



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULTRASONİKASYONUN FARKLI TANE RENKLİ
FASULYELERİN FİZİKSEL, BESİNSEL ve ANTİBESİNSEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Aylin OĞUR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
OCAK - 2022



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRASONİKASYONUN FARKLI TANE RENKLİ
FASULYELERİN FİZİKSEL, BESİNSEL ve ANTİBESİNSEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Aylin OĞUR
ORCID:0000-0001-9056-4974

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi M. Tuğrul MASATCIOĞLU
ORCID: 0000-0002-2583-8796

HATAY
OCAK - 2022

28/01/2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Aylin OĞUR

ÖZET

ULTRASONİKASYONUN FARKLI TANE RENKLİ FASULYELERİN FİZİKSEL, BESİNSEL ve ANTİBESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Bu çalışmada ultrasonikasyon işleminin fasulye tanelerindeki (kırmızı, siyah ve beyaz fasulye) antibesinsel bileşikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Ultrasonikasyon işlemi %80 genlik ve farklı sürelerde (15 ve 30 dakika) sıcaklık kontrollü ve sıcaklık kontrolü olmadan gerçekleştirilmiş olup, örnekler işlem sonunda 50 °C’de fanlı etüvde kurutulmuştur. Örnekler öğütülerek tripsin inhibitör aktivite, fitik asit, saponin ve kondanse tanen içerikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede (Kontrol) sırasıyla; tripsin inhibitör aktivite 25.79, 28.19 ve 20.86 TIU/mg; fitik asit miktarı 9.29, 10.49 ve 13.24 mg/g; saponin miktarı 8.11, 7.45 ve 9.56 mg/g olarak tespit edilmiştir. Kondanse tanen içeriği beyaz fasulyede saptanamamış kırmızı ve siyah fasulyede ise sırasıyla 2.18 ve 0.71 mg/g olarak belirlenmiştir. Ultrasonikasyon ve 12 saat ıslatma prosesleri dikkate alındığında antibesinsel bileşiklerin azaltılmasında en etkili yöntemin, ultrasonikasyon işleminin sıcaklık kontrolü yapılmadan 30 dakika süreyle uygulanması olduğu gözlenmiştir. Bu işlem sonucunda tripsin inhibitör aktivitenin %24-36; kondanse tanen miktarının %45-55; saponin miktarının %25-43; fitik asit içeriğinin ise %6-15 aralığında azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede sırasıyla; toplam fenolik madde miktarı sırasıyla; 6.92, 3.10 ve 0.69 mg GA/g kuru örnek; antioksidan aktivite değerleri sırasıyla; 44.08, 22.78 ve 2.38 μ mol TE/g kuru örnek olarak tespit edilmiştir. Islatma prosesi ile toplam fenolik madde miktarının %9-54, antioksidan aktivitenin ise %54-63 oranında azaldığı gözlenmiştir. Ultrasonikasyon işlemi uygulanan örneklerde ise antioksidan aktivitenin %13-75 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede sırasıyla; su bağlama kapasitesi %218.40, %179.86 ve %182.82; suda çözünürlük değerleri %17.53, %20.83 ve %26.94 olarak tespit edilmiştir. Ultrasonikasyon işlemi sonucunda su bağlama kapasitesi %6-26 oranında artmıştır. Bütün prosesler sonucunda suda çözünürlük değerinin azaldığı gözlenmiştir. Fasulye tanelerinde protein miktarı %21.92-22.79; ham yağ miktarı %1.22-1.89 ve kül miktarı %5.03-5.24 olarak tespit edilmiştir. Kırmızı ve siyah fasulyede ultrasonikasyon uygulamaları sonucunda protein, ham yağ ve kül miktarı genel olarak azalmıştır. Yapılan çalışmada en yüksek su absorpsiyonu değerleri 12 saat ıslatma koşulunda elde edilmiştir. En düşük sertlik değerleri ise ultrasonikasyon işleminin sıcaklık kontrolü yapılmadan 30 dakika süreyle uygulanması sonucunda gözlenmiştir. Sonuç olarak ultrasonikasyon işleminin sıcaklık kontrolü olmadan 30 dakika süreyle uygulanmasının uzun süreli ıslatma prosesine iyi bir alternatif olabileceği belirlenmiştir.

2022, 83 sayfa

Anahtar Kelimeler: Fasulye, ultrasonikasyon, antibesinsel bileşikler, fiziksel özellikler, antioksidan aktivite

ABSTRACT

EFFECT of ULTRASONICATION on PHYSICAL, NUTRITIONAL and ANTINUTRITIONAL PROPERTIES of BEANS HAVING DIFFERENT KERNEL COLOUR

In this study, the effect of ultrasonication on the antinutritional compounds of beans (red, black and white beans) were investigated. The ultrasonication process was carried out with and without temperature control at 80% amplitude and different times (15 and 30 minutes), and the samples were dried in a fan oven at 50 °C at the end of the process. Trypsin inhibitory activity, phytic acid, saponin and condensed tannin contents were determined after grinding the samples. It was determined that in the red, black and white beans (Control) trypsin inhibitory activities were 25.79, 28.19 and 20.86 TIU/mg, phytic acid contents were 9.29, 10.49 and 13.24 mg/g and saponin contents were 8.11, 7.45 and 9.56 mg/g, respectively. Condensed tannin content was determined as 2.18 and 0.71 mg/g in red and black beans, respectively. Considering the ultrasonication and 12-hours soaking processes, it was observed that the most effective method for reducing antinutritional factors was the application of ultrasonication for 30 minutes without temperature control. It was found that about 24-36% of trypsin inhibitory activity, 45-55% of the condensed tannin content; 25-43% of the saponin content and 6-15% of phytic acid content were reduced by the ultrasonication process. It was determined that total phenolic contents of the red, black and white beans were 6.92, 3.10 and 0.69 mg GA/g (db.); antioxidant activities were 44.08, 22.78 and 2.38 $\mu\text{mol TE/g (db.)}$, respectively. By the soaking process, the total phenolic content and the antioxidant activity decreased about 9-54% and 54-63%, respectively. The antioxidant activity was decreased by about 13-75% by the ultrasonication process. The water-binding capacity of red, black and white beans were 218.40%, 179.86% and 182.82%; water solubility values were 17.53%, 20.83% and 26.94%, respectively. By the ultrasonication process, the water binding capacity increased about 6-26%. All soaking processes significantly caused reducing of the solubility values of beans. The protein, crude oil and ash contents of the beans were in the ranges of 21.92-22.79%, 1.22-1.89% and 5.03-5.24%, respectively. In general, the protein, crude oil and ash contents of beans decreased in the ultrasonication conditions. The highest water-binding capacity values were obtained with the 12 hours soaking process. The lowest hardness values were found with the application of ultrasonication for 30 minutes without temperature control. As a result, it has been concluded that the ultrasonication process for 30 minutes without temperature control can be a good alternative to the long-term soaking process.

2022, 83 pages

Key Words: Bean, ultrasonication, antinutritional compounds, physical properties, antioxidant activity

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesi, gerçekleştirilmesi ve yazımı sırasında bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmama katkı veren ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi M. Tuğrul MASATCIOGLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında, desteklerini her zaman gördüğüm Gıda Mühendisliği Bölümümüz öğretim üyesi Prof. Dr. Zehra GÜLER'e,

Laboratuvar çalışmalarımın her aşamasında yardımcı olan Arş. Gör. Mücade KÖKSAL KAVRAK'a,

Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren HMKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (Proje No: 20.YL.026),

Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aylin OĞUR

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Ultrasonikasyon İşlemi	22
3.2.2. Islatma İşlemi	23
3.2.3. Kimyasal Analizler	23
3.2.4. Fiziksel Analizler.....	23
3.2.4.1 Su Absorbsiyonu	23
3.2.4.2 Hacim Artışı	24
3.2.4.3 Suyu Geçen Madde Miktarı	24
3.2.4.4 Renk Analizi.....	24
3.2.4.5 Tekstür (Sertlik) Analizi	25
3.2.5. Antibesinsel Bileşiklerin Belirlenmesi	25
3.2.5.1 Tripsin İnhibitörü Aktivitesi Tayini	25
3.2.5.2 Saponin Miktarı Tayini	26
3.2.5.3 Kondanse Tanen Miktarı Tayini	26
3.2.5.4 Fitik Asit İçeriği	27
3.2.6. Fonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi.....	27
3.2.6.1 Su Bağlama Kapasitesi ve Suda Çözünürlük Analizleri.....	27
3.2.7. Besinsel Özelliklerin Belirlenmesi	28
3.2.7.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini.....	28
3.2.7.2 Antioksidan Aktivite Analizi	28
3.2.8. İstatistiksel Analiz	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	30
4.1. Fasulyelerin Fiziksel Özellikleri.....	30
4.2. Uygulanan Ultrasonikasyon (US) İşleminin Fasulyelerin Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi	31
4.2.1. Protein Miktarı Üzerine Etkisi.....	31
4.2.2. Yağ Miktarı Üzerine Etkisi.....	33
4.2.3. Kül Miktarı Üzerine Etkisi	35
4.3. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	37
4.3.1. Su Absorbsiyonu Üzerine Etkisi	37
4.3.2. Hacim Artışı Üzerine Etkisi	38
4.3.3. Suyu Geçen Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	39
4.3.4. Renk Üzerine Etkisi.....	40
4.3.5. Tekstür (Sertlik) Üzerine Etkisi.....	47
4.4. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Antibesinsel Özellikleri Üzerine Etkisi	48
4.4.1. Tripsin İnhibitörü Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	48

4.4.2. Saponin Miktarı Üzerine Etkisi	51
4.4.3. Kondanse Tanen Miktarı Üzerine Etkisi	52
4.4.4. Fitik Asit Miktarı Üzerine Etkisi	54
4.5. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Etkisi	57
4.5.1. Su Bağlama Kapasitesi ve Suda Çözünürlük Üzerine Etkisi	57
4.6. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Besinsel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	60
4.6.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi	60
4.6.2. Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi.....	62
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	76
EKLER.....	77



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. İşlem görmemiş fasulye tanelerinin fiziksel özellikleri	30
Çizelge 4.2. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin protein miktarı	32
Çizelge 4.3. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin ham yağ miktarı	34
Çizelge 4.4. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin kül miktarı.....	36
Çizelge 4.5. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin su absorpsiyonu değerleri	37
Çizelge 4.6. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin hacim artışı değerleri	39
Çizelge 4.7. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin suya geçen madde miktarı	40
Çizelge 4.8. US işlemi uygulanan kırmızı fasulye tanelerinin renk değerleri	41
Çizelge 4.9. US işlemi uygulanan siyah fasulye tanelerinin renk değerleri	42
Çizelge 4.10. US işlemi uygulanan beyaz fasulye tanelerinin renk değerleri.....	43
Çizelge 4.11. US işlemi uygulanan kırmızı fasulyenin ıslatma suyu renk değerleri	44
Çizelge 4.12. US işlemi uygulanan siyah fasulyenin ıslatma suyu renk değerleri	45
Çizelge 4.13. US işlemi uygulanan beyaz fasulye ıslatma suyu renk değerleri.....	46
Çizelge 4.14. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin sertlik değerleri	47
Çizelge 4.15. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin tripsin inhibitörü aktivitesi değerleri.....	48
Çizelge 4.16. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin saponin içerikleri	51
Çizelge 4.17. US işlemi uygulanan kırmızı ve siyah fasulye tanelerinin kondanse tanen değerleri.....	53
Çizelge 4.18. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin fitik asit içerikleri.....	55
Çizelge 4.20. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin suda çözünürlük değerleri	59
Çizelge 4.21. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin toplam fenolik madde miktarı..	61
Çizelge 4.22. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin antioksidan aktivite içeriği.....	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
µg	: mikrogram
mg	: miligram
g	: gram
mL	: mililitre
µmol	: mikromol

KISALTMALAR

US	: Ultrasonikasyon
Kontrol	: İşlem görmemiş tane
Islatma	: 12 saat ıslatma
C	: Sıcaklık kontrollü koşul
H	: Sıcaklık kontrolsüz koşul
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
AACCI	: American Association of Cereal Chemists International
GA	: Galik asit

1. GİRİŞ

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), Phaseoleae familyası ve Papilionoideae alt familyasına ait bir baklagildir (Chávez-Mendoza ve ark., 2018). Fasulye de dahil olmak üzere baklagiller iyi nişasta, besinsel lif, protein ve mineral kaynağı olmalarının yanı sıra fenolik bileşikler gibi biyoaktif maddeler açısından da zengindir (Aviles-Gaxiola ve ark., 2007). Fenolik bileşikler ve flavonoidler açık renkli fasulye çeşitlerine kıyasla koyu renkli tohum kabuğuna sahip fasulye çeşitlerinde daha yüksek miktarlarda bulunur ve antioksidan aktivitenin artmasını sağlar. Bu bileşiklerin yanı sıra genellikle kabukta bulunan antosiyaninler kırmızı ve siyah fasulyenin rengine katkıda bulunur (Chávez-Mendoza ve ark., 2018). Bu üstün özelliklerine rağmen baklagillerin gıda kaynağı olarak kullanımı insanlar üzerinde olumsuz etkileri olan çeşitli antibesinsel bileşiklerin varlığı nedeniyle sınırlıdır. Antibesinsel bileşikler bitkiyi böcek saldırıları gibi bazı biyolojik streslere karşı koruyan ikinci metabolitlerdir. Bu metabolitler arasında tripsin ve kimotripsin inhibitörleri, fitatlar, lektinler, tanenler ve oligosakkaritler bulunur (Aviles-Gaxiola ve ark., 2007). Tripsin ve kimotripsin inhibitörleri, tripsin ve kimotripsin proteazlarının aktivitelerini inhibe ederken, fitik asit bazı minerallerin yararlanılabilirliğini azaltmaktadır (Prodanov ve ark., 2003). Antibesinsel bileşik olarak kabul edilen bu biyoaktif bileşikler, protein ve karbonhidrat sidirimini etkilemekte ve dolayısıyla gıda sindirilebilirliği azalmaktadır (Bubelova ve ark., 2017).

Baklagillerde bulunan antibesinsel bileşikler, protein yapıda olan ve protein yapıda olmayanlar olarak iki gruba ayrılır. Alkaloidler, fitik asit, tanenler ve saponinler gibi bileşikler protein yapıda olmayan antibesinsel maddelerdir (Roy ve ark., 2010). Tanenler gibi fenolik bileşikler lizin veya metiyonin kalıntıları ile reaksiyona girerek proteinlerle çapraz bağlanması metabolize olmalarını engellemektedir. Saponinler, bir veya daha fazla oligosakkarite glikozidik bağ ile bağlanan steroid ya da triterpenoid aglikondan oluşur. Triterpenoid saponinler baklagillerde (soya fasulyesi, mercimek, nohut), kinoa tohumları, ginseng kökleri ve meyan kökünde bulunurken, steroid saponinler çemen tohumu, kuşkonmaz ve yulafta bulunur. Saponinlerin en iyi bilinen toksik etkisi, eritrositlerin yanı sıra bağırsak mukozasında bulunan diğer hücreleri parçalamaları sonucunda besin emilimini etkilemesidir. Bununla birlikte tripsin ve kimotripsin gibi çeşitli sindirim enzimlerini inhibe ederek protein sindirilebilirliğini etkiler (Duranti ve Gius, 1997; Hierro ve ark., 2018; Wei, 2011; Shi ve ark., 2004). Fitik asit veya myo-

inositol hekzofosforik asit; tahıl taneleri, baklagil ve yağlı tohumların önemli bir bileşenidir ve farklı tahıllardaki toplam fosforun %50-80'inden fazlasını oluşturur (Ertaş, 2013). Özellikle mineraller, protein ve nişasta ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlanması sonucunda bu besinlerin çözünürlüğünü, işlevselliğini, sindirilebilirliğini ve emilimini etkilediği için antibesinsel bileşik olarak kabul edilir. İnce bağırsakta düşük çözünürlüğe sahip demir-fitat komplekslerinin oluşumu, fitatın demir emilimi ile etkileşiminin temeli kabul edilir (Muzquiz ve Wood, 2007; Rickard ve Thompson, 1997; Ruales ve Nair, 1993). Baklagillerde yaygın olarak bulunan protein yapısındaki antibesinsel bileşikler arasında tripsin ve kimotripsin inhibitörleri, antifungal peptit ve ribozomu inaktive edici proteinler bulunur (Roy ve ark., 2010). Proteaz inhibitörleri rekabetçi bağlanma yoluyla tripsin ve kimotripsin gibi sindirim enzimlerinin işlevini engelledikleri için besin değeri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Muzquiz ve Wood, 2007). Tripsin inhibitörleri pankreas enzimi olan tripsin enziminin aktivitesini güçlü bir şekilde inhibe ederek yüksek miktarda sindirim enzimi varlığında bile sindirilemeyen komplekslerin oluşumuyla protein sindirim ve emilimini azaltır (Aviles-Gaxiola ve ark., 2017).

Ultrason ya da ultrasonikasyon (US), insanların işitebildiği üst sınırdan daha yüksek bir frekansta katı, sıvı veya gaz ortamında yayılan ses dalgalarını, mekanik titreşimleri ifade eder. Bu sınır kişiden kişiye değişebilse de US 20 kHz üzerindeki sonik dalgalarla üretilen bir enerji şeklidir (Salazar ve ark., 2010). US dalgasının sıvı bir ortamda yayılması moleküllerin yer değiştirmesine ve art arda sıkıştırma ve gevşeme aşamalarına sebep olur. Sıvı fazı oluşturan moleküller yer değiştirir ve sıkıştırma döngüsü sırasında birbiriyle çarpışır. Gevşeme döngüsünde ise molekülleri birbirinden ayıran negatif bir basınç oluşur ve moleküllerin arasındaki çekim kuvveti aşılarak sıvıda kavitasyon kabarcıkları denilen boşluklar meydana gelir. Ortam içinde çözünen buhar veya gazlar gevşeme aşamasında kabarcığın içine girer ve sıkıştırma döngüsünde tamamen dışarı atılamadığından kabarcıklar büyür. Kabarcığın boyutu kritik bir değere ulaştığında bir sıkıştırma döngüsü sırasında patlar ve bu olaya kavitasyon denir. Patlama sonucunda 50-1000 atm basınç ve 5000 K' e kadar sıcaklık oluşur. Katı-sıvı ortamda akustik kavitasyon yoğun türbülans ve karıştırmaya, aynı zamanda da parçacıklar arası çarpışmaya sebep olur (Chemat ve ark., 2017). US destekli sistemler kavitasyon ve basınç yoluyla gıda bileşenlerinde fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişikliklere sebep olur (Harasym ve

ark. 2020). Gıda işleme sırasında ultrasonikasyon uygulamasının; daha etkili karıştırma, daha hızlı enerji ve kütle transferi, düşük sıcaklık, daha az ekipman kullanımı, artan üretim ve proses adımlarının ortadan kaldırılması gibi avantajları vardır. Son yıllarda ekstraksiyon, homojenizasyon, filtrasyon, köpük giderme, emülsifikasyon, enzim ve mikroorganizma inaktivasyonu gibi çeşitli temel gıda araştırmaları ve ticari uygulamalar için kullanılmaktadır (Chemat ve ark., 2011).

Baklagillerin ve baklagil unlarının protein, nişasta ve besinsel lif fraksiyonlarıyla birlikte fenolik madde içeriği gibi biyoaktif bileşiklerin gıda uygulamalarına dâhil edilmesine yönelik ilgi giderek artmaktadır. Fakat gerek tüketmeden önce kapsamlı hazırlık ve pişirme gereksinimi, gerekse tüketildikten sonra meydana gelen sindirim sorunları sebebiyle kullanımı sınırlıdır. Bu sebeple baklagillerin işlenmesinde alternatif yöntemlerin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada farklı koşullarda uygulanan US işleminin farklı tane renkli fasulyelerin antibesinsel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla fasulye örneklerine farklı sürelerde %80 genlikte US işlemi uygulanmış ve örneklerde kondanse tanen, fitik asit, saponin ve tripsin inhibitörü aktivitesi belirlenmiştir. Buna ek olarak su bağlama kapasitesi, suda çözünürlük, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri gibi fonksiyonel özellikler de tespit edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Jood ve ark. (1986) çeşitli işlemlerin nohut ve siyah mercimekteki saponin miktarına etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla 37 °C'de 12 saat ıslatılan tohumları kaynatma ve otoklavlama (1.05 kg/m² basınç, 15 dakika) işlemlerine tabi tutmuşlardır. Islatılan tohumların otoklavlanmasının saponin içeriğini, nohutta %33-39 ve siyah mercimekte %20-27 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Islatma sırasında saponin miktarındaki azalmanın bileşiklerin suya geçişine; pişirme sırasındaki kaybın ise saponinlerin ısıya dayanıksız olmalarına bağlı olabileceği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca, ıslatmanın nohut çeşitlerinde saponin miktarını %5-10 oranında azalttığı rapor edilmiştir.

Sattar ve ark. (1989) yaptıkları çalışmada farklı süre (3-12 saat) ve sıcaklıklarda (22-25 °C ve 55 °C) uygulanan ıslatma işleminin maş fasulyesindeki fitik asit ve tripsin inhibitörü aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. İşlem görmemiş tanelerde fitik asit ve tripsin inhibitörü aktivitesinin sırasıyla 216 mg/100 g ve 2460 TIU/g olduğu rapor edilmiştir. 22-25 °C sıcaklıkta 3 ve 12 saat ıslatma sonunda fitik asit miktarının sırasıyla 213 mg/100 g ve 180 mg/100 g'a; 55 °C sıcaklıkta ise sırasıyla 192 mg/100 g ve 168 mg/100 g'a azaldığı bildirilmiştir. 55 °C'de ıslatma sırasında 22-25 °C sıcaklıktan fitatın daha hızlı bozulmasının fitaz aktivitesi ve difüzyonun birleşik etkisine bağlı olduğu belirtilmiştir. 22-25 °C sıcaklıkta 3 ve 12 saat ıslatma sonunda tripsin inhibitör aktivitesinin sırasıyla 2000 TIU/g ve 908 TIU/g'a; 55 °C sıcaklıkta ise sırasıyla 1760 TIU/g ve 553 TIU/g'a düştüğü bildirilmiştir. Islatma sırasında 55 °C sıcaklıkta tripsin inhibitör aktivitenin 22-25 °C'den daha fazla azalmasının nedeninin, tripsin inhibitörlerin yüksek sıcaklıkta düşük sıcaklığa oranla daha fazla inhibe olmasına bağlı olabileceği belirtilmiştir.

Sharma ve Sehgal (1992) farklı pişirme yöntemlerinin bakladaki (VH-131 ve WF çeşitleri) antibesinsel bileşiklere etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla, 12 saat ıslatılıp kabukları ayrılan örnekler kaynatma ve basınçlı ortamda pişirme (15-20 dakika) işlemleri uygulanmıştır. Islatma ve kabuk ayırma işleminin fitat içeriğini %4 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Islatılmış ve kabuğu alınmış örneklerin pişirilmesi ile fitat içeriğinin VH-131 ve WF çeşitlerinde sırasıyla %32 ve %35 oranında azaldığı bildirilmiştir. Otoklavlamının fitat içeriğini ıslatılmış tohumlarda %16-18, ıslatılmış ve kabuğu ayrılmış tohumlarda ise %39 oranında azalttığı ifade edilmiştir. Islatılmış ve

kabuğu alınmış tohumların 25 dakika otoklavda pişirilmesi ile fitatların VH-131 ve WF çeşitlerinde sırasıyla %53 ve %55 oranında inhibe edildiği tespit edilmiştir. Fitatların elimine edilmesinde süre artışının da belirgin bir etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır. Islatma ve kabuk soyma işlemlerinin saponin içeriğini VH-131 ve WF çeşitlerinde sırasıyla %29 ve %26 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Islatılmış tohumların pişirilmesinin her iki çeşit için de saponin içeriğini %35 oranında azalttığı bildirilmiştir. Islatılan tohumların 15 dakika otoklavda pişirilmesi ile saponin içeriğinin %40-44 oranında azaldığı ve saponin içeriğinde maksimum azalmanın (%81-84) ıslatılan ve kabuğu ayrılan tohumların 25 dakika otoklavda pişirilmesi ile sağlandığı rapor edilmiştir.

Hernandez ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada mikrodalga pişirmenin (0.56 kW, 2450 MHz) farklı nem içeriğindeki (kuru tohumların nem içeriği %6-11, yaş tohumların ise %24-25) baklagil tohumlarında bulunan tripsin inhibitör aktivitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Mikrodalga pişirmenin tripsin inhibitör aktiviteyi tamamen elimine etmese de önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir. İşlem görmemiş fasulye, bakla ve nohut tohumlarında tripsin inhibitör aktivitenin sırasıyla 31.3, 7.2 ve 17.9 TIU/mg olduğu ve mikrodalga işlemiyle birlikte bu değerlerin kuru tohumlarda 10.2, 2.3 ve 3.6 TIU/mg'a; yaş tohumlarda ise sırasıyla; 8.1, 3.1 ve 3.1 TIU/mg'a düşürüldüğü bildirilmiştir.

