *J Saudi Soc Agric Sci* 18(3): doi:10.1016/j.jssas.2017.09.001
- Shahidi, F., Chandrasekara, A. (2013) Millet grain phenolics and their role in disease risk reduction and health promotion: A review. *J Func Foods*, 5(2):570-581. doi:10.1016/j.jff.2013.02.004
- Sharma, S., Saxena, D. C. ve Riar, C. S. (2016) Analysing the effect of germination on phenolics, dietary fibres, minerals and  $\gamma$ -amino butyric acid contents of barnyard millet (*Echinochloa frumentaceae*). *Food Bio* 13:60-68. doi:10.1016/J.FBIO.2015.12.007
- Sharma, P., Gujral, H. S. (2010). Antioxidant and polyphenol oxidase activity of germinated barley and its milling fractions. *Food Chem* 120(3):673-678.
- Singleton, V. L. ve Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16(3):144-158.
- Siwatch, M., Yadav, R. B. ve Yadav, B. S. (2017) X-ray diffraction, rheological and FT-IR spectra studies of processed amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*). *Food Meas Charact* 11(4):1717-1724. doi:10.1007/S11694-017-9552-Z/FIGURES/4
- Siwela, M., Taylor, J. R., De Milliano, W. A., Duodu, K. G. (2007) Occurrence and location of tannins in finger millet grain and antioxidant activity of different grain types. *Cereal Chem* 84(2):169-174.
- Sokrab, M., Isam, A., Ahmed, M., Babiker, E. (2012) Effect of germination on antinutritional factors, total and extractable minerals of high and low phytates corn (*Zea mays L.*) genotype, *J Saudi Sociology and Agric Sci* 11:123-128. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2012.02.002
- Soylu, S. (2012). Alternatif bir biyoyakıt bitkisi olarak dallı darının (*Panicum virgatum L.*) Türkiye’de yetiştirme teknikleri. *J Agric Mach* 8(3):257-263.
- Sun, Q., Han, Z., Wang, L. ve Xiong, L. (2014) Physicochemical differences between sorghum starch and sorghum flour

## Çimlenmenin Beyaz, Kırmızı ve Siyah Darı (*Pennisetum glaucum*) Ununun Kimyasal Bileşimi, Fenolik ve Antioksidan Potansiyeline Etkisi

- modified by heat-moisture treatment. *Food Chem*, 145:756-764.  
doi:10.1016/J.FOODCHEM.2013.08.129
- Tanriseven, D., Kadiroglu, P., Selli, S. ve Kelebek, H. (2020) LC-DAD-ESI-MS/MS-assisted elucidation of the phenolic compounds in shalgams: Comparison of traditional and direct methods. *Food Chem* 305:125505. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125505
- Thakur, P., Kumar, K., Ahmed, N., Chauhan, D., Eain Hyder Rizvi, Q. U., Jan, S., ... Dhaliwal, H. S. (2021) Effect of soaking and germination treatments on nutritional, anti-nutritional, and bioactive properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus L.*), quinoa (*Chenopodium quinoa L.*), and buckwheat (*Fagopyrum esculentum L.*). *Curr Res Food Sci* 4:917-925. doi:10.1016/J.CRFS.2021.11.019
- Xiang, Jinle, Li, W., Ndolo, V. U. ve Beta, T. (2019) A comparative study of the phenolic compounds and in vitro antioxidant capacity of finger millets from different growing regions in Malawi. *J Cereal Sci* 87:143-149. doi:10.1016/j.jcs.2019.03.016
- Xiang, Jinle, Yuan, Y., Du, L., Zhang, Y., Li, C. ve Beta, T. (2023) Modification on phenolic profiles and enhancement of antioxidant activity of proso millets during germination. *Food Chem X*, 18:100628. doi:10.1016/J.FOCHX.2023.100628
- Yenasew, A., Urga, K. (2022) Impact of germination period on mineral and anti-nutritional content of Finger millet varieties. *Heliyon* 4170543.
- Yousaf, L., Hou, D., Liaqat, H. ve Shen, Q. (2021) Millet: A review of its nutritional and functional changes during processing. *Food Res Int* 142:110197. doi:10.1016/J.FOODRES.2021.110197