Alonso ve ark. (2000) ıslatma işleminin bakla ve barbunyadaki antibesinsel bileşikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Islatma işleminin 30 °C sıcaklıkta 12 saat uygulanması sonucunda bakladaki tripsin inhibitörü aktivitesi, fitik asit ve tanen miktarının sırasıyla; %4.47, %32.7 ve %47.7 oranında azaldığı bildirilmiştir. Aynı işlem koşullarında barbunya tohumlarındaki fitik asit, kondanse tanen ve tripsin inhibitörü aktivitesinin sırasıyla %5.66, %24.2 ve %5.48 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Islatma işleminin tohumlardaki protein miktarı üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı vurgulanmıştır. Bunlara ek olarak ıslatma işleminin toplam fenolik madde miktarını %4-20 oranında azalttığı ifade edilmiştir.

Frias ve ark. (2000)'nın çalışmasında ıslatma (9 saat), kaynatma (35 dakika) prosesleri ile 120 °C'de 15 dakika uygulanan ısıl işlemin nohuttaki antibesinsel bileşikler üzerine etkisi araştırılmıştır. İşlem görmemiş nohutta tripsin inhibitörü aktivitesinin 10.43 TIU/mg olduğu ve ıslatma işlemiyle birlikte 9.20 TIU/mg'a azaldığı (%12) rapor edilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin kaynatma işlemiyle birlikte tamamen elimine

edildiği; ısıtma işlemi ise 7.60 TIU/mg'a azaldığı (%27) bildirilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesine sahip bileşiklerin ısıya dayanıksız olduğu ve ısıtma işlemlerin aktiviteyi azalttığı belirtilmiştir.

El-Hady ve Habiba (2003) ısıtma işleminin (30 °C sıcaklıkta 16 saat) bakla, bezelye, nohut ve barbunyadaki antibesinsel bileşikler ve fenolik bileşikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Isıtmaya ile baklagillerdeki fitik asit miktarının %2-10 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu azalmanın, uzun ısıtma sürelerindeki endojen fitaz aktivasyonuna ve kurutma sırasında da devam eden olası enzim etkisine bağlı olabileceğini belirtmişlerdir. Bu işlem ile birlikte kondanese tanen miktarındaki azalmanın %1-19 arasında olduğu bildirilmiştir. Isıtmaya toplam fenolik madde miktarında da önemli düzeyde azalmaya sebep olduğu ifade edilmiştir. Bu azalmanın sebebi suda çözünür fenollerin suya geçişi olarak gösterilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin ise bakla, bezelye, nohut ve barbunya için sırasıyla; %19.9, %15.4, %9.2 ve %1.5 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Tripsin inhibitör aktivitesindeki azalma oranlarının değişiklik göstermesinin, tohum kabuğu geçirgenliğindeki farklılıktan kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Bayram ve ark. (2004a) farklı süre (10-120 dk) ve sıcaklıklarda (30, 50, 70 °C) ısıtma işleminin soya fasulyesi ısıtma suyuna ait L^* , a^* ve b^* değerlerine etkisini araştırmışlardır. Isıtmaya ile suyun L^* değerinin azaldığı rapor edilmiştir. Sıcaklığın artışıyla L^* değerinin azaldığı, yüksek sıcaklıklarda ısıtma suyunun daha koyu renkte olduğu belirtilmiştir. Suyun a^* değeri negatif olarak tespit edilmiş olup, bunun nedeni soya fasulyesindeki yeşil pigmentlerin suya geçişi olarak gösterilmiştir. Ek olarak soya fasulyesinde bulunan karotenoidlerin suda çözünür yeşil pigmentler ve bunların türevlerinin aksine ısıtma suyunda çözünmediği vurgulanmıştır. Isıtmaya sıcaklık ve süresi arttıkça b^* değerinin de arttığı rapor edilmiştir. Sarı renkteki bu artışın, sıcaklığın da etkisiyle sarı renk pigmentlerinin ve vitaminlerin suya geçişinden kaynaklandığı bildirilmiştir.

Bayram ve ark. (2004b) farklı süre (10-120 dk) ve sıcaklıklarda (30, 50 ve 70 °C) uygulanan ısıtma işleminin soya fasulyesi tanelerinin renk değerleri üzerine etkisini araştırmışlardır. İşlem görmemiş soya fasulyesinde L^* değeri 51.96 olarak tespit edilmiş olup, ısıtmanın ilk 10 dakikasında keskin bir şekilde azaldığı (44-47) ifade edilmiştir. Ardından L^* değerinin kademeli olarak arttığı rapor edilmiştir. Genel olarak bütün işlem

sürelerinde sıcaklığın artışıyla L^* değerinin de arttığı bildirilmiştir. Bu artışın sebebi, yüksek su absorpsiyonu ve pigment denaturasyonu olarak belirtilmiştir. Buna ek olarak sıcaklığın artışıyla bileşiklerin (nişasta, protein) jelleşmesi sonucu yapı ve renkte değişiklikler meydana gelebileceği bildirilmiştir. Islatma suyu sıcaklığının artışıyla a^* değerinin kademeli olarak azaldığı bildirilmiştir. Karotenoidlerin kimyasal yapısında sıcaklığın da etkisiyle bozunma olmasının a^* değerinin azalmasına neden olduğu vurgulanmıştır. Islatma ile b^* değerinde artış gözlemlendiği; ıslatma süre ve sıcaklığının b^* değerini önemli düzeyde etkilediği rapor edilmiştir. Bu artışın kırmızı pigmentlerin sarı renge dönüşmesiyle açıklanabileceği belirtilmiştir.

Mubarak (2005) tarafından yapılan bir araştırmada farklı yöntemlerin maş fasulyesinin kimyasal bileşimi ve antibesinsel bileşikler üzerine etkisi incelenmiştir. Maş fasulyesi örneklerine ıslatma (12 saat), kaynatma (90 dakika), otoklavlama (121 °C, 15 atm, 35 dakika) ve mikrodalga pişirme (15 dakika) işlemleri uygulanmıştır. Islatma işleminin protein ve kül miktarında azalmaya sebep olduğu; yağ miktarı üzerindeki etkisinin ise istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı ifade edilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin ıslatma sonucunda %15.8 oranında azaldığı, pişirme işlemleri ile de tamamen elimine edildiği rapor edilmiştir. Islatma, kaynatma, otoklavlama ve mikrodalga pişirme işlemleriyle birlikte tanen miktarının sırasıyla %39.4, %45.5, %51.5 ve %62.1 oranında azaldığı bildirilmiştir. Fitik asit içeriğinin ise ıslatma işlemiyle %26.7, pişirme ile de %24-26 oranında azaltıldığı rapor edilmiştir.

Rehman ve Shah (2005) farklı pişirme yöntemlerinin baklagillerdeki (kırmızı fasulye, mercimek, nohut ve siyah mercimek) antibesinsel bileşikler üzerine etkisini incelemişlerdir. Oda sıcaklığında 4 saatlik ıslatmanın ardından örneklerle kaynatma ve otoklavlama (121 °C’ de 10, 20, 40, 60, 90 dakika ve 128 °C’de 20 dakika) işlemleri uygulanmıştır. Kaynatma işlemi ile birlikte tanen miktarının %20.8-26.8; fitik asit içeriğinin ise %24-35.1 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Baklagillerin otoklavda 121 °C’ de farklı sürelerde pişirilmesi ile tanen miktarının %31.1-45.7; fitik asit içeriğinin ise %28-51.6 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Baklagillerin otoklavda 121 °C’ de 90 dakika ve 128 °C’ de 20 dakika pişirilmesinin antibesinsel bileşikleri aynı oranda azalttığı bildirilmiştir.

Alajaji ve El-Adawy (2006) tarafından yapılan bir çalışmada 12 saatlik ıslatma işleminin ardından yapılan kaynatma (90 dakika), otoklavlama (121 °C, 1.021 atm, 35

dakika) ve mikrodalga ile pişirme (15 dakika) işlemlerinin nohuttaki antibesinsel bileşikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Nohut örneklerindeki tripsin inhibitörü aktivitesi, tanen, fitik asit ve saponin miktarının sırasıyla 11.90 TIU/mg, 4.85 mg/g, 1.21 mg/g ve 0.91 mg/g olduğu bildirilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin otoklavlama, kaynatma ve mikrodalga pişirmede sırasıyla; %83.87, %82.27 ve %80.50 oranında azaltıldığı bildirilmiştir. Pişirme işlemleriyle birlikte kondanse tanen (%48.04-50.10), fitik asit (%28.93-41.32) ve saponin (%43.96-51.65) miktarında da önemli düzeyde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

ElMaki ve ark. (2007) ıslatma ve kaynatma işleminin fasulye çeşitlerindeki (Giza-3, Serage ve RO21) antibesinsel bileşikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla tohumlara sırasıyla; 1, 2, 3 gün ıslatma, 50 °C'de 24 saat kurutma, kaynatma ve tekrar 50 °C'de 24 saat kurutma işlemlerini uygulamışlardır. Fasulye çeşitlerinde fitat miktarının 353-458 mg/100 g aralığında olduğu rapor edilmiştir. Baklagillerde fitatların protein yapıları ile ilgili olduğu; fasulye çeşitlerinin protein açısından zengin olduğundan fitat içeriğinin de yüksek olduğu bildirilmiştir. Tohumların 3 gün süreyle 30 °C'de ıslatılması sonucunda fitat içeriğinde %4-16 oranında azalma olduğu rapor edilmiştir. Üç günlük ıslatmanın ardından fitat miktarının Serage çeşidinde 458 mg/100 g'dan 386 mg/100 g'a, Giza-3 çeşidinde 453 mg/100 g'dan 340 mg/100 g'a, RO21 çeşidinde ise 396 mg/100 g'dan 328 mg/100 g'a azaldığı bildirilmiştir. Islatma-pişirme işlemi sonucunda Serage, Giza-3 ve RO21 çeşitlerindeki fitat miktarının sırasıyla %21, %27 ve %27 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Pişirme işlemi sırasında örneklerdeki fitik asidin farklı oranlarda azalmasının, 40-55 °C sıcaklıktaki fitaz aktivitesinin inositol hekzafosfatı, pentaforfat veya daha düşük molekül ağırlığındaki formlarına parçalamasından kaynaklanıyor olabileceği bildirilmiştir. Pişirme sırasında fitat ve diğer bileşenler arasında çözünmez yapıların oluştuğu ve bu sebeple serbest fitat miktarının azaldığı rapor edilmiştir.

Nergiz (2007) tarafından yapılan bir çalışmada pişirme işlemlerinin Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen fasulye çeşitlerinin antibesinsel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 12 saatlik ıslatma işlemi ve kaynatma (40 dakika) ile ıslatma işlemi uygulanmadan basınçlı ortamda pişirme (40 dakika) yöntemleri uygulanmıştır. Islatma ve pişirme işlemlerinin tüm örneklerdeki fitik asit miktarını önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir. İşlem görmemiş Çalı, Horoz ve Dermason çeşit fasulyelerin fitik asit miktarı sırasıyla; 15.49, 14.99 ve 14.68 mg/g olarak bildirilmiştir. Islatma-kaynatma

işleminin ardından fitik asit miktarının %57-58 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Basınçlı pişirme işlemi sonunda Çalı, Horoz ve Dermason çeşitlerinde fitik asit içeriğinin sırasıyla; 7.55, 7.35 ve 7.21 mg/g olduğu bildirilmiştir. Islatmanın fitik asit miktarını azalttığı ve ıslatma süresinin arttırılmasına paralel olarak fitik asit düzeyinin azaldığı ifade edilmiştir. Fitik asit içeriğindeki bu azalmanın fitazların sebep olduğu hidroliz ve fitat ile diğer fasulye bileşenleri arasında çözünemeyen yapıların oluşumuna bağlı olabileceği belirtilmiştir. Çalı, Horoz ve Dermason çeşitlerindeki tanen miktarının sırasıyla 72, 57 ve 64 mg/100 g olduğu rapor edilmiştir. Islatma-kaynatma işleminin ardından Çalı, Horoz ve Dermason çeşitlerinde tanen miktarı 13, 10 ve 11 mg/100 g olarak bildirilmiştir. Çalı çeşidinde ıslatma-kaynatma ve basınçlı ortamda pişirme işlemlerinin ardından tanen miktarındaki azalmanın sırasıyla %81.38 ve %73.54 oranında olduğu rapor edilmiştir. Bu azalmanın, hem tanenlerin ıslatma sırasında suya difüzyonundan hem de pişirme sırasında protein ve diğer organik maddelere bağlanmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır. Islatma-kaynatma işlemi ile tripsin inhibitörü aktivitesinin; Çalı çeşidinde 3550.80 TIU/g'dan 397.11 TIU/g'a, Horoz çeşidinde 3349.65 TIU/g'dan 375.29 TIU/g'a, Dermason çeşidinde ise 3223.75 TIU/g'dan 315.14 TIU/g'a azaldığı rapor edilmiştir. Islatma-kaynatma ve basınçlı pişirmenin kontrol grubuna kıyasla tripsin inhibitörü aktivitesini sırasıyla %88.89-90.23 ve %86.99-89.10 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Bu azalmanın tripsin inhibitörlerin termal inaktivasyonuna ve ıslatma etkisine bağlı olabileceği bildirilmiştir. Araştırmada ayrıca, ıslatma-kaynatma işleminin fasulye çeşitlerindeki antibesinsel bileşiklerin azaltılmasında basınçlı pişirme işlemine göre daha etkili olduğu rapor edilmiştir.

Xu ve Chang (2008) ıslatmanın toplam fenolik madde miktarı ve antoksidan aktivite üzerindeki etkisini incelemek amacıyla siyah fasulye örneklerine farklı sürelerde (4.02, 7.01, 9.86 ve 16 saat) ıslatma işlemi uygulamışlardır. İşlem görmemiş siyah fasulye örneklerindeki toplam fenolik madde miktarının 9.70 mg/g olduğu ve 16 saat ıslatma sonucunda 4.63 mg/g'a azaldığı rapor edilmiştir. Islatma işleminin 4.02, 7.01, 9.86 ve 16 saat uygulanması sonucunda toplam fenolik madde miktarının sırasıyla; %25.8, %35.5, %41.0 ve 52.3 oranında azaldığı bildirilmiştir. Bu azalmanın, tohum kabuğundaki bazı polifenollerin hidrolize olması ve ıslatma suyuna geçmesine bağlı olabileceği ifade edilmiştir. Yapılan çalışmada ıslatma suyunun renginin koyulaştığı ve bu durumun bazı bileşenlerin (fenolik maddeler dâhil) ıslatma suyuna geçtiğinin göstergesi olduğu

bildirilmiştir. Uygulanan prosesin antioksidan aktiviteyi %6-8 oranında azalttığı fakat bu azalmanın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı rapor edilmiştir.

Yasmin ve ark. (2008) farklı işleme tekniklerinin kırmızı fasulyedeki antibesinsel bileşikler ve toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla tanelere ıslatma (oda sıcaklığında 9 saat) ve kaynatma işlemi uygulamışlardır. İşlem görmemiş tanelerde tanen miktarı 6.1 mg/g olarak bildirilmiştir. Tanen miktarının, ıslatma işlemi sonucunda değişmediği, kaynatma prosesi uygulandığında ise %81.8 oranında azaldığı (1.1 mg/g) rapor edilmiştir. Araştırmacılar işlem görmemiş tanelerde toplam fenolik madde miktarını 21.6 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Islatma ve kaynatma ile toplam fenolik madde miktarının sırasıyla %12 ve %61 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Kırmızı fasulye tanelerinde fitik asit miktarının 6.1 mg/g olduğu ve pişirme işlemi sonucunda %3.3 oranında arttığı rapor edilmiştir. Çalışmada, uygulanan işlemlerin genel olarak antibesinsel bileşikleri önemli miktarda azalttığı fakat fitik asidin çimlenme dışındaki proseslere karşı dirençli olduğu ifade edilmiştir.

Khattap ve Arntfield (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ıslatma (18 saat), kaynatma (4 saat ıslatma ve 45 dakika kaynatma), kavurma (180 °C, 20 dakika), mikrodalga pişirme (20 dakika) ve otoklavlama (121 °C, 20 dakika) işlemlerinin kırmızı fasulyedeki antibesinsel bileşikler üzerine etkisi incelenmiştir. İşlem görmemiş örneklerdeki tanen miktarının 67.09 mg/g olduğu bildirilmiştir. Islatma, kaynatma, kavurma, mikrodalga pişirme ve otoklavlama ile tanen miktarının sırasıyla 27.49, 21.14, 61.26, 33.97 ve 19.54 mg/g'a azaldığı rapor edilmiştir. Tanen miktarındaki azalmanın, bu bileşiklerin tohum kabuğunda bulunmasına ek olarak suda çözünür olmalarından da kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Isı uygulaması ile birlikte tanen içeriğinin azalmasının, bileşiklerin ısıya dayanıksız olmaları ve yüksek sıcaklıkta bozulmalarına bağlı olduğu bildirilmiştir. Kırmızı fasulye tanelerindeki fitik asit miktarının 1.188 g/100 g olduğu ve ıslatma işlemi sonucunda 0.607 mg/100 g'a azaldığı rapor edilmiştir. Bunun nedeni kuru baklagillerde bulunan fitik asidin tamamen suda çözünür bir tuz (potasyum fitat) formunda bulunması olarak gösterilmiştir. Kaynatma, kavurma, mikrodalga pişirme, otoklavlama işlemleri sonucunda fitik asit miktarının sırasıyla; 0.503, 0.711, 0.443, 0.383 g/100 g'a azaldığı rapor edilmiştir. Isıl işlemler sırasında baklagil tohumlarındaki fitik asit içeriğinde gözlemlenen azalmanın, fitik asidin ısıya kararsız yapısından ve fitat ile diğer bileşenler arasında çözünmeyen yapıların oluşmasından kaynaklandığı

belirtilmiştir. İşlem görmemiş tanelerde tripsin inhibitörü aktivitesinin 3583.22 TIU/g olduğu rapor edilmiştir. Islatma işlemi ile birlikte tripsin inhibitörü aktivitesinin 3117.42 TIU/g'a azaldığı; ısıt işlemler sonunda ise tamamen elimine edildiği bildirilmiştir.

Kopaç Kork (2009), 12 saat ıslatma işleminin ardından kaynatma (30 dakika), basınçlı ortamda pişirme (basınçlı tencerede 15 dakika) ve mikrodalga pişirme (yüksek pişirme derecesinde 10 dakika) işlemlerinin nohut çeşitlerindeki fitik asit içeriğine etkisini araştırmıştır. Nohut çeşitlerindeki fitik asit miktarının 638-789 mg/100 g aralığında olduğu rapor edilmiştir. Fitik asit kaybının en fazla mikrodalga pişirmede olduğu, en az kaybın ise kaynatma işleminde gözlemlendiği bildirilmiştir. Mikrodalga pişirme sonunda nohut çeşitlerindeki fitik asit kaybının %74.78-81.20 arasında olduğu rapor edilmiştir. Kaynatma ve basınçlı ortamda pişirme ile bu oranların sırasıyla; %43.98-62.23, %67.10-73.51 olduğu tespit edilmiştir.

Martin-Cabrejas ve ark. (2009) ıslatma (16 saat) ve kaynatma işlemlerinin iki çeşit nohut (Castellano ve Sinaloa), mercimek, beyaz ve pembe fasulyedeki antibesinsel bileşikler ve toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. Islatma işlemiyle fitik asit miktarının mercimekte %38 oranında azaldığı, fasulye çeşitlerindeki değişimin ise istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı rapor edilmiştir. Kaynatma sonucunda fitik asit miktarının mercimekte %40, beyaz fasulyede %13 ve pembe fasulyede %10 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Fitik asidin ısıya dayanıklı yapısı sebebiyle ıslatma ve pişirmeden kısmen etkilendiği ifade edilmiştir. Islatma sonucunda tripsin inhibitörü aktivitesinde artış olduğu ve bu artışın özellikle fasulye çeşitlerinde daha belirgin olduğu vurgulanmıştır. Toplam fenolik madde miktarının, ıslatma işlemi ile mercimek ve pembe fasulyede önemli düzeyde azaldığı (sırasıyla %76 ve %12 oranında) bildirilmiştir. Diğer örneklerdeki değişimin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte kaynatmanın bütün örneklerde toplam fenolik madde miktarını %21-50 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Islatma ve pişirmede fenolik madde miktarındaki azalmanın, polifenollerin proteinler gibi diğer bileşiklere bağlanmasına veya ekstrakte edilemeyen ve mevcut analiz yöntemiyle belirlenemeyen değişikliklere bağlı olabileceği belirtilmiştir. Aynı çalışmada, ıslatmayla kondanse tanen miktarının mercimekte %87 ve pembe fasulyede ise %67 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Nohut çeşitlerindeki değişimin ise istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı bildirilmiştir. Ek

olarak işlem görmemiş beyaz fasulyede kondanşe tanen tespit edilmediği ve kondanşe tanen içeriği ile tohum kabuğu rengi arasında yakın bir ilişki olduğu vurgulanmıştır.

Hefnawy (2011), kaynatma (100 °C'de 90 dakika), otoklavlama (1.021 atm, 121 °C, 35 dakika) ve mikrodalga pişirme (50 °C, 15 dakika) işlemlerinin mercimekteki antibesinsel bileşikler üzerine etkisini incelemiştir. Pişirme işlemi öncesinde mercimek tohumları distile suda 25 °C'de 12 saat bekletilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin otoklavlama, kaynatma ve mikrodalga pişirme işlemleriyle birlikte sırasıyla; %80.87, %80.27 ve %81.50 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Pişirme işlemleriyle birlikte mercimek tohumlarında tanen miktarının %46.04-49.10, fitik asit içeriğinin ise %30.93-41.32 oranında azaltıldığı bildirilmiştir.

Mittal ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada farklı işleme yöntemlerinin (kaynatma, basınçlı ortamda pişirme, kavurma) nohutta bulunan antibesinsel bileşiklere etkisini araştırmışlardır. Kaynatma, basınçlı ortamda pişirme ve kavurma işlemleri sonunda fitik asit miktarının sırasıyla %12.34, %13.7 ve %3.46 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Fitik asidin tamamen elimine edilemediği, bunun nedeninin ise ısı işlem sırasında fitik asidin ekstrakte edilebilirliğindeki azalma olduğu belirtilmiştir. Ayrıca fitat yapısı içindeki fosfat radikalleri ile oksijen atomları arasında var olan güçlü elektrostatik kuvvetin moleküle ısı direnci kazandırmasının da etkili olabileceği ifade edilmiştir. Saponin miktarındaki maksimum azalmanın kaynatma işlemi ile birlikte gözlemlendiği ve bu azalmanın saponinlerin kaynatma suyuna geçişinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin ise kaynatma, basınçlı ortamda pişirme ve kavurma işlemleri sonunda sırasıyla; %38.41, %50.21 ve %24.56 oranında azaldığı bildirilmiştir.

Qayyum ve ark. (2012), 12 saatlik ıslatma ve ardından pişirme işleminin baklagillerdeki (nohut, mercimek, bakla, barbunya) antibesinsel bileşikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Kaynatma ile fitik asit miktarının %68-79 oranında azaldığı bildirilmiştir. Isıl işlemin fitat komplekslerini etkili bir şekilde ayrıştırarak fitat içeriğini azalttığı belirtilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin ise sıcaklığın da etkisiyle %51-93 oranında azaldığı rapor edilmiştir.

Luo ve Xie (2013) tarafından yapılan çalışmada ıslatma (12, 24, 36 ve 48 saat), kaynatma (30 dakika), otoklavlama (14.80 atm, 121 °C, 20 dakika) ve mikrodalga pişirme (6 dakika) işlemlerinin beyaz ve yeşil bakladaki antibesinsel bileşikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Islatma işlemi (12 saat) sonucunda fitik asit miktarındaki değişimin

istatistiksel olarak anlamlı olmadığı rapor edilmiştir. Bütün pişirme yöntemlerinin yeşil ve beyaz bakla tanelerinde fitik asit miktarını sırasıyla %7.9-10.9 ve %3.9-6.4 oranında artırdığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte yeşil bakla tohumlarında pişirme öncesi uygulanan ıslatma işleminin fitik asidi önemli ölçüde azalttığı, fakat aynı işlemin beyaz bakla tohumlarında önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Islatma işleminin beyaz bakla tohumlarındaki tripsin inhibitörü aktivitesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, fakat 36 ve 48 saatlik ıslatmanın yeşil bakladaki tripsin inhibitörü aktivitesini sırasıyla %23 ve %29.4 oranında artırdığı bildirilmiştir. Tripsin inhibitörlerinin düşük moleküler ağırlıklı proteinler olduğu, ıslatılan tohumlarda protein konsantrasyonunun işlem görmemiş tohuma oranla daha yüksek olduğu ve bu durumun ıslatılan tohumlarda tripsin inhibitörlerinin daha fazla tutulmasına sebep olabileceği belirtilmiştir. Bütün pişirme işlemlerinin bakla tohumlarındaki tripsin inhibitörü aktivitesini %40'dan fazla azalttığı rapor edilmiştir. Islatma işleminin 12 saat uygulanması sonucunda tanen miktarındaki değişimin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı rapor edilmiştir. Pişirme yöntemlerinin yeşil bakla tohumlarında tanen içeriğini etkilemediği; beyaz bakla tohumlarındaki tanen miktarında ise %14.9-17.8 oranında azalma sağladığı rapor edilmiştir. Islatmanın ardından uygulanan pişirme işlemlerinin tanen miktarını, beyaz baklada %24-28.5; yeşil baklada %56.9-65.7 oranında azalttığı bildirilmiştir. Polifenol yapıdaki bileşiklerin suda çözünür formda olduğu, ıslatma sırasında tanen miktarındaki azalmanın bileşenlerin ıslatma ortamına geçişine bağlı olabileceği belirtilmiştir. Azalmanın, yüksek sıcaklıklarda bileşenlerin kaybindan, moleküler bozulmadan ya da proteinler gibi diğer tohum bileşenleriyle çözünemeyen komplekslerin oluşmasından kaynaklanabileceği vurgulanmıştır.

Yıldırım ve ark. (2013) ultrasonikasyon (US) işleminin nohutun sertlik değerini tüm çalışma sıcaklıklarında (20-97 °C) önemli ölçüde azalttığını rapor etmişlerdir. Nohutun 20 °C sıcaklıkta 120 dakika ıslatılması sonucunda sertlik değerinin 24.05 N olduğu bildirilmiştir. Aynı sıcaklık ve sürede 25 kHz frekans 100 W güç ve 25 kHz frekans 300 W güç US işlem koşullarında sertlik değerinin sırasıyla; 20.49 ve 17.81 N olduğunu tespit etmişlerdir. Örneklerin 50 °C'de 40 dakika ıslatılması sonucunda sertlik değeri 24.6 N olarak bildirilmiştir. US işleminin 100 W ve 300 W güçte uygulanması ile birlikte ise bu değer sırasıyla 18.3 N ve 13.0 N'a azaldığı rapor edilmiştir. Diğer sıcaklık ve sürelerde de sertlik değişiminin benzer şekilde olduğu bildirilmiştir. Islatma süresi, sıcaklık, US

uygulamas1 ve US g1c1n1n (100-300 W) sertlik değeri 1zerinde 1nemli d1zeyde etkili olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda US işleminin nohutun ıslatma s1resini kısalttığı vurgulanmıştır.

Sharif ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada pişirme 1ncesi uygulanan ıslatma ve mikrodalga ile kavurma işlemlerinin mercimekteki antibesinsel bileşiklere etkisi incelenmiştir. Pişirme 1ncesi mercimek 1rneklerine 1.5, 3 ve 4.5 saat ıslatma; 10, 20 ve 30 saniye mikrodalga ile kavurma işlemleri ayrı ayrı uygulanmış ve 1rnekler kaynatma prosesi ile pişirilmiştir. Kontrol 1rneğine kıyasla ıslatma ve mikrodalga işlemleri uygulanan mercimek 1rneklerindeki tanen miktarında sırasıyla %48.47 ve %30.67 oranında azalma olduğu rapor edilmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında ıslatma ve mikrodalga işlemleri uygulanan mercimek 1rneklerinde fitik asit içeriğinin sırasıyla %51.93 ve %45.39 oranında azaldığı bildirilmiştir. Her iki 1n pişirme işleminin fitat komplekslerinin ayrışmasında etkili olduğu belirtilmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ıslatma ve mikrodalga kavurma işlemleri uygulanan mercimek 1rneklerinin tripsin inhibit1r1 aktivitesinin sırasıyla; %99.27 ve %97.82 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Tripsin inhibit1r1 aktivitesindeki bu azalmanın fitik asit ve tanenler gibi diğer antibesinsel bileşiklere g1re daha fazla olmasının sebebi, ısıya karşı daha duyarlı olmaları olarak g1sterilmiştir. Bununla birlikte mikrodalga kavurmanın aksine pişirme 1ncesi ıslatma işleminin pişme s1resini kısalttığı rapor edilmiştir.

Yang ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ultrasonikasyon (US) uygulamasının soya fasulyesi filizlerindeki tripsin inhibit1r1 aktivitesi 1zerine etkisi incelenmiştir. Soya fasulyesi tohumlarına 25 1C’de 30 dakika 100, 200 ve 300 W US işlemi uygulanmış, ardından 5 g1n imlendirilmiştir. Ultrason işleminin tripsin inhibit1r1 aktivitesini kontrol grubuna (0 W) kıyasla %98.78 oranında azalttığı bildirilmiştir. Ultrasonikasyon uygulamasının dis1lfid bağlarında azalmaya sebep olarak ve yapısal konformasyonları değiştirerek tripsin inhibit1r1n1 inaktif edebileceği rapor edilmiştir.

Yıldırım ve 1ner (2015) nohut 1rneklerine uygulanan US işleminin (100-300 W) su absorbsiyonu ve renk değerlerine etkisini araştırmışlardır. US uygulamasının (25 kHz-100 W) su absorbsiyonunu 1nemli d1zeyde artırdığı bildirilmiştir. S1re (0-260 dk), sıcaklık (82, 87 ve 92 1C) ve US g1c1 arttıkça nohutun ıslatma sırasındaki nem içeriğinin de su absorbsiyonuna bağlı olarak arttığı bildirilmiştir. Sıcaklık artışının ilk aşamalarda su absorbsiyonunu artırdığı ve b1ylece denge fazına daha hızlı ulaşılmasını sağladığı

rapor edilmiştir. US işlemi mekanik etkilerinin suyun hücrelere daha iyi nüfuz etmesini sağladığı ve kütle transferini artırdığı belirtilmiştir. Sudaki çözünür katı madde içeriği ve değişim hızının, sonikasyonun nohut tohumları üzerindeki kavitasyon etkisinden dolayı US işlemi ile önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Kavitasyon kabarcıklarının çökmesi sebebiyle açığa çıkan enerjinin, solventin taneye daha fazla nüfuz etmesini teşvik ettiği ve kütle transferinin arttığı vurgulanmıştır. Sıcaklık ve süre artışının başta nişasta olmak üzere suya geçen bileşenlerden dolayı ıslatma suyu L^* değerinin arttığı rapor edilmiştir. Islatma işleminin başında suyun renginin yeşil ($-a^*$) olduğu tespit edilmiş olup, bunun sebebi klorofil pigmentlerinin suya geçişi olarak yorumlanmıştır. İşlemin sonunda karotenoidlerin yıkımının artışı sebebiyle rengin kırmızıya ($+a^*$) döndüğü bildirilmiştir. Hem sıcaklık hem de sürenin artışı ile ıslatma suyu b^* değerinin de önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Sarılık değerindeki bu artışın nedeni ıslatma suyunda yeşil rengin kaybolmasına ek olarak sıcaklığın da etkisiyle renk pigmentlerinin ve vitaminlerin suya geçmesi olarak açıklanmıştır.

Adeleke ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada ıslatma ve kaynatma işlemlerinin bambara fasulyesindeki antibesinsel bileşikler üzerine etkisi incelenmiştir. Islatma işlemi (48 saat) sonunda bambara fasulyelerindeki saponin miktarında sırasıyla %11-64 oranında azalma olduğu bildirilmiştir. On iki saatlik ıslatma sonucunda tanen miktarında %99 oranında azalma gözlemlendiği rapor edilmiştir. Tanen miktarındaki bu azalmanın tohum kabuğunun ayrılmasıyla birlikte tanenin (suda çözünen fenolik bileşikler) hücrelerden suya geçmesine bağlı olabileceği şeklinde açıklanmıştır. Islatma işleminin 12 saat uygulanması ile birlikte fasulye çeşitlerinde bulunan fitat miktarının %23-47, tripsin inhibitörü aktivitesinin ise %19-34 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Islatma süresinin artışıyla birlikte fitat miktarının da önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir. Islatma işleminden (48 saat) sonra fasulyelerdeki fitat içeriğinin %55-68 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Kaynatma işlemi (30 dakika) sonucunda saponin miktarında %5-28; fitat içeriğinde %6-21; tanen miktarında %18-45; tripsin inhibitörü aktivitesinde ise %37-59 oranında azalma olduğu bildirilmiştir. Kaynatma sırasında fitat ile diğer bileşikler arasında çözünemeyen kompleksler oluştuğu için serbest fitat miktarı ve fitik asit içeriğinin azaldığı bildirilmiştir.

Sharma ve ark. (2018) ısıtma işleminin desi ve kabulü nohut çeşitlerinde bulunan antibesinsel bileşikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla nohut örneklerine

otoklavlama (1.021 atm, 121 °C, 15-30 dakika), mikrodalga ile pişirme (800 W, 15-30 dakika), kaynatma (90 dakika) ve kavurma (160 °C, 20 dakika) işlemleri uygulanmıştır. İşlem görmemiş nohut örneklerinde fitik asit miktarının 5.98-11 mg/g aralığında değişiklik gösterdiği ve işlem görmemiş tohumlarla karşılaştırıldığında ısıtıl işlem uygulanan nohutlarda fitik asit içeriğinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir. Otoklavlama işleminin (30 dakika) desi ve kabuli çeşitlerinde sırasıyla; %38-68 ve %48-74 oranında fitik asidi azalttığı rapor edilmiştir. Benzer şekilde mikrodalga pişirme (30 dakika), kaynatma ve kavurma işlemlerinin bütün nohut çeşitlerindeki fitik asit miktarını sırasıyla %27-64, %25-63 ve %16-27 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Pişirme sırasında fitik asit içeriğindeki bu belirgin azalmaların; fitik asidin kısmen pişme ortamına geçmesine, fitat ile proteinler ve mineraller gibi diğer bileşenler arasında çözünemeyen komplekslerin oluşmasına veya ısıyla moleküler bozunmaya bağlı olabileceği bildirilmiştir. Fitik asidin nispeten ısıya dayanıksız olduğu, bu sebeple ısıtıl işleminden özellikle de otoklavlamadan sonra kolay bir şekilde azaltılabileceği rapor edilmiştir. Bütün işlemlerin sonucunda tanen içeriğinin önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir. Tanen miktarındaki en yüksek azalmanın sırasıyla 30 dakika otoklavlama (%42.8-77), mikrodalga pişirme (%15-75), kaynatma (%31-62.5) ve kavurma (%22.7-62.5) işlemlerinde gözlemlendiği rapor edilmiştir. Kaynatma, mikrodalga ile pişirme ve otoklavlama işlemleri ile tanen miktarının azalmasının, tanenlerin suda çözünür olmaları ve sıvı ortama geçmelerinden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin ise 15 dakika otoklavlama işleminin ardından desi çeşitlerinde %61-94 oranında azaldığı, kabuli çeşidinde ise %100 elimine edildiği rapor edilmiştir. Mikrodalga pişirme (30 dakika) ve kaynatma işleminin ardından tripsin inhibitörü aktivitesinin tamamen elimine edildiği rapor edilmiştir. Pişirmenin genellikle ısıya duyarlı proteinlerin denaturasyonunun bir sonucu olarak tripsin inhibitörleri gibi ısıya duyarlı bileşenleri etkisiz hale getirdiği rapor edilmiştir. İnaktivasyon oranının gıdanın artan nem içeriği ile birlikte büyük ölçüde arttığı bildirilmiştir.

Kuru (2019) tarafından yapılan bir çalışmada farklı ıslatma yöntemlerinin (konvansiyonel ve ultrasonik) baklagillerdeki antibesinsel bileşikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla ıslatma işlemi konvansiyonel ve ultrasonikasyon (53 kHz ve %100 güç) yöntemleri kullanılarak 30 °C'de 4, 8 ve 12 saat süreyle yapılmıştır. İşlem görmemiş fasulyenin tripsin inhibitörü aktivitesi 22.44 mg/g olarak rapor edilmiştir.

Konvansiyonel ıslatma yönteminin 4, 8 ve 12 saat uygulanması ile tripsin inhibitörü aktivitesinin işlem görmemiş örneğe kıyasla sırasıyla %39, %40 ve %75 oranında azaldığı bildirilmiştir. Aynı sürelerde US işleminin uygulanması sonucunda ise tripsin inhibitörü aktivitesinin %58-71 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Islatmanın 4 ve 8 saat uygulandığı koşul dikkate alındığında, tripsin inhibitörü aktivitesinin azaltılmasında US işleminin konvansiyonel yöntemle kıyasla daha etkili olduğu ifade edilmiştir. Fasulyenin fitik asit miktarı 13.85 mg/g olarak tespit edilmiştir. Fitik asit miktarının, konvansiyonel ıslatma ile %2-28; US işlemi sonucunda ise %17-26 oranında azaldığı rapor edilmiştir. İşlem süresinin artmasıyla birlikte fitik asit miktarında azalma olduğu bildirilmiştir. Fasulyelerin 4, 8 ve 12 saat ıslatılması sonucunda sertlik değerlerinin sırasıyla; 193.39, 200.90 ve 196.85 N olduğu tespit edilmiştir. Aynı sürelerde US destekli ıslatma işleminde ise bu değerler sırasıyla; 193.91, 214.42, 188.34 N olarak rapor edilmiştir. Islatma yönteminin sertlik değeri üzerindeki etkisinin önemli olmadığı bildirilmiştir. İşlem görmemiş fasulye örneğine ait L^* , a^* ve b^* renk değerleri sırasıyla; 84.53, 1.70 ve 8.54 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu tane ile karşılaştırıldığında genel olarak uygulanan ıslatma işlemleriyle fasulyenin L^* renk değerlerinin azaldığı, a^* , b^* ve kroma renk değerlerinin ise arttığı bildirilmiştir.

Öztürk (2019) geleneksel ıslatma ve US işleminin (%50 ve %100 genlikte) börülce ve ıslatma suyunun renk değerleri üzerine etkisini araştırmıştır. Börülce tanesinde 80 °C sabit sıcaklıkta ıslatma süresi arttıkça (30-270 dk aralığında) L^* değerinin azaldığı bildirilmiştir. Islatma süresinin artışının börülce tanesinin parlaklığının (L^*) azalmasına neden olduğu belirtilmiştir. Sabit sürede sıcaklığın artışıyla birlikte hem geleneksel ıslatmada hem de US işlemi sonucunda börülcenin L^* değerinin azaldığı rapor edilmiştir. Sabit sürede sıcaklık artışının a^* renk değerinin azalmasına sebep olduğu bildirilmiştir. Sıcaklığın artışıyla birlikte suya geçen renk pigment miktarının arttığı rapor edilmiştir. US işleminin %100 genlikte uygulanması sonucunda a^* değerinin en az olduğu bildirilmiştir. Süre artışının bütün uygulamalarda b^* değerini azalttığı rapor edilmiştir. Sabit sıcaklıkta (80 °C) süre arttıkça ıslatma suyu L^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir. US uygulamasının ıslatma suyu L^* değerini daha çok etkilediği ve özellikle %100 genlikte bu renk azalmasının daha belirgin olduğu ifade edilmiştir. Sabit sıcaklıkta süre arttıkça ıslatma suyu a^* değerinin genel olarak arttığı bildirilmiştir. Aynı şekilde sıcaklık artışının da a^* değerini artırdığı belirtilmiştir. Sabit sıcaklıkta (30 °C) süre arttıkça (30-

270 dk) b^* değerinin arttığı rapor edilmiştir. Genel olarak b r lce tanesi ve ıslatma suyunda sıcaklık, süre ve US uygulamasıyla birlikte L^* değerinin azaldığı bildirilmiştir. Bu durumun, hem ıslatma suyu hem de tanede rengin başlangıca göre koyulaştığının göstergesi olduğu bildirilmiştir. Islatma ile tane kısmında a^* ve b^* renk değerlerinin azaldığı, ıslatma suyu kısmında ise artış gösterdiği rapor edilmiştir.

Yıldız (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ıslatma ve mikrodalga kurutma işlemlerinin mercimeğin antibesinsel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Islatma işleminin geleneksel ve ultrasonikasyon (53 kHz, %80 ve %100 güçte) yöntemleriyle, distile su içerisinde 2 ve 4 saat süreyle gerçekleştirildiği; kurutma işleminin ise sıcak hava (50  C ve 100  C fanlı etüv) ve mikrodalga (600 ve 900W) kullanılarak yapıldığı belirtilmiştir. İşlem görmemiş kırmızı ve yeşil mercimek örneklerinde tripsin inhibitörü aktivitesinin sırasıyla 2.82 mg/g ve 2.94 mg/g olduğu bildirilmiştir. Et vle kurutma işleminin mercimek unlarının tripsin inhibitörü aktivitesi üzerine etkisinin önemli olmadığı rapor edilmiştir. Mikrodalga kurutma işleminin kırmızı mercimek unundaki tripsin inhibitörü aktivitesi üzerinde etkili olduğu fakat yeşil mercimek unlarında etkili olmadığı bildirilmiştir. Ultrasonik su banyosu (%100 güçte) kullanılarak 4 saat ıslatılıp 600 W mikrodalgada kurutulan kırmızı mercimek ununun en düşük tripsin inhibitörü aktivitesine (0.56 mg/g) sahip olduğu rapor edilmiştir. Yeşil mercimek unlarında ise tripsin inhibitörü aktivitesini en fazla azaltan uygulamanın, ultrasonik su banyosu (%100 güçte) kullanılarak 2 saat ıslatma ve mikrodalga kurutma (600 W) olduğu belirtilmiştir. İşlem görmemiş kırmızı ve yeşil mercimek örneklerinde fitik asit miktarı sırasıyla 1086 mg/100 g ve 1199 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek örneklerinin %100 g  teki ultrasonik su banyosunda 4 saat ıslatılıp 900 W mikrodalgada kurutulmasıyla fitik asit miktarının 655 mg/100 g'a azaldığı bildirilmiştir. Yeşil mercimek örneklerinde ise %80 g  teki ultrasonik su banyosu kullanılarak ıslatma ve 900 W mikrodalgada kurutma işlemi uygulanan örneklerin en düşük fitik asit içeriğine (674 mg/100 g) sahip olduğu rapor edilmiştir. Ultrasonikasyon yöntemiyle ıslatma ve mikrodalga kurutma  n işlemlerinin mercimek unlarının tripsin inhibitörü aktivitesi ve fitik asit miktarının azaltılmasında etkili olduğu bildirilmiştir.

Harasym ve ark. (2020) karabuğday tanelerine 15 dakika US işlemi (45 kHz, 100W, 1:5 w/v) uygulanması sonucunda su bağlama kapasitesinin %2 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Su bağlama kapasitesinin azalmasının, US tarafından iletilen enerjinin

etkisinden düzensizleşen nişasta granül yapısı ile ilgili olduğu belirtilmiştir Uygulanan işlem sonrasında örneklerdeki toplam fenolik madde miktarının %3 oranında azaldığı fakat bu değişimin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı rapor edilmiştir. US işleminin antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin suya geçişini teşvik etmesine bağlı olarak antioksidan aktivitenin %47 oranında azaldığı bildirilmiştir. US uygulamasının ardından karabuğday ununun a^* ve b^* renk değerlerinde artış, L^* değerinde ise azalma gözlemlendiği rapor edilmiştir. Undaki a^* ve b^* renk değerlerinin artışının, başta karotenoid ve ksantofil pigmentleri olmak üzere çözünür pigmentlerin tanenin endospermine taşınmasından kaynaklandığı şeklinde açıklamışlardır.

Vanga ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada mikrodalga (2450 MHz; 70 °C, 85 °C ve 100 °C; 2, 6, 10 dakika) ve ultrasonikasyon (25 kHz; 400 W; 1, 4, 8, 12, 16 dakika) uygulamalarının soya sütündeki tripsin inhibitörü aktivitesine etkisi incelenmiştir. Kontrol grubunda tripsin inhibitörü içeriğinin 43.44 mg/g olduğu ve 1 dakikalık ultrasonikasyon uygulaması sonunda bu değerin 35.87 mg/g'a (%17) azaldığı bildirilmiştir. İşlem süresinin artmasına paralel olarak tripsin inhibitörü miktarının azaldığı ve 16 dakikalık ultrasonikasyon uygulaması sonunda tripsin inhibitörü içeriğinin %52 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Ultrasonikasyon işleminin disülfid bağlarının parçalanmasına sebep olarak ikincil yapılarda değişikliklere yol açtığı ve bunun da tripsin inhibitörü aktivitesini azalttığı belirtilmiştir. 70 °C sıcaklıkta 2 dakikalık mikrodalga uygulamasının ardından tripsin inhibitörü aktivitesinin %41; işlem süresinin 10 dakikaya yükseltilmesi ile %58 oranında azaldığı rapor edilmiştir. 100 °C'de 10 dakikalık mikrodalga uygulamasıyla birlikte tripsin inhibitörü aktivitesinin %84 oranında azaldığı bildirilmiştir. Mikrodalga uygulamalarında yüksek sıcaklık ve uzun işlem süresinin tripsin inhibitörü aktivitesini azalttığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte ısı oluşumu olmamasına rağmen ultrasonikasyon işleminin tripsin inhibitörü aktivitesini azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir.

Mohammadi ve ark. (2021) pirinç kepeğine uygulanan ıslatma ve ultrasonikasyon (US) işlemlerinin fitik asit miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla öncelikle nişastanın uzaklaştırılması için pirinç kepeği örneklerine distile suda yıkama işlemi; ardından konvansiyonel ıslatma (1 saat) ve US (28 kHz, 150 W, 1 saat) işlemleri uygulanmıştır. İlk yıkama sonucunda fitik asit miktarının %17 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Islatma işlemiyle fitik asit miktarının ilk yıkamaya kıyasla %26 oranında

azaldığı bildirilmiştir. Fitik asitin esas olarak sodyum veya potasyum fitat gibi suda çözünür tuzlar formunda bulunduğu ve suda çözünür fitatların difüzyon ile ıslatma sırasında azaltılabileceği ifade edilmiştir. Buna ek olarak yüksek molekül ağırlıklı inositol fosfatların, myo-inositol ve inorganik fosfatlara hidrolizinden sorumlu fitaz enziminin aktivasyonu ile de fitik asit içeriğinin azalabileceği belirtilmiştir. US işlemi sonucunda fitik asit miktarının ilk yıkama ve konvansiyonel ıslatmaya kıyasla sırasıyla %32 ve %7 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Kaviteasyonun dış katmanın parçalanmasına sebep olduğu; yüzey alanını ve fitik asidin suyla ekstraksiyon hızını artırdığı vurgulanmıştır.

Yadav ve ark. (2021) parmak darı (finger millet; *Eleusine coracana*) örneğine farklı genlik (%30-70) ve sürelerde (10-30 dakika) ultrasonikasyon (US) işlemi uygulanmasının antibesinsel bileşikler ve bazı fonksiyonel özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. US işleminin %70 genlikte 20 dakika uygulanması sonucunda toplam fenolik madde miktarının %15 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. US genlik ve işlem süresinin artışıyla birlikte toplam fenolik madde miktarındaki azalmanın daha belirgin olduğu ve bu azalmanın fenolik bileşiklerin suya geçişinden kaynaklanabileceği rapor edilmiştir. Aynı genlik ve sürede tanen miktarının %59 oranında azaldığı bildirilmiştir. US işleminin %50 genlikte 10 dakika uygulanması sonucunda ise tanen miktarının %19 oranında azaldığı rapor edilmiştir. US genlik ve süresi arttıkça tanen miktarının azaldığı ve ultrasonikasyon işleminin kondanse tanenin suya geçişine sebep olduğu bildirilmiştir. Fitik asit miktarının ise farklı genlik ve sürelerde %26-72 oranında azaldığı ve bu azalmanın genlik ve süre artışıyla birlikte daha belirgin olduğu rapor edilmiştir. Yüksek genlikte sıcaklık artışının fitatın parçalanmasına sebep olabileceği vurgulanmıştır. US işleminin %70 genlikte 20 dakika uygulanması sonucunda su bağlama kapasitesinin %44 oranında arttığı rapor edilmiştir. US genlik ve uygulama süresinin artışıyla su bağlama kapasitesinin önemli düzeyde arttığı bildirilmiştir. Bu artışın kaviteasyona ve nişasta granüllerinin parçalanarak suyun gözenekler içerisinde bağlanmasını kolaylaştıran kesme kuvvetine bağlı olabileceği belirtilmiştir.

Zhang ve ark. (2021) ultrasonikasyon (US) (37 °C; %60 güç; 214 dakika) ve geleneksel ıslatma (390 dakika) işlemleri uygulanan soya fasulyesinin, kuru örneklerle kıyasla hacim artışının sırasıyla 2 ve 1.6 kat olduğunu rapor etmişlerdir. US işlemi uygulanan örneklerde geleneksel ıslatma işlemine kıyasla su absorpsiyonu ve hacim artışının daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Bunun sebebinin dalgaların yayılması

sırasında oluşan sıkıştırma ve gevşeme d6ng6leri ile basınç değişimi olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda US destekli ışlatma işleminin tanenin h6cre duvarıyla olan etkileşiminden dolayı h6cre duvarının geçirgenliğini artırabileceği ve buna bağlı olarak su absorbsiyonu ve hacmin de artabileceği rapor edilmiştir. Geleneksel ışlatma ile kıyaslandığında US işleminin ışlatma s6resini %45.13 oranında azalttığı rapor edilmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırmada farklı tane renkli (kırmızı, siyah ve beyaz) fasulyeler (*Phaseolus vulgaris* L.) Yayla Bakliyat (Mersin) firmasından temin edilmiştir (*ürün yılı: 2020*). İşlem görmemiş fasulyelerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla rastgele seçilen 15 adet fasulye tanesinde; uzunluk, genişlik ve kalınlık parametreleri dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Her bir fasulyeden yine rastgele seçilen 100 adet fasulye tanesi tartılmış ve numunelerin bin tane ağırlığı hesaplanmıştır. Tartımı alınan bu 100 adet fasulye tanesi 100 mL saf su bulunan mezüre ilave edilerek hacim değerleri ölçülmüştür. Elde edilen bu değerlerden yararlanılarak hammaddelerin yoğunlukları g/mL cinsinden hesaplanmıştır. İşlem görmemiş fasulyelerin hacim ve bin tane ağırlığı analizleri 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ultrasonikasyon İşlemi

US işlemini uygulamak amacıyla fasulye numuneleri üzerine 1:5 (w/v) oranında olacak şekilde saf su ilave edilmiştir. Örnekler sabit genlik ve frekansta (sırasıyla; %80 ve 20 KHz), 15 ve 30 dakika sürelerinde sıcaklık kontrollü ve sıcaklık kontrolü olmadan US (Bandelin, Sonopuls, GM 3200, Berlin, Almanya) işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sırasında 13 mm çapında prob (Bandelin, Sonopuls, VS 70T, Berlin, Almanya) kullanılmış ve prob süspansiyon yüksekliğinin 2/3'üne kadar daldırılmıştır. US işleminden sonra örnekler 50 °C sıcaklıktaki fanlı etüvde (Mipro, MLF 750, Ankara, Türkiye) kurutulmuştur. Ardından taneler oda sıcaklığına getirilerek kahve değirmeninde (Fakir Hausgeräte, Aromatic, İstanbul, Türkiye) öğütülmüş ve 500 µm'lik elekten geçirilerek hava ve ışık geçirmez ağzı kilitli poşetlerde +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Tüm fasulye örneklerine uygulanan US işlemi iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Islatma İşlemi

US işleminden elde edilecek bulguları geleneksel yöntemlerle kıyaslamak amacıyla fasulye örneklerine ıslatma işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla US işleminde olduğu gibi fasulye örnekleri üzerine 1:5 (w/v) oranında saf su ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 12 saat boyunca bekletilmiştir. Islatma işleminden sonra örnekler 50 °C sıcaklıktaki fanlı etüvde kurutulmuştur. Oda sıcaklığına getirilen taneler kahve değirmeninde öğütülerek 500 µm'lik elekten geçirilmiş ardından hava ve ışık geçirmez ağzı kilitli poşetlerde +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Tüm fasulye örneklerine uygulanan ıslatma işlemi iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Kimyasal Analizler

İşlem görmemiş, ıslatma ve farklı koşullarda ultrasonikasyon işlemleri uygulanan fasulye örneklerinin nem, protein, ham yağ ve kül miktarı analizleri sırasıyla; AACCI Metot No: 44-15A, Metot No: 46.12, Metot No: 30.25 ve Metot No: 08.01 (AACCI, 1990, AACCI, 2000)'e göre belirlenmiştir. Protein, ham yağ ve kül miktarları kuru madde üzerinden verilmiştir.

3.2.4. Fiziksel Analizler

3.2.4.1 Su Absorbsiyonu

Su absorpsiyonu analizinde Yalcin ve Basman (2008) tarafından rapor edilen yöntem kullanılmış olup sonuçlar Eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$Su\ absorpsiyonu\ (\%) = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (3.1)$$

M_1 : Kuru ağırlık (g)

M_2 : Yağ ağırlık (g)

3.2.4.2 Hacim Artışı

Hacim artışı analizinde Yalcin ve Basman (2008) tarafından bildirilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla içerisinde 250 mL saf su bulunan mezüre fasulye örnekleri eklenmiş ve hacim artışı kaydedilmiştir. Aynı işlem ıslatma ve US işlemi uygulanan örnekler için de uygulanmıştır. Hacim artışı değerleri Eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Hacim artışı (\%)} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 \quad (3.2)$$

V_1 : İşlem görmemiş örneklerde hacim artışı (mL)

V_2 : Islatma ve US işlemi uygulanan örneklerde hacim artışı (mL)

3.2.4.3 Suyu Geçen Madde Miktarı

Suyu geçen madde miktarı tayininde Yalcin ve Basman (2008) tarafından rapor edilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Islatma ve US işlemlerinin ardından ıslatma suyundan 5 mL alınarak etüvde 100 °C'de bir gece kurutularak suyu geçen madde miktarı Eşitlik 3.3'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Suyu geçen madde miktarı (\%)} = \frac{M_1 \times 80}{M_2} \times 100 \quad (3.3)$$

M_1 : Kalıntı miktarı (g)

M_2 : Kuru ağırlık (g)

80: toplam hacim (400 mL) / örnek hacmi (5mL)

3.2.4.4 Renk Analizi

Fasulye örneklerinin renk değerleri renk ölçüm cihazı (Minolta CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japonya) ile tespit edilmiştir. Renk değerleri L^* parlaklığı ifade ederken; (+) a^* kırmızı, (-) a^* yeşil; (+) b^* sarı ve (-) b^* mavi olarak değerlendirilmiştir. Kroma

ve ΔE değerleri Eşitlik 3.4 ve Eşitlik 3.5 kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar 8 ölçümün ortalaması olarak verilmiştir.

$$Kroma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3.5)$$

3.2.4.5 Tekstür (Sertlik) Analizi

Tekstür analizi Singh ve ark. (2010) tarafından bildirilen yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı işlemler uygulanan örneklerden rastgele 10 adet seçilerek tekstür analiz cihazı (TA50/650E TA.XT plusC, Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) ile sertlik değeri N türünden tespit edilmiştir. Analizde P/75 disk prob ve 30 kg ağırlığında yük hücresi kullanılmış olup, test hızı 1 mm/sn ve sıkıştırma oranı %75 olarak ayarlanmıştır. Sertlik değerleri maksimum pik yüksekliği olarak ifade edilmiştir.

3.2.5. Antibesinsel Bileşiklerin Belirlenmesi

3.2.5.1 Tripsin İnhibitörü Aktivitesi Tayini

Fasulye örneklerinin tripsin inhibitör aktivitesi, ACCI Metot 22-40.01 (AACCI, 2009) ve Liu (2019) yöntemleri temel alınarak yapılmıştır. Özetle, 0.5 g örnek 25 mL 0.01 N NaOH çözeltisi içerisinde 3 saat ekstrakte edilmiş ve ekstraksiyonun ardından 15000×g'de 20 dakika +4°C'de santrifüj (Microfuge 16, Beckman Coulter, Kaliforniya, ABD) işlemine tabi tutulmuştur. Belli oranlarda seyreltilen ekstraktlardan 1 mL alınarak tüplere aktarılmış ve üzerine 37°C su banyosunda önceden ısıtılmış 2.5 mL substrat (BAPNA; N α -Benzoyl- DL -arginine p-nitroanilide hydrochloride) çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından tüplere HCl tamponunda hazırlanan tripsin çözeltisinden 1 mL ilave edilerek su banyosunda 10 dakika bekletilmiştir. Reaksiyonu sonlandırmak amacıyla tüplere 0.5 mL asetik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Örnekler santrifüj (15000×g, 5 dakika) işlemine tabi tutulmuş ve süpernatant alınarak spektrofotometrede (UV 1700, Shimatzu, Kyoto, Japonya) 410 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar mg örnek başına tripsin inhibitör aktivitesi (TIU) olarak ifade edilmiştir.

3.2.5.2 Saponin Miktarı Tayini

Saponin analizi Makkar ve Becker (1996) ile Danahaliloğlu (2014) yöntemleri modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Fasulye örneklerinden 0.5 g alınarak 10 mL metanol ile 16 saat ekstrakte edilmiştir. Tüpler 3510×g'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatant alınmıştır. Çökelti 3 kez 5 mL metanol ile yıkanmıştır. Süpernatantlar 25 mL'lik balon jojede toplanmış ve hacim metanol ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltiden 200 µL alınarak üzerine 200 µL vanilin çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından tüplere %72'lik (v/v) sülfürik asit çözeltisinden 2 mL ilave edilerek 60 °C'de 10 dakika reaksiyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda 1 mL saf su ilave edilip 544 nm'de absorbands ölçülmüştür. Sonuçlar g örnek başına mg cinsinden saponin olarak hesaplanmıştır.

3.2.5.3 Kondanse Tanen Miktarı Tayini

Örneklerde kondanse tanen analizi için Dyknes (2019) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Özetle, 0.3 gram örnek 8 mL %1'lik (v/v) HCl-metanol çözeltisi ile 20 saat ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda örnekler vortekslenerek 4000×g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanttan 1 mL alınarak tüplere aktarılmış (3 paralel) ve derhal 30°C'deki su banyosuna alınmıştır. Örnek tüplerine 5 mL vanilin (5 mg/mL) reaktifi, şahit (blank) tüplerine ise, 5 mL %4 HCl-metanol çözeltisi (v/v) ilave edilerek 20 dakika bekletilmiştir. Süre sonucunda 500 nm'de absorbands değerleri ölçülmüştür. Sonuçların hesaplanmasında Eşitlik 3.6'da verilen formül kullanılmıştır. Standart grafik, %100 metanolde hazırlanan kateşin çözeltisi kullanılarak oluşturulmuştur.

$$Tanen\ miktarı\left(mg\ kateşin\frac{eq}{g}\right)=\frac{V*\frac{A}{m}}{W}\quad (3.6)$$

V: ekstrakt hacmi (mL)

A: örnek absorbands - şahit absorbands

m: kalibrasyon eğrisinin eğimi

W: kuru madde üzerinden örnek miktarı (g)

3.2.5.4 Fitik Asit İçeriği

Örneklerin fitik asit içeriği fitik asit kiti (Phytic Acid K-PHYT Assay Kit, Megazyme Ltd., Leinster, İrlanda) kullanılarak AOAC Metot 986.11 yöntemine göre analiz edilmiştir (AOAC, 2000). Kit ile örneklerin fosfor miktarı modifiye kolorimetrik yöntemle belirlenmiş olup sonuçlar g örnek başına mg cinsinden fitik asit olarak hesaplanmıştır. Her örnek için 2 ölçüm alınmıştır.

3.2.6. Fonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.6.1 Su Bağlama Kapasitesi ve Suda Çözünürlük Analizleri

Fasulye örneklerinin su bağlama kapasitesi ve suda çözünürlük değerlerinin belirlenmesinde Singh ve Singh (2003) tarafından bildirilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla tüplere 0.5 g örnek tartılarak üzerine 5 mL saf su ilave edilmiştir. Tüpler 1 saat boyunca 5 dakika aralıklarla 15 saniye vorteks ile karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi sonunda örneklerle $2100\times g$ 'de 10 dakika santrifüj işlemi uygulanmıştır. Santrifüj işleminin ardından süpernatant, önceden sabit tartıma getirilmiş kurutma kaplarına aktarılmıştır. Çökelti de tartılarak etüvde 100°C 'de 1 gece kurutulmuştur. Su bağlama kapasitesi ve suda çözünürlük değerleri aşağıda verilen Eşitlik 3.7 ve Eşitlik 3.8'den yararlanılarak yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Su bağlama kapasitesi (\%)} = \frac{M_2 - M_3}{M_1} \times 100 \quad (3.7)$$

$$\text{Suda çözünürlük (\%)} = \frac{M_4}{M_1} \times 100 \quad (3.8)$$

M_1 : örnek miktarı (g)

M_2 : tüpteki yaş çökelti (g)

M_3 : tüpteki kuru çökelti (g)

M_4 : kuru ağırlık (g)

3.2.7. Besinsel Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.7.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Örneklerin toplam fenolik madde miktarı analizi Masatcioglu ve ark. (2013) tarafından belirlenen yöntemle göre yapılmıştır. Bu amaçla 0.2 g örnek 2 mL dimetilsülfoksit (DMSO) çözeltisi ile bir saat oda sıcaklığında ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda örnekler $12000\times g$ 'de 15 dakika santrifüj edilerek süpernatantlar alınmıştır. Tüplerden 250 μ L süpernatant alınarak üzerine 3.25 mL saf su ve 250 μ L Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edilmiş ve 3 dakika reaksiyona bırakılmıştır. Süre sonunda 500 μ L Na_2CO_3 ve 750 μ L saf su ilave edilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri 1 saatlik reaksiyon sonunda UV spektrofotometrede 725 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Standart grafiğin hazırlanmasında gallik asit kullanılmıştır. Ölçülen absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyon değerleri hesaplanmış ve sonuçlar mg gallik asit/g örnek olarak ifade edilmiştir.

3.2.7.2 Antioksidan Aktivite Analizi

Fasulye örneklerinin antioksidan aktivite analizi Xu ve ark. (2007) tarafından belirlenen yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 0.5 g örnek 5 mL %80 aseton-su çözeltisi (v/v) ile 3 saat ekstrakte edilmiş, süre sonunda tüpler 12 saat boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Sürenin sonunda tüpler $3000\times g$ 'de 10 dakika santrifüj edilerek süpernatantlar alınmıştır. Çökelti üzerine 5 mL %80 aseton-su çözeltisi (v/v) ilave edilerek ekstraksiyon aşaması tekrarlanmıştır. Ekstraksiyon sonunda 12 saat karanlıkta bekletilen tüpler santrifüj edilerek süpernatantlar toplanmıştır. Süpernatant (200 μ L) üzerine son konsantrasyonu 100 μ M olacak şekilde mutlak etil alkol ile hazırlanan DPPH (2,2-difenil-1-pikihidrazil) radikalinden 3.8 mL ilave edilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri 30 dakikalık reaksiyon sonunda UV spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Her örnek için 3 ölçüm alınmıştır. Kalibrasyon grafiğinin çizilmesinde Troloks (($\pm$)-6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) standart çözeltisi kullanılmıştır. Sonuçlar μ mol TE/g kuru örnek olarak verilmiştir.

3.2.8. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonuçları SPSS 22.0 istatistik programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Farklar önemli bulunduğunda ($p<0.05$) ortalamalar DUNCAN testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Fasulyelerin Fiziksel Özellikleri

Farklı tane renkli işlem görmemiş fasulyelerin fiziksel özelliklerini incelemek amacıyla boyut (uzunluk, genişlik ve kalınlık), hacim, bin tane ağırlığı ve yoğunluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. İşlem görmemiş fasulye tanelerinin fiziksel özellikleri

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Uzunluk (mm)	11.37±0.111 ^b	10.88±0.107 ^c	11.77±0.137 ^a
Genişlik (mm)	7.19±0.137 ^a	6.19±0.155 ^b	7.25±0.106 ^a
Kalınlık (mm)	5.19±0.219 ^a	4.34±0.143 ^b	5.26±0.181 ^a
Hacim (mL)	256.00±5.477 ^b	144.00±5.477 ^c	292.00±2.739 ^a
Bin tane ağırlığı (g)	308.98±3.367 ^b	170.59±0.467 ^c	342.84±3.123 ^a
Yoğunluk (g/mL)	1.21±0.035 ^a	1.18±0.047 ^a	1.17±0.019 ^a

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

İşlem görmemiş kırmızı fasulyenin uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri sırasıyla, 11.37 mm, 7.19 mm ve 5.19 mm olarak tespit edilmiştir. Kırmızı fasulyenin uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri Singh ve Chandra (2020) tarafından yapılan çalışmada sırasıyla, 10.4 mm, 6.6 mm, 4.9 mm; Devkota ve ark. (2022)’nin çalışmasında ise 12.17 mm, 8.16 mm ve 5.79 mm olarak rapor edilmiştir. Başka bir çalışmada ise bu değerler sırasıyla, 11.84 mm, 7.63 mm ve 5.20 mm olarak bildirilmiştir (Oomah ve ark., 2010). İşlem görmemiş siyah fasulyenin uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri sırasıyla; 10.88 mm, 6.19 mm ve 4.34 mm olarak tespit edilmiştir. Oomah ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada siyah fasulyenin uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri sırasıyla; 9.11-10.76 mm, 6.04-7.17 mm ve 4.20-4.77 mm olarak rapor etmiştir. İşlem görmemiş beyaz fasulyede uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri sırasıyla; 11.77 mm, 7.25 mm ve 5.26 mm olarak tespit edilmiştir. Hacim, bin tane ağırlığı ve yoğunluk değerleri ise sırasıyla, 292.00 mL, 342.84 g ve 1.17 g/mL olarak gözlenmiştir. Ertaş (2010) beyaz fasulyenin uzunluk, genişlik ve kalınlık değerlerini sırasıyla; 11.39 mm, 7.32 mm ve 4.71 mm olarak rapor etmiştir. Çalışmada fasulyenin hacim değeri 243.37 mL, bin tane ağırlığı 276.34 g, özgül ağırlığı ise 1.14 g/mL olarak bildirilmiştir.

Hammadde olarak kullanılan fasulyelere ait boyut analiz sonuçları birarada değerlendirildiğinde herbir ortalama değer için hesaplanan standart sapma değerlerinin %5'ten küçük olması çalışmada homojen örneklem yapıldığının açık bir göstergesidir. Ayrıca, literatürde fasulye tanelerinin boyutlarıyla ilgili rapor edilen veriler geniş bir aralığı kapsamaktadır. Bu durumun tanelerin farklı genotip ve yetiştirme koşullarına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

4.2. Uygulanan Ultrasonikasyon (US) İşleminin Fasulyelerin Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi

4.2.1. Protein Miktarı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin kuru madde üzerinden protein miktarı Çizelge 4.2.'de verilmiştir. İşlem görmemiş (Kontrol) kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerinde protein miktarı sırasıyla; %21.92, %22.01 ve %22.79 olarak tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde kırmızı fasulyenin protein miktarının %20.77-27.06 oranında rapor edildiği görülmüştür (Ejigui ve ark., 2005; Wang ve ark., 2010; Ratnawati ve ark., 2019; Mitrus ve ark., 2020). Vargas-Torres ve ark. (2004) çalışmalarında siyah fasulye çeşitlerindeki protein miktarının %18.9-24.4 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Siyah fasulyede protein miktarını Grajales-Garcia ve ark. (2012) %21.45; Fasina ve ark. (2001) ise %21.7 olarak rapor etmişlerdir. Beyaz fasulyede protein miktarını Banti ve Bajo (2020) %19.4-24.8; Nergiz (2007) %22.09-24.08 olarak bildirmişlerdir. Cengiz (2007) yaptığı çalışmada beyaz fasulye çeşitlerindeki protein içeriğinin %19.25-23.66 oranında olduğunu rapor etmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, kullanılan fasulye örneklerindeki protein miktarının, literatürde belirtilen değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin protein miktarı^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	21.92±0.073 ^a	22.01±0.007 ^b	22.79±0.037 ^a
Islatma	21.88±0.010 ^a	22.23±0.087 ^a	22.93±0.122 ^a
US-15C	21.75±0.180 ^{ab}	21.89±0.089 ^b	22.39±0.506 ^{ab}
US-15H	20.91±0.103 ^c	22.26±0.018 ^a	22.52±0.237 ^{ab}
US-30C	21.51±0.106 ^b	21.25±0.012 ^c	21.99±0.346 ^b
US-30H	20.81±0.081 ^c	20.66±0.085 ^d	22.30±0.016 ^{ab}

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden % olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Islatma işlemi sonucunda kırmızı ve beyaz fasulyenin protein miktarının Kontrol'e göre önemli düzeyde değişmediği; siyah fasulyede ise Kontrol'e göre artış olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Edijala (1980) tarafından yapılan bir çalışmada suda bekletme ve pişirme işlemleriyle birlikte börülce çeşitlerinin protein içeriğinde %1.2-4 oranında artış olduğu bildirilmiştir. Bu işlemlerle birlikte, çözünebilir karbonhidratların suya geçişine bağlı olarak börülce tanelerindeki protein içeriğinin kuru maddede arttığı rapor edilmiştir. Benzer şekilde Sattar ve ark. (1989) ıslatma işlemiyle birlikte maş fasulyesinin protein miktarının arttığını ve bu artışın, nişastanın ıslatma ortamında çözünmesiyle ilgili olup, gerçek bir artış olmadığını bildirmişlerdir. Khalil (2001) bakla tanelerinin 12 saat ıslatılması sonucunda protein miktarındaki değişimin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı bildirmiştir. Barampama ve Simard (1995) yaptıkları çalışmada ıslatma işleminin (12 saat), fasulyenin protein miktarı üzerindeki etkisinin anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Mumba ve ark. (2004) tarafından da rapor edilmiştir.

US işleminin sıcaklık kontrolü olmadan 15 dakika uygulanması (US-15H) sonucunda beyaz fasulyedeki protein miktarının Kontrol ve ıslatma işlemine göre önemli oranda değişmediği gözlenmiştir. Kırmızı fasulye örneklerine aynı koşulda uygulanan US işlemi ile protein değerinde hem Kontrol hem de ıslatma işlemine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma; siyah fasulyede ise Kontrol'e göre artış tespit edilmiştir ($p < 0.05$). US işlem süresinin artırılması (US-30H) sonucunda siyah fasulyenin protein miktarının Kontrol, ıslatma işlemi uygulanmış ve US-15H örneğine kıyasla önemli ölçüde azaldığı görülmüştür ($p < 0.05$). Beyaz fasulye örneklerindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli düzeyde değilken, kırmızı fasulye örneğindeki azalma hem Kontrol hem de ıslatma işlemine kıyasla anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ertaş (2013)

tarafından yapılan çalışmada 2, 4, 6 dakika uygulanan US işlemi sonucunda baklagil ve tahıl tanelerinde protein miktarının %9.1-15.6 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Uygulama süresi ve sıcaklık arttıkça protein kaybının da arttığı belirtilmiştir. US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika uygulanması (US-15C) sonucunda, her üç fasulye çeşidinde de protein miktarının Kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmediği tespit edilmiştir. İşlem süresinin 30 dakikaya çıkarılmasıyla (US-30C) birlikte kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerindeki protein içeriğinin hem Kontrol hem de ıslatma işlemine göre azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Aynı işlem süreleri dikkate alındığında, kırmızı ve siyah fasulyede US-30H işlemi uygulanan örneklerin US-30C işlemine kıyasla, sıcaklığın da etkisiyle, protein miktarının daha fazla azaldığı ($p<0.05$); beyaz fasulye örneklerinde ise değişimin önemli düzeyde olmadığı görülmüştür. Dang ve ark. (2019) kahverengi pirinç örneğine US işleminin 30 dakika uygulanması sonucunda protein miktarının %2.06 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise farklı sıcaklıklarda (25, 40 ve 55°C) uygulanan US işleminin pirincin protein miktarını %1.29-1.42 oranında azalttığı fakat bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı rapor edilmiştir (Cui ve ark. 2010).

4.2.2. Yağ Miktarı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin kuru madde üzerinden ham yağ miktarı Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir. Buna göre, işlem görmemiş kırmızı, siyah ve beyaz fasulyelerin ham yağ miktarı sırasıyla; %1.22, %1.88 ve %1.89 olarak tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde kırmızı fasulyenin ham yağ miktarı %1.0 ila %1.37 arasında belirlenmiştir (Ejigui ve ark., 2005; Ratnawati ve ark., 2019; Mitrus ve ark., 2020; Wang ve ark.,2010). Vargas-Torres ve ark. (2014) siyah fasulyedeki ham yağ miktarının %1.3-2.8 aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Siyah fasulyedeki ham yağ miktarı Wang ve ark. (2010) tarafından %1.65, Silva-Cristobal ve ark. (2010) tarafından ise %1.59 olarak tespit edilmiştir. Beyaz fasulyede ise bu değer %1.08-2.60 oranında rapor edilmiştir (Türksoy, 2018; Cengiz, 2007). Literatürde rapor edilen verilerin, çalışmamızda tespit edilen ham yağ miktarı değerlerini destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin ham yağ miktarı^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	1.22±0.057 ^a	1.88±0.078 ^a	1.89±0.007 ^a
Islatma	0.93±0.000 ^{bc}	1.81±0.071 ^a	1.51±0.021 ^b
US-15C	1.01±0.078 ^b	1.21±0.071 ^b	1.85±0.071 ^a
US-15H	0.85±0.000 ^{cd}	1.00±0.071 ^c	1.88±0.021 ^a
US-30C	0.90±0.078 ^{bcd}	1.05±0.008 ^c	1.58±0.141 ^b
US-30H	0.76±0.071 ^d	0.66±0.071 ^d	1.16±0.198 ^c

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden % olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

On iki saat ıslatma işlemi sonucunda kırmızı ve beyaz fasulyedeki ham yağ miktarının Kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı (sırasıyla; ~%24 ve %20) tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Chiang ve Yeh (2002) pirincin 8 saat ıslatılması sonucunda ham yağ miktarının %21 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise baklanın 12 saat ıslatılması sonucunda ham yağ miktarının %23 oranında azaldığı tespit edilmiştir (D'souza, 2013). Siyah fasulye örneklerinin 12 saat ıslatılması sonucunda ham yağ miktarındaki değişimin Kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde olmadığı gözlenmiştir ($p > 0.05$). Çalışmamıza benzer şekilde Barampama ve Simard (1995) fasulyenin 12 saat ıslatılması sonucunda ham yağ miktarında istatistiksel olarak önemli bir değişim tespit edilmediğini rapor etmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda ise soya fasulyesi ve nohut örneklerine uygulanan 24 saat ıslatma işleminin ham yağ miktarı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Agume ve ark., 2017; Desalegn, 2015).

Sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika uygulanan US işleminin (US-15C) beyaz fasulyenin ham yağ içeriği üzerindeki etkisi (Kontrol örneği ile kıyaslandığında) önemli bulunmamıştır. Kırmızı ve siyah fasulye örneklerinde ise Kontrol grubu örneklerle kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p < 0.05$). US işlem süresinin 30 dakikaya çıkarılması (US-30C) sonucunda siyah ve beyaz fasulye örneklerinin ham yağ miktarı US-15C grubuna kıyasla önemli düzeyde azalma tespit edilmiş ($p < 0.05$), kırmızı fasulye örneklerinde ise dikkate değer bir değişim gözlenmemiştir. Dang ve ark. (2019) pirince 30 dakika US işlemi uygulanması sonucunda ham yağ miktarının %4.32 oranında azaldığını, fakat bu azalmanın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığını bildirmişlerdir.

Sıcaklık kontrolünün yapılmadığı koşulda US işleminin 15 dakika uygulanması (US-15H) sonucunda kırmızı ve siyah fasulyenin ham yağ miktarı, sıcaklığın da etkisiyle Kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). Aynı koşulda sürenin 30 dakikaya artırılması sonucunda (US-30H), US-15H işlemine kıyasla siyah ve beyaz fasulyenin ham yağ miktarının önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). US-30H prosesinin kırmızı fasulyenin ham yağ miktarı üzerinde US-15H işlemine göre istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olmadığı gözlenmiştir. Cui ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada pirince 25, 40 ve 55 °C sıcaklıkta 30 dakika US işlemi uygulanması sonucunda ham yağ miktarının sırasıyla; %2.44, %10.70 ve %8.25 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Ancak bu azalmanın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirtilmiştir.

4.2.3. Kül Miktarı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin kuru madde üzerinden kül miktarı değerleri Çizelge 4.4.'te sunulmuştur. İşlem görmemiş kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerinde kül miktarı sırasıyla; %5.03, %5.24 ve %5.19 olarak tespit edilmiştir. Wang ve ark. (2010) kırmızı ve siyah fasulyede kül miktarını sırasıyla; %4.4 ve %4.21 olarak rapor etmişlerdir. Kırmızı fasulyede kül miktarını Mitrus ve ark. (2020) %4.6; Natarabirwa ve ark. (2017) ise %5.16-5.34 olarak bildirmişlerdir. Guajardo-Flores ve ark. (2017) siyah fasulyedeki kül içeriğini %6.6; Silva-Cristobal ve ark. (2010) ise %5.43 olarak tespit etmişlerdir. Beyaz fasulyede ise bu oran %4.0-4.8 olarak rapor edilmiştir (Lopez ve ark., 2017; Cengiz, (2007). Vargas-Torres ve ark. (2004) beyaz fasulyede kül içeriğinin %3.6-5.2 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Fasulyede kül miktarının fazla olmasının sebebi, tanede potasyum, demir ve bazı vitaminlerin yüksek miktarda bulunmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanmıştır (Vargas-Torres ve ark., 2004). Literatür incelendiğinde, çalışma kapsamında elde edilen değerlerin rapor edilen veriler ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin kül miktarı^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	5.03±0.020 ^a	5.24±0.023 ^a	5.19±0.078 ^a
Islatma	4.26±0.012 ^e	3.53±0.097 ^e	4.87±0.068 ^{bc}
US-15C	4.88±0.023 ^b	4.71±0.064 ^b	4.95±0.021 ^b
US-15H	4.59±0.057 ^d	4.14±0.096 ^d	4.82±0.057 ^c
US-30C	4.72±0.095 ^c	4.29±0.023 ^c	4.57±0.032 ^d
US-30H	3.94±0.040 ^f	4.04±0.040 ^d	4.49±0.046 ^d

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden % olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Islatma işlemi sonucunda kül miktarı kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede Kontrol grubuna kıyasla sırasıyla; %15, %33 ve %6 oranında azalmıştır ($p < 0.05$). Adegunwa ve ark. (2013) bambara fasulyesinin 12 saat ıslatılması sonucunda kül miktarının %18 azaldığını rapor etmişlerdir. Ertaş ve Türker (2014) yaptıkları çalışmada ise nohutun 12 saat ıslatılması ile birlikte kül miktarının %37 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Kül miktarındaki azalmanın ıslatma sırasında bazı minerallerin suya difüzyonundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Ertaş ve Türker, 2014). El-Hady ve Habiba (2003) tarafından yapılan çalışmada farklı çeşit baklagillerin 16 saat ıslatılmasının kül miktarını %2.50-10.44 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Aynı çalışmada çeşit özelliklerinin, bazı elementlerin tohumlardan suya geçişini etkileyen önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır.

Sıcaklık kontrollü koşulda US işleminin 15 dakika uygulanması (US-15C) ile birlikte kül miktarı her üç fasulyede de Kontrol'e göre önemli düzeyde azalmıştır ($p < 0.05$). İşlem süresinin 30 dakikaya çıkarılması (US-30C) sonucunda kül miktarı bütün örneklerde US-15C örneğine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır ($p < 0.05$). Sıcaklık artışının kontrol altına alınmadığı koşulda US işleminin 15 dakika uygulanması (US-15H) ile bütün örneklerde kül miktarının Kontrol'e kıyasla önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Uygulama süresinin 30 dakikaya arttırılmasıyla (US-30H) birlikte kırmızı ve beyaz fasulyede kül miktarının kontrol, ıslatma ve US-15H işlemi uygulanan örneklerin kül içeriklerine göre önemli düzeyde azaldığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Siyah fasulye örneğinde ise en düşük kül miktarı ıslatma işlemi sonrasında tespit edilmiştir. Aynı işlem sürelerinde sıcaklık kontrollü ve sıcaklık kontrolsüz koşullarda US işlemi uygulanan örnekler (örneğin; US-15C ile US-15H veya

US-30C ile US-30H) kıyaslandığında kül miktarının azalmasında genel olarak US işleminin yanı sıra sıcaklığın da etkili olduğu görülmektedir.

4.3. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.3.1. Su Absorbsiyonu Üzerine Etkisi

Baklagillerin ıslatma sırasındaki su absorpsiyonu daha sonra uygulanacak işlemleri ve son ürün kalitesini etkilediği için önemlidir (Ertaş, 2010). Su absorpsiyonu baklagillerin ıslatma sürecinde meydana gelen tane ağırlığındaki artışla ilgilidir. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin su absorpsiyonu değerleri Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

Her üç fasulyede de en yüksek su absorpsiyon değerleri 12 saat ıslatma koşulunda elde edilmiştir ($p<0.05$). Bu durum, ıslatma işleminin US uygulamalarıyla karşılaştırıldığında daha uzun ıslatma süresine tabi tutulması ile açıklanabilir. Ertaş (2010) çalışmasında 2, 8 ve 12 saat ıslatılan fasulye örneklerinde ıslatma süresinin artırılması ile su absorpsiyon değerlerinin de arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.5. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin su absorpsiyonu değerleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Islatma	100.85±1.478 ^a	96.70±1.230 ^a	107.19±1.089 ^a
US-15C	12.47±3.868 ^d	25.63±3.118 ^d	21.07±2.029 ^d
US-15H	25.35±4.469 ^c	50.39±7.262 ^c	24.96±5.381 ^{cd}
US-30C	25.43±3.479 ^c	37.24±13.011 ^{cd}	34.08±6.201 ^c
US-30H	57.40±7.361 ^b	73.22±5.911 ^b	72.08±6.604 ^b

1 Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

2 *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 30 dakika uygulanması (US-30C) sonucunda su absorpsiyonu değerleri, kırmızı ve beyaz fasulyede US-15C örneğine kıyasla önemli düzeyde artış gösterirken ($p<0.05$), siyah fasulyedeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Wang ve ark. (2003) su absorpsiyonunun ıslatma süresi uzadıkça arttığını bildirmişlerdir. Farklı çeşitlerin su absorpsiyon hızının birbirinden farklı olduğu ve bu durumun farklı tohum kabuğu kalınlığından kaynaklandığı rapor edilmiştir. Tohum kabuğu kalınlığının artışı su absorpsiyonuna karşı direnç oluşturur ve

su absorpsiyon hızını düşürür. Yıldırım ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada 25 kHz 100 W US uygulamasının bütün sıcaklıklarda (20-97 °C) nohut tanelerinde su absorpsiyonunu önemli düzeyde artırdığını rapor etmişlerdir. US dalgaları, içinde yayıldıkları sistemde, bir dizi sıkıştırma ve gevşeme serisine sebep olur ve bu da su absorpsiyonunu kolaylaştıracak mikroskobik yollar oluşturur. Buna ek olarak dalgaların sebep olduğu kavitasyon suyun daha güçlü bir şekilde bağlanmasına katkıda bulunabilir (Yıldırım ve Öner, 2015)

US işleminin sıcaklık kontrolü olmadan 30 dakika uygulanması (US-30H) ile birlikte her üç fasulye örneğinde de su absorpsiyonu değerlerinin US-15C, US-15H ve US-30C örneklerine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Sıcaklık arttıkça su absorpsiyon hızı artar ve maksimum absorpsiyon için gerekli süre kısalmıştır (Patane ve ark., 2004). Bir başka çalışmada sıcaklığın artışıyla birlikte su difüzyonundaki artışın, yüksek sıcaklıkta ıslatma suyunda ve tane içindeki iyonların hareketliliğinden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Aynı zamanda su absorpsiyonunun iç yapı hasarına ve nişasta jelatinizasyonunun başlamasına bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Kumar ve ark., 2018). Her üç fasulyede de sıcaklık kontrolü olmayan koşullarda uygulanan US işleminde işlem süresinin artırılmasıyla (15 dakikadan 30 dakikaya çıkarılmasıyla) US haznesinde ölçülen sıcaklık değerinin dikkate değer ölçüde arttığı saptanmıştır (EK-1). Bu durum çalışılan tüm fasulye örneklerinde US-30H uygulaması ile ulaşılan su absorpsiyon değerlerinin US-15H uygulamasından elde edilen sonuçlardan daha yüksek bulunduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Çalışma bulguları literatür ile uyum göstermektedir.

4.3.2. Hacim Artışı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin hacim artışı değerleri Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir. En yüksek hacim artışı değerlerine su absorpsiyonu verilerinde olduğu gibi fasulye örneklerine uygulanan 12 saat ıslatma koşulunda ulaşılmıştır (Çizelge 4.6.). Bu değerler kırmızı, siyah ve beyaz fasulye tanelerinde US uygulamaları ile kıyaslandığında önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.6. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin hacim artışı değerleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Islatma	24.61±1.124 ^a	23.81±0.000 ^a	34.44±6.046 ^a
US-15C	5.56±3.373 ^c	7.88±0.092 ^d	8.81±1.230 ^c
US-15H	8.73±1.117 ^c	15.08±1.117 ^c	7.94±0.000 ^c
US-30C	7.94±0.000 ^c	9.52±0.000 ^d	11.21±2.390 ^c
US-30H	15.88±2.242 ^b	19.84±1.117 ^b	20.01±1.358 ^b

1 Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

2 *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Her bir fasulye örneğinde, US-30H işlemi sonucunda sıcaklık yükselmesinin (EK-1) de etkisiyle hacim artışı değerlerinin diğer US uygulamalarına (US-15C, US-15H ve US-30C) kıyasla önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Benzer şekilde US ve geleneksel ıslatma işleminin börülcenin hacim artışına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, US genlik ve sıcaklığının artmasıyla birlikte hacim artışının daha belirgin olduğu belirtilmiştir (Öztürk, 2019). US işleminin geleneksel ıslatmaya kıyasla istenilen su alma oranına daha kısa sürede ulaşılmasını sağladığı ve pişirme öncesi işlemi kısalttığı bildirilmiştir. Hacim artışının en fazla US işleminin %100 genlikte uygulandığı işlem olduğu ve bunu da %50 genlikte uygulanan US işlemi ve geleneksel ıslatma yönteminin takip ettiği rapor edilmiştir (Öztürk, 2019).

4.3.3. Suyu Geçen Madde Miktarı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan tanelerde suya geçen madde miktarı Çizelge 4.7.'de sunulmuştur. On iki saat ıslatma işlemi uygulandığında suya geçen madde miktarı kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örnekleri için sırasıyla %2.80, %5.39 ve %1.68 olarak tespit edilmiştir. Farklı baklagil çeşitleri için suya geçen katı maddelerin şekerler, mineraller (Fe, Cu, Zn, Mn, P, Ca, Mg), pigmentler, nişasta, protein, suda çözünür vitaminler (tiamin, niasin, riboflavin) olduğu ifade edilmiştir (Bayram ve ark., 2004a).

Çizelge 4.7. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin suya geçen madde miktarı^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Islatma	2.80±0.042 ^b	5.39±0.163 ^a	1.68±0.05 ^b
US-15C	0.37±0.014 ^e	0.68±0.014 ^d	0.39±0.021 ^d
US-15H	0.80±0.007 ^c	1.33±0.014 ^c	0.43±0.007 ^d
US-30C	0.60±0.007 ^d	1.47±0.028 ^c	0.74±0.00 ^c
US-30H	3.28±0.007 ^a	4.83±0.028 ^b	3.06±0.05 ^a

1 Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

2 *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Fasulye örneklerine US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 30 dakika uygulanmasıyla (US-30C) suya geçen madde miktarının sürenin artışına bağlı olarak US-15C örneğine kıyasla önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kırmızı ve beyaz fasulyede sıcaklık kontrolü olmadan 30 dakika uygulanan US işlemi (US-30H) sonucunda suya geçen madde miktarı hem US-15H hem de ıslatma prosesine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır (Çizelge 4.7; $p < 0.05$). Yıldırım ve Öner (2015) sıcaklık, süre ve US gücünün suya geçen madde miktarını önemli ölçüde etkilediğini; US işleminin kavitasyon etkisiyle çözünür katıların suya geçişini teşvik ettiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar ayrıca, kavitasyon sebebiyle hücre duvarının zarar gördüğünü ve çözünür katılar ile diğer bileşenlerin suya geçişinin kolaylaştığını belirtmişlerdir. Aynı süreler dikkate alındığında sıcaklığın kontrol altına alınmadığı örneklerde (US-15H ve US-30H) suya geçen madde miktarının sıcaklığın da yükselmesine bağlı olarak (EK-1) artış gösterdiği açıkça görülmektedir ($p < 0.05$). Bayram ve ark. (2004a) sıcaklık ve sürenin ıslatma suyunun çözünür katı madde içeriğini önemli ölçüde etkilediğini ve sıcaklık artışıyla birlikte suya geçen madde miktarının da arttığını belirtmişlerdir. Kuru (2019) nohut, fasulye ve soya fasulyesi ıslatma sularında suda çözünür kuru madde miktarının genel olarak artan işlem süresiyle arttığını bildirmiştir. Baklagillerin US yöntemiyle ıslatılması sonucunda suya geçen madde miktarının geleneksel yöntemle kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

4.3.4. Renk Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan kırmızı fasulye tanelerinin renk değerlerine ait veriler Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir. İşlem görmemiş kırmızı fasulyede L^* , a^* ve b^* renk değerleri

sırasıyla 35.84, 10.03 ve 1.23 olarak tespit edilmiştir. On iki saat ıslatma işlemi sonucunda L^* ve b^* değerlerinde önemli düzeyde artış gözlenirken, a^* değerinde önemli azalma tespit edilmiştir (Çizelge 4.8 ve EK-2; $p<0.05$). Islatma sonucunda b^* değerindeki artış kırmızı pigmentlerin sarı renge dönüşmesi ile açıklanabilir (Yıldırım ve Öner, 2015). US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika uygulanması (US-15C) sonucunda L^* , a^* ve b^* değerleri Kontrol grubu ile kıyaslandığında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir değişim saptanmamıştır. US uygulama süresindeki artış ile birlikte (US-30C) L^* ve b^* renk değerlerinde US-15C işlemine kıyasla anlamlı düzeyde artış ($p<0.05$) gözlenmiştir. Kontrol'e kıyasla US-15H işlemi uygulanan kırmızı fasulyede L^* ve a^* değerindeki değişim önemli düzeyde değilken, b^* değerindeki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). US uygulama süresinin 30 dakikaya çıkarılması (US-30H) sonucu L^* ve b^* değerinde US-15H uygulamasına kıyasla önemli artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Çalışmada en yüksek ΔE değeri ıslatma işlemi uygulanan kırmızı fasulye örneğinde tespit edilmiştir. Bu da ıslatma işlemi uygulanan örnekler ile işlem görmemiş taneler arasındaki renk farkının diğer uygulamalara kıyasla daha fazla olduğunu göstermektedir (EK-2). US işlemlerinde sürenin artışıyla birlikte ΔE değerinin de arttığı ve özellikle US-30H koşulunda bu artışın daha belirgin olduğu gözlenmiştir. US işleminin 30 dakika uygulanması sonucunda kroma değerinin (rengin yoğunluğu ve netliği) arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. US işlemi uygulanan kırmızı fasulye tanelerinin renk değerleri^{1,2}

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE	Kroma
Kontrol	35.84±0.303 ^{de}	10.03±0.305 ^b	1.23±0.255 ^e	-	10.11±0.316 ^b
Islatma	38.84±0.778 ^a	8.92±0.243 ^c	5.53±0.304 ^a	5.40±0.528 ^a	10.50±0.256 ^b
US-15C	35.55±0.660 ^e	10.26±0.503 ^{ab}	1.51±0.089 ^e	0.80±0.466 ^d	10.38±0.498 ^b
US-15H	36.21±0.725 ^d	9.94±0.497 ^b	2.18±0.369 ^d	1.26±0.523 ^d	10.18±0.453 ^b
US-30C	36.93±0.555 ^c	10.56±0.409 ^a	3.44±0.446 ^c	2.61±0.372 ^c	11.11±0.407 ^a
US-30H	37.88±0.365 ^b	10.16±0.384 ^{ab}	4.56±0.449 ^b	3.93±0.522 ^b	11.14±0.465 ^a

1 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

2 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

İşlem görmemiş siyah fasulyenin L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 33.82, -0.34 ve -1.09 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). Uygulanan ıslatma ve US işlemleri sonucunda siyah fasulyenin L^* değerlerinin Kontrol'e göre azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Siyah fasulyenin a^* değerinin US-30H prosesi sonucunda Kontrol'e kıyasla azaldığı, diğer

uygulamaların ise bu renk değeri üzerinde etkili olmadığı gözlenmiştir. Islatma işlemi sonucunda siyah fasulyenin b^* değerindeki değişim önemli düzeyde değildir. US işleminin sıcaklığın kontrol altına alındığı koşulda 15 dakika uygulanmasıyla (US-15C) b^* değerinde Kontrol grubuna kıyasla azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$). Süre artışının (US-30C), US-15C uygulamasına kıyasla b^* değeri üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir. US işleminin sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda uygulanmasıyla (US-15H ve US-30H) b^* değerinde Kontrol grubuna göre önemli azalma gözlenmiştir ($p<0.05$). US işlem süresinin artışıyla birlikte iki renk arasındaki farkın bir ölçüsü olan ΔE değerinin anlamlı düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kroma değerinin ise US-15C ve US-15H işlemleri sonucunda Kontrol'e göre artış gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). US-30C işlemiyle kroma değerinde US-15C ve US-15H gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. US işleminin sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda 30 dakika (US-30H) uygulanmasıyla kroma değerindeki değişimin Kontrol'e göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. US işlemi uygulanan siyah fasulye tanelerinin renk değerleri^{1,2}

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE	Kroma
Kontrol	33.82±0.348 ^a	-0.34±0.091 ^b	-1.09±0.033 ^a	-	1.14±0.041 ^d
Islatma	32.58±0.202 ^d	-0.35±0.095 ^b	-1.20±0.092 ^{ab}	1.26±0.206 ^a	1.26±0.078 ^{bc}
US-15C	32.60±0.478 ^d	-0.33±0.092 ^b	-1.44±0.104 ^c	1.28±0.473 ^a	1.47±0.098 ^a
US-15H	32.69±0.225 ^{cd}	-0.35±0.051 ^b	-1.32±0.183 ^{bc}	1.17±0.217 ^{ab}	1.36±0.171 ^{ab}
US-30C	33.21±0.361 ^b	-0.36±0.072 ^b	-1.42±0.113 ^c	0.73±0.287 ^c	1.46±0.099 ^a
US-30H	33.01±0.431 ^{bc}	-0.22±0.082 ^a	-1.23±0.112 ^b	0.86±0.396 ^{bc}	1.24±0.109 ^{cd}

1 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

2 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

İşlem görmemiş beyaz fasulyenin L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 69.90, 0.04 ve 9.27 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Ertaş ve Türker (2012) işlem görmemiş beyaz fasulyenin L^* , a^* ve b^* renk değerlerini sırasıyla; 71.18, 0.46 ve 7.27 olarak tespit etmişlerdir. Kuru (2019) ise yaptığı çalışmada beyaz fasulye L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla; 84.53, 1.70 ve 8.54 olarak rapor etmiştir. Literatürde rapor edilen L^* ve a^* değerlerinin, çalışma kapsamında tespit edilen değerlerden yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum fasulye çeşidi ve kabuk renginin farklı olmasından kaynaklanabilir. Islatma işlemi sonucunda Kontrol grubuna kıyasla L^* değerinin arttığı, a^* değerinin ise azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). US-15C işleminin uygulanmasıyla L^* değeri Kontrol'e göre artış

gösterirken ($p<0.05$), a^* ve b^* değerlerindeki değişim istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir. US-15C işlemi ile karşılaştırıldığında sürenin 30 dakikaya çıkarılmasıyla (US-30C) L^* değerinin arttığı, b^* değerinin ise azaldığı gözlenmiştir. Sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda US işleminin 15 dakika uygulanması sonucu (US-15H) Kontrol grubuna kıyasla L^* değerinin arttığı, a^* değerinin ise azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). US-30H işlemi sonrası ise kabuğun ayrılması ve kotiledonun daha koyu renkte görünmesine bağlı olarak L^* değerinde US-15H işlemine kıyasla azalma, b^* değerinde ise artış tespit edilmiştir ($p<0.05$). Benzer sonuçlar beyaz fasulye örneklerine konvansiyonel ıslatma ve US işlemi uygulayan Kuru (2019) tarafından da rapor edilmiştir. Bu çalışmada her iki ıslatma yönteminde de L^* değerinin işlem görmemiş taneyle kıyasla azaldığı, b^* değerinin ise arttığı bildirilmiştir. US işleminin sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda 30 dakika uygulanmasıyla (US-30H) Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kroma değerinin arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu artış, uygulama sonrası tane renginin daha net ve yoğun olduğunu gösterir.

Çizelge 4.10. US işlemi uygulanan beyaz fasulye tanelerinin renk değerleri^{1,2}

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE	Kroma
Kontrol	69.90±0.830 ^c	0.04±0.075 ^a	9.27±0.154 ^b	-	9.27±0.154 ^b
Islatma	72.72±0.876 ^a	-0.29±0.180 ^b	9.13±0.506 ^{bc}	2.90±0.819 ^a	9.13±0.508 ^{bc}
US-15C	71.38±0.393 ^b	-0.08±0.148 ^a	9.37±0.425 ^b	1.54±0.404 ^b	9.37±0.425 ^b
US-15H	72.60±0.609 ^a	-0.26±0.068 ^b	9.38±0.492 ^b	2.75±0.639 ^a	9.38±0.490 ^b
US-30C	72.43±0.785 ^a	-0.04±0.102 ^a	8.77±0.198 ^c	2.59±0.771 ^a	8.77±0.198 ^c
US-30H	70.55±0.797 ^c	-0.03±0.192 ^a	11.53±0.57 ^a	2.47±0.623 ^a	11.53±0.573 ^a

1 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

2 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Bayram ve ark. (2004b) ıslatma sıcaklık ve süresinin artışı ile birlikte su emilimi ve pigment denaturasyonuna bağlı olarak soya fasulyesi L^* değerinin kademeli olarak artış gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacılar, ıslatma işlemi ile a^* değerinin kademeli olarak azaldığını, b^* değerinin ise arttığını rapor etmişlerdir. Çalışmada ayrıca, ıslatma sırasında b^* değerinin ıslatma süre ve sıcaklığından önemli ölçüde etkilendiği vurgulanmıştır. Yıldız (2019) ıslatma işlemi sonucunda kırmızı ve yeşil mercimek tanelerinde, işlem görmemiş tane ile kıyaslandığında genel olarak L^* değerinin arttığını, a^* ve b^* değerinin ise azaldığını rapor etmiştir. Öztürk (2019) yaptığı çalışmada ıslatma süresi ve sıcaklığının artışına bağlı olarak börülce tanesinde L^* değerinin azaldığını bildirmiştir.

Sabit sürede sıcaklığın artmasıyla birlikte suya geçen pigment miktarının artışına bağlı olarak a^* renk değerinin azaldığı rapor edilmiştir. Süre artışının bütün koşullarda b^* değerini azalttığı bildirilmiştir.

Kırmızı fasulye örneklerine uygulanan US işlemi sonrası geriye kalan sularda ölçülen renk değerleri Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Çalışmada saf suyun L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 20.57, -0.02 ve 0.49 olarak tespit edilmiştir. On iki saat ıslatma işlemi sonucunda kırmızı fasulye ıslatma suyunda saf suya oranla L^* , a^* ve b^* değerlerinin önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Sıcaklığın kontrol altına alındığı koşulda US işleminin 15 dakika uygulanmasıyla (US-15C) L^* ve a^* değerleri saf suya kıyasla artış gösterirken, b^* değeri ise azalmıştır ($p<0.05$). US işlem süresinin 30 dakikaya artırılması sonucunda (US-30C) US-15C işlemine kıyasla L^* değeri azalırken a^* ve b^* değerleri artmıştır ($p<0.05$). US işleminin sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda 15 dakika uygulanmasıyla (US-15H) a^* ve b^* değerlerinin saf suya göre arttığı ($p<0.05$), L^* değerindeki değişimin ise önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. US-30H uygulaması sonucunda ise a^* ve b^* değerlerindeki artışın daha belirgin olduğu görülmektedir. US-15C işlemi sonucunda kırmızı fasulye ıslatma suyu kroma değerinin saf suya göre azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Sürenin artışıyla birlikte (US-30C) kroma değeri de artmıştır ($p<0.05$). Sıcaklığın kontrol altına alınmadığı US koşullarında (US-15H ve US-30H) da kroma değerinde artış gözlenmiş olup, bu artış US-30H işleminde daha belirgindir ($p<0.05$). Kırmızı fasulye örneğine ait ıslatma suyunda en yüksek ΔE değeri 12 saat ıslatma ve US-15C işlemleri sonucunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. US işlemi uygulanan kırmızı fasulyenin ıslatma suyu renk değerleri^{1,2}

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE	Kroma
Saf su	20.57±0.410 ^{cd}	-0.02±0.039 ^e	0.49±0.018 ^e	-	0.49±0.018 ^e
Islatma	23.39±0.876 ^a	0.57±0.054 ^b	1.28±0.138 ^b	3.00±0.813 ^a	1.39±0.141 ^b
US-15C	24.18±1.160 ^a	0.10±0.023 ^d	-0.32±0.046 ^f	3.71±1.127 ^a	0.34±0.043 ^f
US-15H	21.44±1.011 ^{bc}	0.39±0.050 ^c	0.72±0.057 ^d	1.18±0.756 ^b	0.82±0.059 ^d
US-30C	21.90±1.269 ^b	0.36±0.026 ^c	0.97±0.115 ^c	1.06±1.084 ^b	1.04±0.107 ^c
US-30H	20.32±0.532 ^d	1.05±0.056 ^a	1.53±0.039 ^a	1.60±0.123 ^b	1.86±0.037 ^a

1 *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

2 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Siyah fasulye örneklerine uygulanan US işlemi sonrası geriye kalan sularda ölçülen renk değerleri Çizelge 4.12’de sunulmuştur. On iki saat ıslatma işlemi sonucunda siyah fasulyenin ıslatma suyunda saf suya kıyasla L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). US-15C uygulaması sonucunda saf suya göre L^* ve a^* değerinde artış, b^* değerinde ise azalma gözlenmiştir ($p<0.05$). Sürenin artırılmasıyla birlikte (US-30C) L^* değerindeki artış daha belirgin olurken, a^* ve b^* renk değerleri azalmıştır ($p<0.05$). Sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda US işleminin 15 dakika uygulanmasıyla (US-15H) ıslatma suyunun a^* ve b^* değerinde saf suya göre artış gözlenmiş, L^* değeri ise azalmıştır ($p<0.05$). US-15H uygulamasına kıyasla US-30H işlemiyle L^* değeri azalmış; a^* ve b^* ise artmıştır ($p<0.05$). Siyah fasulye ıslatma suyunun L^* değerindeki bu azalma siyah fasulyenin renginden sorumlu olan antosiyaninlerin suya geçişine bağlı olabilir. Sarı renkteki (b^*) artış diğer bileşiklerin suya geçişi ve sudaki yeşil rengin kaybolması şeklinde yorumlanabilir (Bayram ve ark., 2004a). Islatma suyunda US uygulamalarında sürenin artışıyla birlikte ΔE değerinde de artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Siyah fasulye örneklerinde en yüksek ΔE değeri US-30C işlemi sonucunda tespit edilmiştir. US-15C işlemi sonucunda kroma değerinin Kontrol grubuna kıyasla azaldığı gözlenmiştir. Sürenin artışıyla (US-30C) birlikte kroma değerinde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Sıcaklığın kontrol altına alınmadığı US koşullarında (US-15H ve US-30H) da kroma değerinde artış gözlenmiş olup, bu artış US-30H işleminde daha belirgindir ($p<0.05$).

Çizelge 4.12. US işlemi uygulanan siyah fasulyenin ıslatma suyu renk değerleri^{1,2}

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE	Kroma
Saf su	20.57±0.410 ^c	-0.02±0.039 ^e	0.49±0.018 ^d	-	0.49±0.018 ^e
Islatma	18.63±0.165 ^e	1.01±0.037 ^b	2.16±0.027 ^a	2.77±0.132 ^b	2.39±0.033 ^a
US-15C	21.68±0.744 ^b	0.09±0.046 ^d	0.41±0.041 ^e	1.18±0.628 ^d	0.42±0.035 ^f
US-15H	19.67±0.291 ^d	0.44±0.054 ^c	0.82±0.015 ^c	1.08±0.258 ^d	0.93±0.021 ^c
US-30C	23.69±0.551 ^a	-0.13±0.021 ^f	-0.87±0.040 ^f	3.40±0.511 ^a	0.88±0.038 ^d
US-30H	18.70±0.058 ^e	1.05±0.030 ^a	1.30±0.039 ^b	2.31±0.051 ^c	1.68±0.023 ^b

1 Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

2 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Beyaz fasulye örneklerine uygulanan US işlemi sonrası geriye kalan sularda ölçülen renk değerleri Çizelge 4.13’te verilmiştir. On iki saat ıslatma işlemi sonucunda beyaz fasulyenin ıslatma suyu b^* değerinde saf suya kıyasla artış meydana gelirken ($p<0.05$),

L^* ve a^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir değişim gözlenmemiştir. US-15C uygulaması ile birlikte saf suya göre L^* ve b^* değerlerinde artış tespit edilmiş ($p<0.05$), ancak işlemin a^* değeri üzerinde etkili olmadığı gözlenmiştir. US işlem süresinin 15 dakikadan (US-15C) 30 dakikaya artırılması sonucunda (US-30C) L^* değerinde önemli düzeyde artış, b^* değerinde ise önemli düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0.05$). US işleminin sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda 15 dakika uygulanmasıyla (US-15H) saf suya göre L^* değeri artmış, a^* değeri ise azalmıştır ($p<0.05$). US-30H prosesi ile birlikte US-15H uygulamasına kıyasla b^* değeri azalırken ($p<0.05$), L^* değeri istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır ($p<0.05$). US işlem süresinin artmasıyla ΔE değeri artış göstermiş olup ($p<0.05$), en yüksek değer US-30C koşulunda tespit edilmiştir. Islatma işlemi sonucunda ıslatma suyu kroma değerinin saf suya oranla artış gösterdiği saptanmıştır. En yüksek kroma değeri yine US-30C prosesi sonucunda gözlenmiştir.

Çizelge 4.13. US işlemi uygulanan beyaz fasulye ıslatma suyu renk değerleri^{1,2}

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE	Kroma
Saf su	20.57±0.410 ^d	-0.02±0.039 ^a	0.49±0.018 ^c	-	0.49±0.018 ^d
Islatma	20.89±0.893 ^d	-0.02±0.030 ^a	0.82±0.077 ^a	0.87±0.432 ^d	0.83±0.079 ^b
US-15C	22.20±1.103 ^c	-0.02±0.094 ^a	0.56±0.050 ^b	1.78±0.780 ^c	0.56±0.051 ^c
US-15H	23.87±0.700 ^b	-0.11±0.083 ^b	0.51±0.060 ^{bc}	3.30±0.702 ^b	0.52±0.066 ^{cd}
US-30C	24.98±0.777 ^a	0.01±0.028 ^a	-1.03±0.036 ^e	4.67±0.746 ^a	1.03±0.036 ^a
US-30H	24.66±0.411 ^a	-0.08±0.059 ^b	0.32±0.086 ^d	4.10±0.411 ^a	0.33±0.095 ^e

1 *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

2 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Bayram ve ark. (2004a) ıslatma sırasında özellikle sıcaklık artışıyla birlikte soya fasulyesi ıslatma suyu L^* değerinin azaldığını rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, soya fasulyesinde bulunan suda çözünür yeşil pigmentler ve bunların türevlerinin suya geçişine bağlı olarak ıslatma suyunda yeşil renk ($-a^*$) gözlemlendiği, sarılık (b^*) derecesinin ise süre ve sıcaklığın artışıyla birlikte arttığı belirtilmiştir. Öztürk (2019) ıslatma süresi ve sıcaklığı artırıldıkça bürülce ıslatma suyu L^* renk değerinin azaldığını; US uygulamalarının L^* değerini konvansiyonel işleme kıyasla daha çok etkilediğini ve genel olarak US işleminin a^* ve b^* renk değerlerinde artışa sebep olduğunu rapor etmiştir. Yıldız (2019) ise çalışmasında, ıslatma işlemi ile birlikte kırmızı ve yeşil mercimek ıslatma suyunda L^* , a^* ve b^* değerlerinin genel olarak azaldığını bildirmiştir.

4.3.5. Tekstür (Sertlik) Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin sertlik değerlerine ait veriler Çizelge 4.14.'te gösterilmiştir. İşlem görmemiş tanelerde, sertlik değerlerinin yüksek olması sebebiyle tekstürel analiz yapılamamıştır.

Çizelge 4.14. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin sertlik değerleri^{1,2}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Islatma	140.66±5.246 ^d	112.22±6.334 ^d	157.22±4.367 ^d
US-15C	204.12±11.125 ^a	187.78±4.551 ^a	218.09±8.628 ^a
US-15H	179.74±3.150 ^c	130.15±4.307 ^c	197.38±7.961 ^b
US-30C	194.77±3.607 ^b	170.92±5.516 ^b	168.04±8.276 ^c
US-30H	113.99±7.093 ^e	84.14±8.750 ^e	123.40±3.506 ^e

1 *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

2 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

On iki saat ıslatma sonucunda kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede sertlik değeri sırayla; 140.66, 112.22 ve 157.22 N olarak tespit edilmiştir. Tüm fasulye tanelerinde en yüksek sertlik değerleri US-15C koşulunda gözlenmiştir. US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 30 dakika uygulanması (US-30C) sonucu sertliğin US-15C işlemine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). US işleminde sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşulda 15 dakika uygulanmasıyla (US-15H) kırmızı ve siyah fasulyelerin sertlik değerleri hem US-15C hem de US-30C uygulamalarına kıyasla önemli düzeyde azalmıştır ($p < 0.05$). Fasulye örneklerinin sertlik değerlerindeki en belirgin azalma sıcaklığın da etkisiyle US-30H koşulunda gözlenmiştir (EK-1, Çizelge 4.14). Yıldırım (2021) geleneksel ıslatma ve US işlemi sonucunda sıcaklıktan bağımsız olarak ilk 30 dakikada börülce sertlik değerinin hızlı bir şekilde azaldığını rapor etmiştir. Sıcaklık ve US genliği arttıkça sertlik değerindeki azalmanın daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Geleneksel ıslatma yöntemi ile karşılaştırıldığında US uygulamasının sertliğin azaltılmasında daha etkili olduğu rapor edilmiştir. Li ve ark. (2020) ıslatmanın siyah fasulyenin sertliğini azaltmada etkili bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır. Islatmanın ilk 30 dakikasında sertlik değerinde hızlı bir düşüş olduğunu bildirmişlerdir. Ek olarak sıcaklık yükseldikçe bu değerdeki azalmanın daha belirgin olduğu ifade edilmiştir. Siyah fasulyede 25, 50 ve 70 °C sıcaklıkta minimum sertliğe

ulaşma süresinin sırasıyla; 2 saat, 1 saat ve 30 dakika olduğu rapor edilmiştir. Zhang ve ark. (2021) US işlemi sonucunda soya fasulyesi sertlik değerinin geleneksel ıslatmaya kıyasla %30 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Sıcaklık artışıyla birlikte nişasta ve pektinin jel oluşturduğu, bazı pektin maddelerinin suda çözünür hale geldiği ve dokunun yumuşadığı ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca, fasulyenin hücre duvarının parçalanmasının ve protein matrisinin yumuşamasının da sertliğin azalmasında etkili olduğu vurgulanmıştır.

4.4. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Antibesinsel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.4.1. Tripsin İnhibitörü Aktivitesi Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin tripsin inhibitörü aktivitesi değerleri Çizelge 4.15.'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin tripsin inhibitörü aktivitesi değerleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	25.79±0.113 ^a	28.19±0.156 ^a	20.86±0.346 ^b
Islatma	25.08±0.057 ^{ab}	24.24±0.148 ^c	21.45±0.106 ^a
US-15C	25.39±0.113 ^a	25.73±0.000 ^b	19.55±0.332 ^c
US-15H	23.88±0.000 ^c	22.52±0.891 ^d	19.86±0.226 ^c
US-30C	24.08±1.018 ^{bc}	23.80±0.070 ^c	19.45±0.113 ^c
US-30H	19.62±0.000 ^d	19.46±0.212 ^e	13.31±0.113 ^d

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden TIU/mg olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

İşlem görmemiş kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede tripsin inhibitörü aktivitesi değerleri sırasıyla; 25.79, 28.19 ve 20.86 TIU/mg kuru örnek olarak tespit edilmiştir. Literatürde işlem görmemiş kırmızı fasulyede tripsin inhibitörü aktivitesi, 17.77-65.73 TIU/mg aralığında rapor edilmiştir (Shi ve ark., 2017; Khattap ve Arntfield, 2009; Ejigui ve ark., 2005). Liu ve ark. (2021) beyaz fasulyedeki tripsin inhibitörü aktivitesini 21.91 TIU/mg; Ertaş (2010) ise 20.34 TIU/mg olarak bildirmişlerdir. İşlem görmemiş siyah fasulye örneklerindeki tripsin inhibitörü aktivitesi önceki çalışmalarda 31 TIU/mg

(Hernandez-Infante ve ark., 1998) ve 20.83 TIU/mg (Shi ve ark., 2017) olarak rapor edilmiştir. Araştırma bulguları değerlendirildiğinde işlem görmemiş fasulye tanelerinde tespit edilen tripsin inhibitörü aktivitesi değerlerinin literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.

Islatma işlemi sonunda tripsin inhibitörü aktivitesinin, işlem görmemiş örneklerle (Kontrol) göre kırmızı fasulyede istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmediği; siyah fasulye örneklerinde ise önemli düzeyde azaldığı (~%14) tespit edilmiştir ($p<0.05$; Çizelge 4.15). Bunun yanı sıra ıslatma işlemiyle birlikte beyaz fasulyedeki tripsin inhibitörü aktivitesinde yaklaşık %2 artış tespit edilmiş ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Adeleke ve ark. (2017), 12 saat ıslatma işlemi ile birlikte bambara fasulye çeşitlerinde tripsin inhibitörü aktivitesinin %19-34 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Alonso ve ark. (2000) ise 12 saatlik ıslatma sonunda tripsin inhibitörü aktivitesinin bakla ve barbunya örneklerinde sırasıyla %4.47 ve %5.48 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Beyaz fasulye örneğinde elde edilen bulgularla uyumlu olarak Wang ve ark. (2008), 24 saatlik ıslatma işleminin bezelye çeşitlerindeki tripsin inhibitörü aktivitesini %3.2-19.3 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada 12 saat ıslatma işleminin yeşil bakla tohumlarında tripsin inhibitörü aktivitesini %5.6 oranında artırdığı rapor edilmiştir (Luo ve Xie, 2013). Tripsin inhibitörü aktivitesindeki azalma oranlarının değişiklik göstermesinin, tohum kabuğu geçirgenliğindeki farklılıktan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (El-Hady ve Habiba, 2003).

Kırmızı fasulye örneğine sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika uygulanan US işlemi (US-15C) sonucu tripsin inhibitörü aktivitesi değeri, işlem görmemiş (Kontrol) ve 12 saat ıslatmaya tabi tutulan örneklerin tripsin inhibitörü aktivitesi değerleri ile karşılaştırıldığında önemli bir değişim gözlenmemiştir (Çizelge 4.15). Siyah ve beyaz fasulye örneklerinde ise US-15C işleminin Kontrol'e göre tripsin inhibitörü aktivitesi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalma sağladığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Sıcaklık kontrollü koşulda uygulanan US işlem süresinin 30 dakikaya çıkarılmasıyla (US-30C) kırmızı ve siyah fasulye örneklerinde tripsin inhibitörü aktivitesi değerleri önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). US işlemin soya fasulyesi tripsin inhibitörleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, prosesin sıcaklık kontrolü yapılarak %65 genlikte 20 dakika uygulanması sonucunda Kunitz tripsin inhibitörlerinin %55 oranında inaktive edildiği rapor edilmiştir (Huang ve ark., 2008). Araştırmacılar US işleminin

disülfid bağlarının parçalanmasına sebep olarak ikincil yapılarda değişikliklere yol açtığı ve bunun da tripsin inhibitörü aktivitesini azalttığı belirtilmiştir.

US işlemi sırasında oluşan kavitasyon sebebiyle meydana gelen sıcaklık artışının kontrol altına alınmadığı proses koşullarında ise her üç fasulye örneğinde de tripsin inhibitörü aktivitesi değerleri hem Kontrol grubuna hem de ıslatma işlemi uygulanan örneklerle kıyasla azalmıştır. Hem US-15H hem de US-30H uygulaması ile tripsin inhibitörü aktivitesi değerlerinde tespit edilen azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Çalışılan örneklerin tripsin inhibitörü aktivitesi değerlerinde en belirgin düşüş US-30H koşulunda gerçekleşmiştir. US işleminin sıcaklık kontrolü olmadan 30 dakika süreyle uygulanması sonucunda tripsin inhibitörü aktivitesinin işlem görmemiş taneye göre kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede sırasıyla %24, %31 ve %36 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Sıcaklık artışının kontrol altına alınmadığı US işleminin, tripsin inhibitörü aktivitesini azaltmada daha etkili olması, US işlem etkisinin yanı sıra tripsin inhibitörü aktivitesine sahip bileşiklerin ısıya dayanıksız olması ve sıcaklık artışının tripsin inhibitörü inaktivasyonuna yol açması ile açıklanabilir. Ancak bu bileşiklerin termal inaktivasyonunun sıcaklığa, süreye ve ürünün partikül boyutuna da bağlı olduğu ifade edilmiştir (Lee ve ark., 2018). Kırmızı ve yeşil mercimek örneklerine %80 genlikte 2 saat süreyle US işleminin uygulanması ve kurutma işleminin 50°C’de etüvde yapılması sonucunda tripsin inhibitörü aktivitesinin sırasıyla %72 ve %66 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Yıldız, 2019). Araştırmacılar ıslatma işleminin aynı koşullarda konvansiyonel yöntemle yapılması sonucunda ise tripsin inhibitörü aktivitesi değerinin kırmızı ve yeşil mercimekte %58 ve %60 oranında azaldığı bildirilmiştir. Kuru (2019), US işleminin beyaz fasulye örneklerine 4 ve 8 saat uygulanması ile birlikte tripsin inhibitörü aktivitesinin işlem görmemiş örneğe göre sırasıyla %58 ve %65 oranında azaldığını rapor etmiştir. Aynı koşullarda uygulanan 4 ve 8 saat konvansiyonel ıslatma işlemi sonucunda ise bu oranların sırasıyla %39 ve %40 olduğu tespit edilmiştir. Tripsin inhibitörü aktivitesinin azaltılmasında, 4 ve 8 saat uygulanan ıslatma yöntemleri karşılaştırıldığında US işleminin konvansiyonel ıslatma yöntemine kıyasla daha etkili olduğu belirtilmiştir.

4.4.2. Saponin Miktarı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin saponin içeriği Çizelge 4.16.'da sunulmuştur.

Çizelge 4.16. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin saponin içerikleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	8.11±0.099 ^a	7.45±0.064 ^a	9.56±0.035 ^a
Islatma	6.10±0.035 ^d	5.99±0.053 ^c	8.74±0.156 ^c
US-15C	6.88±0.106 ^b	7.29±0.177 ^a	9.05±0.064 ^b
US-15H	6.30±0.106 ^c	6.64±0.103 ^b	8.78±0.134 ^c
US-30C	6.38±0.014 ^c	7.17±0.170 ^a	9.13±0.035 ^b
US-30H	4.63±0.035 ^e	4.64±0.064 ^d	7.19±0.064 ^d

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden mg/g olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

İşlem görmemiş kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede saponin içeriği sırasıyla; 8.11, 7.45 ve 9.56 mg/g kuru örnek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.16). Fenwick ve Oakenfull (1983) beyaz ve kırmızı fasulyedeki saponin miktarını sırasıyla; 4.5-21 mg/g ve 16 mg/g olarak rapor etmişlerdir. Shang (2016) beyaz fasulyedeki saponin miktarının 0.97–7.87 mg/g aralığında olduğunu bildirmiştir. Beyaz, siyah ve kırmızı fasulyedeki saponin içeriği Drumm ve ark. (1990) tarafından sırasıyla; 15.6, 15.1 ve 19.2 mg/g olarak rapor edilmiştir. Chima ve Fasuan (2020) yaptıkları çalışmada siyah fasulyedeki saponin miktarını %2.1 olarak bildirmişlerdir. Görüldüğü üzere saponin miktarı ile ilgili rapor edilen veriler geniş bir aralığı kapsamaktadır. İklim, mevsimsel değişiklikler, ışık, sıcaklık, nem ve toprak verimliliği gibi dış koşullar ile yetiştirme tekniklerinin saponin miktarını etkilediği bildirilmiştir (Szakiel ve ark., 2011).

Islatma işlemi sonucunda bütün örneklerde saponin içeriğinin Kontrol'e kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Adeleke ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada fasulye çeşitlerinin 12 saat ıslatılması sonucunda saponin miktarının %2–17 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise bakla örneklerinin 12 saat ıslatılması ile birlikte saponin içeriğinin %20–23 oranında azaldığı bildirilmiştir (Sharma ve Sehgal, 1992). Duhan ve ark. (2001), bezelye örneğine 12 saat ıslatma işlemi uygulanması sonucu saponin miktarının %13–16 oranında

azaldığını, bu azalmanın bileşiklerin difüzyon yoluyla suya geçişine bağlı olabileceğini belirtmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada, ıslatma işlemi uygulanan örneklerin saponin miktarının %9–25 oranında azaldığı tespit edilmiş olup, sonuçlar literatür ile uyum göstermiştir.

Sıcaklık artışı kontrol altına alınmadan 15 dakika süreyle uygulanan US işlemi (US–15H) sonucunda bütün fasulye örneklerinde saponin içeriği işlem görmemiş örneğe (Kontrol) göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). İşlem süresinin artışıyla birlikte (US–30H) fasulyelerdeki saponin miktarının hem Kontrol grubuna hem de ıslatma işlemi uygulanan örneklerle kıyasla önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). US–30H işlemi ile birlikte kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede saponin miktarı sırasıyla; %43, %38 ve %25 oranında azalmıştır. Kırmızı ve beyaz fasulye örneklerine sıcaklık kontrollü koşulda US işleminin 15 dakika uygulanması (US–15C) sonucu saponin içeriğinin işlem görmemiş taneye (Kontrol) kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Siyah fasulye örneğinde ise US–15C işlemi sonucunda saponin içeriğinde, Kontrol’e göre önemli bir değişim gözlenmemiştir. İşlem süresinin artırılmasıyla (US–30C) kırmızı fasulyede, US–15C prosesine göre önemli düzeyde azalma gözlenirken ($p<0.05$), siyah ve beyaz fasulye örneklerindeki değişim istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir. Uygulanan prosesler karşılaştırıldığında saponin miktarındaki en belirgin düşüş, US–30H koşulunda gerçekleşmiştir. Antibesinsel bileşiklerin ısıtma işlemleriyle azalmasının, bu moleküllerin termal bozulmasının yanı sıra kimyasal reaktivitelerindeki değişiklikler ya da çözünmez komplekslerin oluşumu ile açıklanabileceği belirtilmiştir (Alonso ve ark., 2000).

4.4.3. Kondanse Tanen Miktarı Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında kullanılan işlem görmemiş (Kontrol) beyaz fasulyede kondanse tanen tespit edilememiş ve bu sebeple değerlendirme dışında tutulmuştur. US işlemi uygulanmış kırmızı ve siyah fasulye örneklerine ait kondanse tanen miktarı Çizelge 4.17.’de gösterilmiştir. Kontrol grubu kırmızı ve siyah fasulye örneklerindeki kondanse tanen miktarı sırasıyla; 2.18 ve 0.71 mg kateşin/g olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.17. US işlemi uygulanan kırmızı ve siyah fasulye tanelerinin kondanse tanen değerleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye
Kontrol	2.18±0.006 ^a	0.71±0.021 ^a
Islatma	1.63±0.010 ^b	0.62±0.006 ^b
US-15C	1.53±0.015 ^c	0.54±0.010 ^c
US-15H	1.33±0.021 ^e	0.45±0.021 ^d
US-30C	1.46±0.020 ^d	0.47±0.012 ^d
US-30H	0.98±0.012 ^f	0.39±0.000 ^e

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden mg kateşin/g örnek olarak ifade edilmiştir.

2 *Kontrol*: İşlem görmemiş tane; *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Wang ve ark. (2010) kondanse tanen miktarını *kabuli* nohutta 0.04 mg/g, beyaz fasulyede 0.03 mg/g olarak bildirmişlerdir. Aynı çalışmada kondanse tanen miktarının renkli fasulye örneklerinde yüksek olduğu; beyaz renkli tohumlarda (beyaz fasulye, *desi* ve *kabuli* nohut) ise az olduğu belirtilmiştir. Madhujith ve ark. (2004) ve Deshpande ve ark. (1982) da beyaz renkli fasulye çeşitlerinde kondanse tanen tespit etmediklerini rapor etmişlerdir. Deshpande ve Cheryan (1985) yaptıkları çalışmada, kırmızı ve siyah fasulyedeki tanen miktarını sırasıyla 2.1 mg/g, 0.45 mg/g; Reddy ve ark. (1985) ise sırasıyla 1.053 mg/g, 0.337 mg/g olarak bildirmişlerdir. Kırmızı fasulyedeki tanen miktarı Yasmin ve ark. (2008) tarafından 6.1 mg/g; siyah fasulyedeki tanen miktarı ise Chima ve Fasuan (2020) tarafından %1 olarak rapor edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen araştırma bulguları, farklı tane renkli fasulyeler için literatürde verilen kondanse tanen değerlerini genel olarak desteklemektedir.

On iki saat ıslatma işlemi sonunda kırmızı ve siyah fasulyelerde tanen miktarında Kontrol'e kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p < 0.05$). Alonso ve ark. (2000), 12 saat ıslatılan bakla ve barbunyada tanen içeriğinin sırasıyla; %47.7 ve %24.2 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. El-Hady ve Habiba (2003) ise ıslatma işleminin bakla, bezelye, nohut ve barbunyadaki tanen miktarını %1-20 arasında azalttığını bildirmişlerdir. Sonuçlar değerlendirildiğinde ıslatma işlemi uygulanan fasulye tanelerinin kondanse tanen içeriğinin %13-25 oranında azaldığı tespit edilmiş olup (Çizelge 4.17) bu değerler literatür ile uyum göstermektedir. Kondanse tanen miktarındaki bu azalmanın, polifenol yapıdaki bileşiklerin suda çözünür formda olmasına

ve bu bileşiklerin ıslatma ortamına geçişine bağlı olabileceği belirtilmiştir (Luo ve Xie, 2013).

Siyah fasulye örneklerine uygulanan dört farklı koşuldaki US işlemi sonucunda kondanse tanen miktarında işlem görmemiş (Kontrol) ve 12 saat ıslatma uygulanan örneklerle kıyasla önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kırmızı fasulye örneklerinde uygulanan US-15H işlemi sonucunda kondanse tanen miktarı Kontrol'e göre önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). Sürenin artırılmasıyla birlikte (US-30H) hem Kontrol hem de 12 saat ıslatma uygulanan örneklerle kıyasla önemli düzeyde azalma olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu işlem (US-30H) sonunda kırmızı ve siyah fasulyede kondanse tanen miktarının sırasıyla %55 ve %45 oranında azaldığı saptanmıştır. Yadav ve ark. (2021) US işleminin %70 genlikte 20 dakika uygulanması sonucunda parmak darıdaki (finger millet) tanen miktarının yaklaşık %59 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Bu azalmanın sebebi, US işleminin kondanse tanenin suya geçişini teşvik etmesi olarak bildirilmiştir. US genlik ve süresinin artışıyla birlikte tanen miktarındaki azalmanın daha belirgin olduğu belirtilmiştir. US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika uygulanması (US-15C) sonucunda ise kırmızı ve siyah fasulyede kondanse tanen içeriğinin Kontrol'e göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır ($p<0.05$; Çizelge 4.17). İşlem süresinin artırılmasıyla (US-30C) birlikte kırmızı ve siyah fasulyede kondanse tanen miktarlarının sırasıyla %33 ve %34 oranlarında azaldığı gözlenmiştir. Sıcaklık kontrolü olmadan uygulanan işlemlerde kondanse tanen miktarında daha fazla azalma görülmesinin, yüksek sıcaklıklarda bileşiklerin suya daha hızlı difüzyonundan ya da moleküler bozulmadan kaynaklanabileceği rapor edilmiştir (Luo ve Xie, 2013).

4.4.4. Fitik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin fitik asit miktarı Çizelge 4.18.'de verilmiştir. İşlem görmemiş (Kontrol) kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerindeki fitik asit miktarı sırasıyla; 9.29, 10.49 ve 13.24 mg/g olarak tespit edilmiştir. Mohamed ve ark. (1986) tarafından yapılan çalışmada kırmızı, siyah ve beyaz fasulyedeki fitik asit miktarı sırasıyla; 10.07, 8.61 ve 11.39 mg/g olarak bildirilmiştir. Bir diğer çalışmada ise kırmızı, siyah ve beyaz fasulyedeki fitik asit miktarı sırasıyla; 15.64, 18.32 ve 18.74 mg/g olarak

rapor edilmiştir (Shi ve ark., 2018). Literatürdeki diğer çalışmalar incelendiğinde fitik asit içeriklerinin kırmızı fasulyede 9.47-11.18 mg/g (Khattap ve Arntfield, 2009; Lee ve ark., 2018); beyaz fasulyede ise 13.38-15.49 mg/g aralığında (Kuru, 2019; Bilgiçli, 2009; Nergiz, 2007) rapor edildiği görülmüştür. Fitik asit içeriğinde farklı bulgular elde edilmesinin çeşit, iklim ve sulama koşulları, konum, toprak türü ve bitkilerin yetiştirildiği yıla bağlı olduğu belirtilmiştir (Khattap ve Arntfield, 2009).

Çizelge 4.18. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin fitik asit içerikleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	9.29±0.007 ^a	10.49±0.113 ^a	13.24±0.057 ^a
Islatma	7.77±0.219 ^d	9.00±0.035 ^d	13.31±0.063 ^a
US-15C	8.71±0.028 ^b	10.12±0.071 ^b	12.58±0.042 ^b
US-15H	8.44±0.021 ^c	10.04±0.064 ^b	12.38±0.050 ^{cd}
US-30C	8.40±0.085 ^c	9.95±0.099 ^{bc}	12.43±0.014 ^c
US-30H	7.87±0.000 ^d	9.82±0.070 ^c	12.29±0.000 ^d

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden mg/g örnek olarak ifade edilmiştir.

2 *Kontrol*: İşlem görmemiş tane; *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Islatma işlemiyle birlikte kırmızı ve siyah fasulye örneklerinde Kontrol'e kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma gözlenirken ($p < 0.05$); beyaz fasulyedeki değişim anlamlı bulunmamıştır. El-Hady ve Habiba (2003) tarafından yapılan çalışmada ıslatma işleminin bakla, bezelye, nohut ve barbunyadaki fitik asit miktarını %2–9 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada ise 12 saat ıslatma işlemi ile nohut, fasulye ve soya fasulyesindeki fitik asit miktarının sırasıyla %27, %28 ve %39 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Kuru, 2019). Alonso ve ark. (2000), 12 saat ıslatma uygulaması sonucunda bakla ve barbunyada fitik asit içeriğinin sırasıyla %32.7 ve %15 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Islatma işlemi sırasında taneye su geçişiyle birlikte fitaz enziminin aktive olarak fitatları hidroliz edeceği ve dolayısıyla fitik asit kaybına neden olabileceği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra fitat iyonlarının suya difüzyonunun fitik asit miktarında azalmaya neden olduğu ve bu azalmanın ise tohum kabuğunun geçirgenliğine bağlı olarak farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Khokhar ve Chauhan, 1986).

US işleminin sıcaklık kontrolü olmadan 15 dakika uygulanması (US-15H) sonucunda bütün örneklerde fitik asit miktarının işlem görmemiş tanelere (Kontrol) göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı gözlenmiştir ($p < 0.05$; Çizelge 4.18). Sürenin

artırılmasıyla (US-30H) fitik asit miktarının Kontrol'e göre kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede sırasıyla; %15, %6 ve %7 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Sıcaklığın yükselmesi sonucu fitik asit miktarındaki azalmanın, 40-55 °C'deki fitaz aktivitesinin inositol hekzafosfatı, pentafofat veya daha düşük molekül ağırlığındaki formlarına parçalaması ve difüzyonun birleşik etkisine bağlı olabileceği belirtilmiştir (ElMaki ve ark., 2007; Sattar ve ark., 1989). Yadav ve ark. (2021) farklı süre, genlik ve su oranı kombinasyonlarını kullanarak yaptıkları US çalışmasında, parmak darıdaki (finger millet) fitik asit miktarının %26-72 oranında azaldığını bildirmişlerdir. US genliği ve ıslatma süresindeki artışla birlikte fitik asit miktarındaki azalmanın daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada yüksek US genliğinde sıcaklığın arttığı ve bu durumun fitatın parçalanmasını teşvik ettiği vurgulanmıştır.

Fasulye örneklerine sıcaklık kontrollü koşulda uygulanan US işlemlerinin (US-15C ve US-30C) sonucunda, fitik asit miktarında Kontrol'e göre önemli düzeyde azalma gözlenmiştir ($p < 0.05$; Çizelge 4.18). Aynı uygulama süreleri dikkate alındığında sıcaklık kontrolü yapılmayan örneklerde, sıcaklığın artışıyla birlikte US işleminin daha etkili olduğu gözlenmiştir. Mohammedi ve ark. (2021) US işlemi ile birlikte pirinç kepeğindeki fitik asit miktarının %32 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. US işleminin, aynı sıcaklık ve sürede (25 °C, 1 saat) uygulanan geleneksel ıslatma yöntemine kıyasla fitik asit içeriğini %7 oranında azalttığı bildirilmiştir. Kavitasyonun etkisiyle dış katmanın parçalandığı, yüzey alanının ve fitik asidin çözücüye ekstraksiyon hızının arttığı belirtilmiştir. Kaya ve ark. (2017) 100-460 W güçte 1.5-3.5 saat US uygulamasının, baklagil kepeklerindeki fitik asit içeriğine etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığını bildirmişlerdir. Yıldız (2019) yaptığı çalışmada, %80 genlikte 2 saat US işlemi uygulanan ve etüvde 50 °C'de kurutulan kırmızı ve yeşil mercimek örneklerinin fitik asit miktarının sırasıyla %18 ve %30 oranında azaldığını tespit etmiştir. Sürenin 4 saate çıkarılması ile fitik asit içeriği oransal olarak azalsa da bu değişimin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise beyaz fasulye örneklerine, 4 saat konvansiyonel ıslatma ve US işlemlerinin uygulanması sonucunda fitik asit miktarının sırasıyla; %2 ve %17 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Fakat ıslatma yönteminin fitik asit miktarı üzerinde istatistiksel olarak etkili olmadığı belirtilmiştir (Kuru, 2019).

4.5. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.5.1. Su Bağlama Kapasitesi ve Suda Çözünürlük Üzerine Etkisi

Su bağlama kapasitesi bir örneğin suyu absorbe etme, tutma ve daha sonra da santrifüjleme sırasında suyu serbest bırakmaya karşı direncini ifade eder. Bu davranış, nişasta özellikleriyle ve özellikle nişasta granüllerindeki amorf ve kristalin alanlar ile bunlar arasındaki etkileşimlerle ilgilidir (Haraysm ve ark., 2020). US işlemi uygulanan fasulye örneklerinin su bağlama kapasitesi değerleri Çizelge 4.19.'da sunulmuştur.

İşlem görmemiş kırmızı, siyah ve beyaz fasulye tanelerinin su bağlama kapasitesi değerleri sırasıyla; %218.40, %179.86 ve %182.82 olarak tespit edilmiştir. Islatma işlemi sonucunda her üç fasulyede de su bağlama kapasitesinin işlem görmemiş tanelere (Kontrol) kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Islatma işlemi uygulanan örneklerde su bağlama kapasitesinin Kontrol'e kıyasla kırmızı ve siyah fasulyede %4, beyaz fasulyede ise %11 oranında arttığı gözlenmiştir. Setia ve ark. (2019) bir gece ıslatma sonucunda bezelye ve baklanın su bağlama kapasitesinin sırasıyla; %8 ve %9 oranında arttığını rapor etmişlerdir. İşlem görmemiş tanelerde nişasta granülleri protein ve besinsel lif matrisine sıkı bir şekilde gömülüdür. Islatma işlemi ile birlikte nişastanın şişmesini sınırlandırdığı bilinen protein ve besinsel lif matrisinin yapısı açılır ve bazı nişasta granülleri matristen serbest kalır. Islatma sırasında tohumlar suyu absorbe edip şişerek fiziksel olarak matris yapısının bozulmasına sebep olur. Ancak kurutmadan sonra matrisin eski sıkı yapısı geri kazanılamaz. Bu fiziksel değişimin su ile bağlanmak üzere hidrofilik kısımları açığa çıkardığı ve su bağlama kapasitesinin bu sebeple arttığı rapor edilmiştir (Setia ve ark., 2019). Literatürdeki diğer çalışmalar incelendiğinde su bağlama kapasitesinin, 16 saat ıslatma sonucunda nohutta %4.76, mercimekte %9.38; 12 saat ıslatma sonucunda ise baklada %11.8 oranında arttığı bildirilmiştir (Aguilera ve ark., 2009; Kumar ve ark., 2021).

Çizelge 4.19. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin su bağlama kapasitesi değerleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	218.40±4.511 ^b	179.86±2.737 ^d	182.82±0.757 ^c
Islatma	228.84±3.125 ^a	188.05±4.462 ^c	205.60±1.987 ^a
US-15C	235.71±3.012 ^a	196.07±0.240 ^b	208.52±2.100 ^a
US-15H	217.50±0.148 ^b	196.95±2.616 ^b	200.69±1.994 ^b
US-30C	235.85±0.629 ^a	201.93±2.673 ^b	207.50±2.673 ^a
US-30H	231.05±2.277 ^a	227.13±4.229 ^a	196.49±0.686 ^b

1 Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika süreyle uygulanması (US-15C) sonucunda su bağlama kapasitesinin, her üç fasulye örneğinde de Kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Su bağlama kapasitesinin artışının, US işleminden kaynaklanan kesme kuvveti sebebiyle nişasta granüllerinin parçalanmasıyla birlikte granüllerin su alma ve su bağlama kapasitesinin artışından kaynaklandığı rapor edilmiştir (Yadav, 2021). İşlem süresinin 30 dakikaya çıkarılmasıyla (US-30C) birlikte su bağlama kapasitesindeki değişim US-15C örneğine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir. US-15H uygulaması ile birlikte kırmızı fasulyenin su bağlama kapasitesindeki değişim Kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde değilken; siyah ve beyaz fasulye örneklerindeki artış önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Uygulama süresinin 30 dakikaya çıkarılması (US-30H) sonucunda kırmızı ve siyah fasulye örneklerindeki su bağlama kapasitesinin US-15H örneğine göre istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Sıcaklığın etkisiyle birlikte polar yan zincirlerin açığa çıkması, daha fazla su bağlanmasına sebep olan protein yapısının açılması ve protein denatürasyonundan dolayı su bağlama kapasitesinde artış olabileceği rapor edilmiştir (Aguilera, 2009). Bunlara ek olarak nişasta jelatinizasyonu ve ısıtma sırasında besinsel liflerin şişmesinin de su bağlama kapasitesinin artışına katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Ma, 2011). Kaya ve ark. (2017) 1.5-3.5 saat US uygulamasının, farklı baklagil kepeklerinde su bağlama kapasitesini %3-18 oranında artırdığını bildirmişlerdir.

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin suda çözünürlük değerleri Çizelge 4.20.'de gösterilmiştir. İşlem görmemiş (Kontrol) kırmızı, siyah ve beyaz fasulyedeki suda çözünürlük değerleri sırasıyla; %17.53, %20.83 ve %26.94 olarak tespit edilmiştir.

Islatma işlemi sonucunda kırmızı ve siyah fasulyede suda çözünürlük değerlerinin Kontrol'e göre azaldığı ($p<0.05$), beyaz fasulyedeki değişimin ise istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin suda çözünürlük değerleri^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	17.53±0.049 ^a	20.83±0.014 ^a	26.94±0.297 ^a
Islatma	16.86±0.057 ^c	17.91±0.156 ^c	26.60±0.290 ^a
US-15C	17.43±0.042 ^a	19.29±0.042 ^b	24.61±0.092 ^b
US-15H	17.01±0.120 ^{bc}	17.90±0.106 ^c	23.75±0.036 ^c
US-30C	17.05±0.078 ^b	19.29±0.148 ^b	24.54±0.269 ^b
US-30H	13.67±0.021 ^d	13.12±0.021 ^d	19.72±0.007 ^d

1 Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Sıcaklık artışı kontrol altına alınarak 15 dakika uygulanan US işlemi (US-15C) ile birlikte siyah ve beyaz fasulyelerin suda çözünürlük değerlerinin Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). US işleminin sıcaklık kontrollü koşulda 30 dakika uygulanması (US-30C) sonucunda kırmızı fasulyenin suda çözünürlük değerinin US-15C örneğine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Fakat siyah ve beyaz fasulye örneklerindeki değişim, US-15C işlemi uygulanan örneklerle kıyasla istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sıcaklık artışının kontrol altına alınmadığı koşulda 15 dakika süreyle uygulanan US işlemi (US-15H) sonucunda fasulyelerin suda çözünürlük değerlerinin Kontrol'e göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). İşlem süresinin 30 dakikaya çıkarılmasıyla (US-30H) birlikte fasulye örneklerinin çözünürlük değerleri Kontrol ve ıslatma işlemi dâhil US işlemi uygulanan tüm örneklerle göre önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). Yadav (2021) yaptığı çalışmada US genliğinin %50 ve üzerine yükseltilmesiyle suda çözünürlük değerlerinin azaldığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu azalmanın nişastanın daha yüksek genlikte daha fazla mekanik hasara uğraması, sonuç olarak örnekteki bazı amiloz ve amilopektin moleküllerinin çözünerek suya geçişinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

4.6. Ultrasonikasyonun (US) Fasulyelerin Besinsel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.6.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin toplam fenolik madde miktarı Çizelge 4.21.'de verilmiştir. İşlem görmemiş (Kontrol) kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerindeki toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 6.92, 3.10 ve 0.69 mg GA/g kuru örnek olarak tespit edilmiştir. Padhi ve ark. (2017) toplam fenolik madde miktarını kırmızı fasulyede 3.11 mg GA/g kuru örnek, siyah fasulyede ise 4.33 mg GA/g kuru örnek olarak bildirmişlerdir. Kırmızı, siyah ve beyaz fasulyelerdeki toplam fenolik madde miktarını Carbas ve ark. (2020) sırasıyla 2.70-4.59, 2.21-2.25 ve 0.11-2.13 mg GA/g aralığında rapor etmişlerdir. Siyah ve beyaz fasulyenin toplam fenolik madde miktarının literatürdeki verilerle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Fakat kırmızı fasulyede fenolik madde miktarının rapor edilen değerlerin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Carbas ve ark. (2020) farklı çeşitlerin fenolik madde miktarının, genetik faktörlere, iklim koşullarına ve çeşitler arasındaki kabuk rengi farklılıklarına bağlı olarak değişiklik gösterebileceğini belirtmişlerdir.

Islatma işlemi sonucunda toplam fenolik madde miktarının kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede Kontrol'e göre sırasıyla %53.8, %49.7 ve %8.7 oranında azaldığı tespit edilmiş olup, bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Yasmin ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada 9 saatlik ıslatma işleminin kırmızı fasulyedeki toplam fenolik madde miktarını %12.8 oranında azalttığını rapor etmişlerdir. Xu ve Chang (2008) siyah fasulyenin 16 saat ıslatılmasıyla birlikte toplam fenolik madde miktarının %52.3 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmada uzun ıslatma sürelerinde tohum kabuğundaki bazı polifenollerin (tanen) hidrolize olduğu ve ıslatma suyuna geçtiği vurgulanmıştır. Martín-Cabrejas ve ark. (2009) 16 saat ıslatma sonunda fasulye ve mercimekte toplam fenolik madde miktarının sırasıyla; %12 ve %76 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Mercimek örneğinin fenolik madde miktarındaki bu azalmanın, tohum kabuğunda bulunan fenollerin ıslatma sırasında suya geçişinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Farklı baklagil çeşitlerinin (mercimek, nohut, maş fasulyesi) 12 saat ıslatılmasıyla birlikte toplam fenolik madde miktarının %19.5-33.0 oranında azaldığı bildirilmiştir (Khandelwal ve ark., 2010). Bu azalmanın fenolik bileşiklerin suya geçişinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Ek

olarak ıslatma sırasında polifenol oksidaz enziminin aktive olabileceği, bunun da moleküler bozulmaya ve polifenol kayıplarına sebep olabileceği vurgulanmıştır. Bununla birlikte toplam fenolik madde miktarındaki azalma düzeyinin hem baklagiller hem de çeşitler arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir (Khandelwal ve ark., 2010). Başka bir çalışmada ise ıslatmanın genellikle bağlı polifenollerin çözünmesine ve hücre dokularının yumuşamasına sebep olarak fenolik bileşiklerin suya geçişini teşvik ettiği belirtilmiştir (Boateng ve ark., 2008).

Çizelge 4.20. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin toplam fenolik madde miktarı^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	6.92±0.064 ^a	3.10±0.021 ^a	0.69±0.014 ^a
Islatma	3.20±0.007 ^e	1.56±0.007 ^d	0.63±0.014 ^b
US-15C	5.20±0.014 ^c	1.85±0.021 ^b	0.70±0.014 ^a
US-15H	4.05±0.042 ^d	1.38±0.014 ^e	0.61±0.014 ^b
US-30C	5.34±0.021 ^b	1.71±0.021 ^c	0.64±0.014 ^b
US-30H	1.75±0.014 ^f	1.02±0.014 ^f	0.55±0.000 ^c

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden mg GA/g örnek olarak ifade edilmiştir.

2 *Kontrol*: İşlem görmemiş tane; *Islatma*: 12 saat geleneksel ıslatma; *US*: Ultrasonikasyon işlemi; *15-30*: süre (dakika); *H*: Sıcaklık kontrolsüz koşul; *C*: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Kırmızı ve siyah fasulyede sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika US işlemine tabi tutulan (US-15C) örneklerin toplam fenolik madde miktarının Kontrol'e göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Beyaz fasulye örneklerindeki değişim ise önemli bulunmamıştır. İşlem süresi 30 dakikaya yükseltildiğinde (US-30C) kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerinde toplam fenolik madde miktarının Kontrol grubuna kıyasla sırasıyla %22.8, %44.8 ve %7.2 oranında azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Yadav ve ark. (2021) parmak darı (finger millet) örneklerine 20 dakika US işlemi uygulanması sonucunda toplam fenolik madde miktarının yaklaşık %15 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Harasym ve ark. (2020) ise yaptıkları çalışmada 15 dakika uygulanan US işlemi sonucunda karabuğdaydaki toplam fenolik madde içeriğinin %5 oranında azaldığını rapor etmişlerdir.

US-15H uygulaması sonucunda kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerinde toplam fenolik madde miktarının Kontrol'e kıyasla önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). İşlem süresinin artışıyla (US-30H) birlikte farklı tane renkli fasulyelerin fenolik madde miktarının hem Kontrol hem de ıslatma işlemi uygulanan

örneklere göre önemli düzeyde azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Sıcaklığın yükselmesiyle birlikte fenolik bileşiklerdeki bu kayıpların, ıslatma suyuna geçen çözünür fenoliklerin yanı sıra işlem sırasında fenolik bileşiklerin parçalanmasına bağlı olabileceği rapor edilmiştir (Xu ve ark., 2009).

4.6.2. Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin kuru madde üzerinden antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.22.'de sunulmuştur. İşlem görmemiş (Kontrol) kırmızı, siyah ve beyaz fasulyedeki antioksidan aktivite içeriği sırasıyla 44.08, 22.78 ve 2.38 $\mu\text{mol TE/g}$ örnek olarak tespit edilmiştir. Carbas ve ark. (2020) kırmızı, siyah ve beyaz fasulyedeki antioksidan aktivite içeriğini sırasıyla 11.75-18.31, 9.37-10.47ve 2.14-5.06 $\mu\text{mol TE/g}$ örnek olarak rapor etmişlerdir. Siyah ve kırmızı fasulyenin antioksidan aktivitesi sırasıyla 19.23 ve 19.36 $\mu\text{mol TE/g}$ örnek olarak bildirilmiştir (Xu ve Chang, 2007). Literatür incelendiğinde rapor edilen verilerin, çalışma kapsamında kullanılan siyah ve beyaz fasulyenin aktioksidan aktivitesi değerlerini destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak kırmızı fasulyenin antioksidan aktivitesi bildirilen değerlere kıyasla yüksek bulunmuştur. Bu farklılığa sebep olan faktörler; çeşit, ürünün yetiştirildiği coğrafya, ekstraksiyonda kullanılan çözücü ve antioksidan analiz yöntemindeki farklılıklar olarak bildirilmiştir (Kan ve ark., 2017).

Islatma işlemi sonucunda kırmızı ve siyah fasulyenin antioksidan aktivite değerlerinin işlem görmemiş tanelere kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$; Çizelge 4.22). Bu işlem ile birlikte antioksidan aktivitesinin kırmızı ve siyah fasulyede sırasıyla %53.7 ve %62.6 oranında azaldığı gözlenmiştir. Xu ve Chang (2008) yaptıkları çalışmada 4-16 saat ıslatma işleminin siyah fasulyedeki antioksidan aktiviteyi %6-8 oranında azalttığını rapor etmişlerdir. Farklı baklagillerin 24 saat ıslatılması sonucunda antioksidan aktivitenin %1-17 oranında azaldığı bildirilmiştir (Lafarga ve ark., 2019). Aguilera ve ark. (2010) mercimeğin 16 saat ıslatılması ile birlikte antioksidan aktivitenin %74 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Bu azalmanın fenolik bileşenlerin suya geçişine bağlı olabileceği belirtilmiştir. Literatür incelendiğinde ıslatmanın antioksidan aktivite üzerine etkisiyle ilgili bildirilen verilerin geniş bir aralığı kapsadığı görülmektedir.

Çizelge 4.21. US işlemi uygulanan fasulye tanelerinin antioksidan aktivite içeriği^{1,2,3}

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol	44.08±0.895 ^a	22.78±0.200 ^a	2.38±0.063 ^a
Islatma	20.40±0.619 ^d	8.51±0.153 ^e	2.31±0.068 ^a
US-15C	34.42±0.373 ^b	19.75±0.327 ^b	2.21±0.189 ^a
US-15H	29.11±1.165 ^c	12.95±0.389 ^d	1.90±0.026 ^{bc}
US-30C	35.27±0.184 ^b	16.51±0.147 ^c	1.98±0.088 ^b
US-30H	11.07±0.068 ^e	7.50±0.291 ^f	1.76±0.064 ^c

1 Sonuçlar kuru maddede üzerinden µmol TE/g örnek olarak ifade edilmiştir.

2 Kontrol: İşlem görmemiş tane; Islatma: 12 saat geleneksel ıslatma; US: Ultrasonikasyon işlemi; 15-30: süre (dakika); H: Sıcaklık kontrolsüz koşul; C: Sıcaklık kontrollü koşul.

3 Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Sıcaklık kontrollü koşulda 15 dakika uygulanan US işlemi (US-15C) sonucunda kırmızı ve siyah fasulyenin antioksidan aktivite değerleri Kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalırken ($p < 0.05$), beyaz fasulyedeki değişim önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.22). US işlem süresinin 30 dakikaya yükseltilmesiyle (US-30C) birlikte siyah ve beyaz fasulyenin antioksidan aktivitesi US-15C örneğine göre önemli düzeyde azalmıştır ($p < 0.05$). US-15H uygulamasıyla birlikte farklı tane renkli fasulyelerin antioksidan aktivite değerlerinin Kontrol'e kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Sürenin 30 dakikaya çıkarılması (US-30H) sonucunda farklı tane renkli fasulyelerin antioksidan aktivite değerleri hem Kontrol grubuna hem de ıslatma işlemine tabi tutulmuş örneklerle kıyasla önemli düzeyde azalmıştır ($p < 0.05$). Harasym ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada karabuğday örneklerine 15 dakika US işlemi uygulanması sonucunda antioksidan aktivitenin %47 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu azalmanın sebebini, antioksidan bileşiklerin ıslatma sırasında suya geçişi olarak açıklamışlardır.

Antioksidan aktivitenin azalması genel olarak suda çözünür antioksidan bileşiklerin ıslatma suyuna geçişi ve US işlemi sırasında meydana gelen kavitasyonun sebep olduğu sıcaklık artışı etkisinden kaynaklanmaktadır. Isıl işlem uygulanmış fasulyelerde antioksidan özelliklerindeki değişikliklerin, suda çözünür antioksidanların suya geçişi ve antioksidanların parçalanmasıyla ilgili olabileceği rapor edilmiştir (Xu ve Chang, 2008). Xu ve Chang (2009) fasulyelerde bulunan fenolik bileşikler ve dolayısıyla antioksidan aktivitedeki en büyük kaybın ısı sebebiyle olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu kaybın fasulyenin çeşidine ve işleme koşullarına bağlı olduğunu; farklı fenolik içeriklerin antioksidan aktiviteye farklı derecelerde katkıda bulunabileceğini vurgulamışlardır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada, kırmızı, siyah ve beyaz fasulye örneklerine 12 saat geleneksel ıslatma, 15 ve 30 dakika %80 genlikte US işlemleri uygulanmıştır. Uygulamalardan sonra kurutulan örneklerin fiziksel, besinsel ve antibesinsel özellikleri incelenmiştir.

Islatma işlemi sonucunda siyah fasulyenin kuru maddedeki protein miktarında %1 oranında artış gözlenirken, kırmızı ve beyaz fasulyedeki değişim önemli düzeyde bulunmamıştır. US-30H işlemi ile kırmızı ve siyah fasulyede kuru maddedeki protein miktarının %5 ve %6 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu işlemin beyaz fasulyenin protein miktarı üzerinde etkili olmadığı gözlenmiştir. Islatma işlemiyle kırmızı ve beyaz fasulyenin kuru maddedeki ham yağ miktarında sırasıyla %24 ve %20 oranında azalma meydana geldiği; siyah fasulyede ise önemli düzeyde bir değişim olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle sıcaklığın kontrol altına alınmadığı koşullarda kuru maddedeki ham yağ miktarının genel olarak azaldığı gözlenmiştir. Islatma işlemiyle kırmızı, siyah ve beyaz fasulyenin kuru maddedeki kül miktarının sırasıyla; %15, %33 ve %6 oranında azaldığı gözlenmiştir. Siyah fasulye örneklerinde ıslatma işlemi sonucunda kül miktarındaki azalma US uygulamalarına kıyasla daha belirgindir. US işlem süresi ve sıcaklığın artışı kül miktarının azalmasında etkili bulunmuştur.

Fasulye tanelerine 12 saat ıslatma işlemi uygulanması sonucunda, bu uzun ıslatma süresine bağlı olarak su absorpsiyonunun diğer uygulamalara (US) kıyasla önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada, su absorpsiyonuna benzer şekilde hacim artışında en etkili yöntemin 12 saat ıslatma işlemi olduğu belirlenmiştir. Kırmızı ve beyaz fasulyede US-30H işleminin diğer uygulamalara kıyasla suya geçen madde miktarını artırdığı gözlenmiştir. Diğer taraftan siyah fasulyede en yüksek suya geçen madde miktarı 12 saat ıslatma işlemi ile elde edilmiştir. Her üç fasulye örneğinde de sertlik değerinin azaltılmasında en etkili yöntemin US-30H işlemi olduğu saptanmıştır. Islatma işlemine tabi tutulan kırmızı ve beyaz fasulyenin L^* değerinin Kontrol ile karşılaştırıldığında arttığı, siyah fasulyede ise azaldığı tespit edilmiştir. Gerek ıslatma işlemi gerekse US işlemlerinin fasulye tanelerinin a^* değeri üzerine genel olarak bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Islatma işlemi sonrasında ıslatma suyuna ait L^* değeri saf suya kıyasla kırmızı fasulyede artış gösterirken siyah fasulyede azalmıştır. US-30H işlemi sonrası L^* değeri saf suya göre daha koyu renkte görünen siyah fasulye ıslatma suyunda azalırken, beyaz fasulyede artmıştır. Genel olarak hem ıslatma hem de US işlemiyle özellikle kırmızı ve

siyah fasulye ıslatma suyunda saf suya göre a^* ve b^* renk değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Beyaz fasulyenin 12 saat ıslatılması dışındaki bütün uygulamalar sonucunda tripsin inhibitörü aktivitesinin işlem görmemiş tanelere kıyasla önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Genel olarak US uygulamalarının tripsin inhibitörü aktivitesini azaltmada ıslatma işlemine kıyasla daha etkili olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda en etkili yöntemin US-30H olduğu görülmüştür. Bu işlem sonucunda tripsin inhibitörü aktivitesinin, işlem görmemiş taneye göre kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede sırasıyla %24, %31 ve %36 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Uygulanan bütün işlemlerin fasulyelerdeki saponin miktarının azaltılmasında etkili olduğu gözlenmiştir. Islatma işlemi sonunda kırmızı, siyah ve beyaz fasulyelerdeki saponin miktarının, işlem görmemiş taneye kıyasla sırasıyla %25, %20 ve %9 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Farklı tane renkli fasulyelerde en düşük saponin içeriği, sıcaklık artışının kontrol altına alınmadığı koşulda US işleminin 30 dakika süreyle uygulanması (US-30H) sonucu elde edilen örneklerde saptanmıştır. Bu işlem ile birlikte kırmızı, siyah ve beyaz fasulyedeki saponin miktarının sırasıyla %43, %38 ve %25 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmada işlem görmemiş beyaz fasulyede kondanse tanen belirlenememiştir. Kırmızı ve siyah fasulye örneklerinde kondanse tanen miktarının azaltılmasında US uygulamalarının geleneksel ıslatma yöntemine kıyasla daha etkili olduğu gözlenmiştir. US uygulamaları sonucunda kırmızı fasulyedeki kondanse tanen miktarının işlem görmemiş tanelere kıyasla %30-55 arasında, siyah fasulyede ise %24-45 oranında azaldığı tespit edilmiştir. US işleminin sıcaklık kontrolü olmadan 30 dakika süreyle uygulanmasının (US-30H) hem kırmızı hem de siyah fasulye örneklerinde kondanse tanen miktarının azaltılmasında en etkili yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Beyaz fasulye örneklerinde fitik asit içeriğinin azaltılmasında uygulanan tüm US işlemlerinin geleneksel ıslatma yöntemine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Beyaz fasulyede en düşük fitik asit içeriği, US-30H işlemi sonucunda tespit edilmiştir. Kırmızı fasulye örneklerinde US-30H uygulaması ile geleneksel ıslatma yöntemlerinin fitik asit miktarının azaltılmasında istatistiksel olarak benzer etkiye sahip olduğu, siyah fasulye örneklerinde ise fitik asit içeriğinin azaltılmasında en etkili yöntemin geleneksel ıslatma olduğu tespit edilmiştir.

Kırmızı fasulyenin su bağlama kapasitesinde en belirgin artış, US-15C ve US-30C işlemlerinde olmuştur. Siyah fasulyede US uygulamaları su bağlama kapasitesinin artışında ıslatma işlemine göre daha etkili bulunmuştur. Çözünen bileşiklerin ıslatma suyuyla birlikte uzaklaştırılmasına bağlı olarak ıslatma ve US işlemleri sonucunda suda çözünürlük değerleri genel olarak azalmıştır.

Islatma işlemi sonucunda toplam fenolik madde miktarının kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede Kontrol'e göre sırasıyla %53.8, %49.7 ve %8.7 oranında azaldığı tespit edilmiştir. US-30C uygulaması ile birlikte kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede toplam fenolik madde miktarının sırasıyla %22.8, %44.8 ve %7.2 oranında azaldığı gözlenmiştir. Farklı tane renkli fasulyelerin fenolik madde içeriğindeki en belirgin azalma US-30H işlemi sonucunda meydana gelmiştir (~%20-75). On iki saat ıslatma işlemiyle antioksidan aktivitenin kırmızı ve siyah fasulyede sırasıyla %53.7 ve %62.6 oranında azaldığı tespit edilmiştir. En belirgin azalma toplam fenolik madde miktarına benzer şekilde US-30H uygulaması sonucunda meydana gelmiştir (~%26-75). US-30C işlemiyle birlikte antioksidan aktivitenin kırmızı, siyah ve beyaz fasulyede sırasıyla %20.0, %27.5 ve %16.8 oranında azaldığı gözlenmiştir.

Çalışmada elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, ultrasonikasyon işleminin daha kısa süre ve daha az iş gücü ile tanelerin su bağlama kapasitesinin geliştirilmesinde ve pişirme işlemi için önemli bir parametre olan sertliğin azaltılmasında geleneksel ıslatmaya kıyasla daha etkili olduğu açıkça ortaya konmuştur. Buna ek olarak, özellikle US-30H uygulamasının gerek antibesinsel bileşikler üzerine etkisi gerekse fonksiyonel ve tekstürel özelliklerin iyileştirilmesinde geleneksel ıslatmaya iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AACCI, 1990. **American Association of Cereal Chemists, Approved methods of the AACCI**, 8th Edition, Method No: 44-15A. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN.
- AACCI, 2000. **American Association of Cereal Chemists International, Approved methods of analysis**, 11th ed. Methods No: 08.01, 46.13, 30.25. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN.
- AACCI, 2009. **American Association of Cereal Chemists International, Approved methods of analysis**, 11th ed. Method 22-40.01. Measurement of trypsin inhibitor activity of soy products Spectrophotometric method. First approval November 7, 1973; Reapproved November 3, 1999. St. Paul, MN.
- AOAC, 2000. Association of Official analytical Chemists. Cereal Foods. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. AOAC Method 986.11. 17th ed. 32: 57-58.
- Adegunwa, M., Adebawale, A., Bakare, H., Kalejaiye, K., 2014. Effects of treatments on the antinutritional factors and functional properties of bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*) Flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, 38: 1875–1881.
- Adeleke, O.R., Adiamo, O.Q., Fawale, O.S., Olamiti, G., 2017. Effect of Soaking and Boiling on Anti-nutritional Factors, Oligosaccharide Contents and Protein Digestibility of Newly Developed Bambara Groundnut Cultivars. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, 5(9):1006-1014.
- Aguilera, Y., Esteban, R. M., Benitez, V., Molla, E., Martin-Cabrejas, M.A., 2009. Starch, functional properties and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 57: 10682–10688.
- Aguilera, Y., Dueñas, M., Estrella, I., Hernández, T., Benitez, V., Esteban, R.M., Martin-Cabrejas, M.A., 2010. Evaluation of phenolic profile and antioxidant properties of Pardina lentil as affected by industrial dehydration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58(18): 10101–10108.
- Agume, A.S.N., Njintang, N.Y., Mbofung, C.M.F., 2017. Effect of soaking and roasting on the physicochemical and pasting properties of soybean flour. **Foods**, 6: 1-10.
- Alajaji, S.A., El-Adawy, T.A., 2006. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, 19: 806–812.
- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo, F., 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, 68: 159-165.
- Aviles-Gaxiola, S., Chuck-Hernandez, C., Saldivar, S.O., 2017. Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: A review. **Journal of Food Science**, 83: 17–29.
- Banti, M., Bajo, W., 2020. Review on Nutritional Importance and Anti-nutritional Factors of Legumes. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, 9(6): 138-149.
- Barampama, Z., Simard, R.E., 1995. Effect of soaking, cooking and fermentation on composition, in vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Food for Human Nutrition**, 48: 349–365.

- Bayram, M., Kaya, A., Öner, M.D., 2004a. Changes in properties of soaking water during production of soy-bulgar. **Journal of Food Engineering**, 61: 221-230.
- Bayram, M., Öner, M.D., Kaya, A., 2004b. Influence of soaking on the dimensions and colour of soybean for bulgar production. **Journal of Food Engineering**, 61: 331-339.
- Bilgiçli, N., 2009. Effects of cooking and drying processes on physical, chemical and sensory properties of legume based bulgar. **Journal of Food Processing and Preservation**, 33: 590–604.
- Boateng, J., Verghese, M., Walker, L.T., Ogutu, S., 2008. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). **LWT Food Science and Technology**, 41: 1541–1547.
- Bubelova, Z., Sumczynski, D., Salek, R.N., 2018. Effect of cooking and germination on antioxidant activity, total polyphenols and flavonoids, fiber content, and digestibility of lentils (*Lens culinaris* L.). **Journal of Food Processing and Preservation**, 42: 1-7.
- Carbas, B., Machado, N., Oppolzer, D., Ferreira, L., Queiroz, M., Brites, C., Rosa, E.A., Barros, A.I., 2020. Nutrientes, Antinutrientes, Phenolic Composition, and Antioxidant Activity of Common Bean Cultivars and their Potential for Food Applications. **Antioxidants**, 9: 186.
- Cengiz, B., 2007. Sakarya ve Eskişehir Lokasyonlarında Yetiştirilen Bazı Kuru Fasulye Çeşitlerinin Kalite Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gıda Mühendisliği, **Namık Kemal Üniversitesi**, Tekirdağ.
- Chávez-Mendoza, C., Hernández-Figueroa, K.I., Sánchez, E., 2019. Antioxidant capacity and phytonutrient content in the seed coat and cotyledon of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from various regions in Mexico. **Antioxidants**, 8: 5.
- Chemat, F., Huma, Z., Khan, M.K., 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, 18: 813–835.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.S., Abert-Vian, M., 2017. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, 34: 540–560.
- Chiang, P.Y., Yeh, A.I., 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. **Journal of Cereal Science**, 35: 85–94.
- Chima, J.U., Fasuan, T.O., 2020. Antioxidants, nutritional, antinutrients and functional characteristics of black turtle bean (*Phaseolus vulgaris*): synergistic and antagonistic interrelationship of epigeal germination periods. **Nutrition & Food Science**, 0034-6659.
- Costa, R., Fusco, F., Gandara, J.F., 2018. Mass transfer dynamics in soaking of chickpea. **Journal of Food Engineering**, 227: 42–50.
- Cui, L., Pan, Z., Yue, T., Atungulu, G.G., Berrios, J., 2010. Effect of ultrasonic treatment of brown rice at different temperatures on cooking properties and quality. **Cereal Chemistry Journal**, 87(5): 403–408.
- Danahaliloğlu, H., 2014. Hatay Bölgesinde Yetişen Çeşitli *Verbascum* Türlerinin Bazı Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kimya Anabilim Dalı, **Mustafa Kemal Üniversitesi**, Hatay.
- Dang, L.T.K., Therdthai, N., Ratphitagsanti, W., 2019. Effects of ultrasonic and enzymatic treatment on physical and chemical properties of brown rice. **Journal of Food Process Engineering**, 42: 1-7.

- Desalegn, B.B., 2015. Effect of soaking and germination on proximate composition, mineral bioavailability and functional properties of chickpea flour. **Food and Public Health**, 5(4): 108–113.
- Deshpande, S.S., Sathe, S.K., Salunkhe, D.K., Cornforth, D.P., 1982. Effects of Dehulling on Phytic Acid, Polyphenols, and Enzyme Inhibitors of Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, 47: 1846-1850.
- Deshpande, S.S., Cheryan, M., 1985. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. **Journal of Food Science**, 50: 905-910.
- Devkota, L., He, L., Midgley, J., Haritos, V.S., 2022. Effect of seed coat microstructure and lipid composition on the hydration behavior and kinetics of two red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. **Journal of Food Science**, 87: 528–542.
- Drumm, T.D., Gray, J.I., Hosfieldb, G.L., 1990. Variability in the Saccharide, Protein, Phenolic Acid and Saponin Contents of Four Market Classes of Edible Dry Beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 51: 285-297.
- D'souza, M.R., 2013. Effect of Traditional processing method on nutritional quality of field bean. **Advance Bioresource**, 4 (3): 29–33.
- Du, S., Jiang, H., Yu, X., Jane, J., 2014. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. **LWT - Food Science and Technology**, 55: 308-313.
- Duhan, A., Khetarpaul, N., Bishnoi, S., 2001. Saponin content and trypsin inhibitor activity in processed and cooked pigeon pea cultivars. **International Journal of Food Science and Nutrition**, 52: 53–59.
- Duranti, M., Gius, C., 1997. Legume seeds: protein content and nutritional value. **Field Crops Research**, 53: 31-45.
- Dykes, L., 2019. Tannin Analysis in Sorghum Grains. Sorghum: Methods and Protocols, Methods in **Molecular Biology**, vol.1931, Zuo-Yu Zhao and Jeff Dahlberg (eds.).
- Edijala, J.K., 1980. Effects of processing on the thiamine, riboflavin and protein contents of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp). **Food Tech. Journal**, 15(3): 435-443.
- Ejigui, J., Savoie, L., Martin, J., Desrosiers, T., 2005. Influence of traditional processing methods on the nutritional composition and anti-nutritional factors of red peanuts (*Arachihypogea*) and small red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Biological Sciences**, 5: 597–605.
- El-Hady, E.A.A., Habiba, R.A., 2003. Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol**, 36, 285–293.
- ElMaki, H.B., AbdelRahaman, S.M., Idris, W.H., Hassan, A.B., Babiker, E.E., El Tinay, A.H., 2007. Content of antinutritional factors and HCl-extractability of minerals from White bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars: Influence of soaking and/or cooking. **Food Chemistry**, 100: 362–368.
- Ertas, N., 2010. Nohut (*Cicer arietinum* L.), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve soya fasulyesinden (*Glycine Max* L.) üretilen baklagil bulgurlarının üretim metotlarının standardizasyonu ile bazı kalitatif ve besinsel özelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gıda Mühendisliği, **Selçuk Üniversitesi**, Konya.
- Ertas, N., 2013. Dephytinization Processes of Some Legume Seeds and Cereal Grains with Ultrasound and Microwave Applications. **Legume Res.**, 36 (5): 414-421.
- Ertas, N., Türker, S., 2014. Bulgur processes increase nutrition value: possible role in vitro protein digestability, phytic acid, trypsin inhibitor activity and mineralbioavailability. **Journal of Food Science and Technology**, 51: 1401–1405.

- Fasina, O.O., Tyler, B., Pickard, M., Guo, H.Z., Ning, W., 2001. Effect of infrared heating on the properties of legume seeds. **International Journal of Food Science and Technology**, 36: 79–90.
- Fenwick, D.E., Oakenfull, D., 1983. Saponin Content of Food Plants and Some Prepared Foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 34: 186–191.
- Fernandes, A.C., Nishida, W., Proença, R.P.C., 2010. Influence of soaking on the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cooked with or without the soaking water: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, 45: 2209–2218.
- Frias, J., Vidal-Valverde, C., Sotomayor, C., Diaz-Pollan, C., Urbano, G., 2000. Influence of processing on available carbohydrate content and antinutritional factors of chickpeas. **European Food Research and Technology**, 210: 340–345.
- Grajales-Garcia, E.M., Osorio-Diaz, P., Gonzi, I., Hervert-Hernandez, D., Guzman-Maldonado, H., Bello-Perez, L.A., 2012. Chemical composition, starch digestibility and antioxidant capacity of tortilla made with a blend of quality protein maize and black bean. **International Journal of Molecular Sciences**, 13: 286–301.
- Guajardo-Flores, D., Perez-Carrillo, E., Romo-López, I., Ramírez-Valdez, L.E., Moreno-García, B.E., Gutierrez-Urbe, J.A., 2017. Effect of dehulling and germination on physicochemical and pasting properties of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cereal Chemistry**, 94(1): 98–103.
- Harasym, J., Satta, E., Kaim, U., 2020. Ultrasound treatment of buckwheat grains impacts important functional properties of resulting flour. **Molecules**, 25(13): 1–15.
- Hefnawy, T.H., 2011. Effect of processing methods on nutritional composition and antinutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). **Annals of Agricultural Science**, 56(2):57–61.
- Hernandez-Infante, M., Sousa, V., Montalvo, I., Tena, E., 1998. Impact of microwave heating on hemagglutinins, trypsin inhibitors and protein quality of selected legume seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, 52: 199–208.
- Hierro, J.N., Herrera, T., Garcia-Risco, M.R., Fornari, T., Reglero, G., Martin, D., 2018. Ultrasound-assisted extraction and bioaccessibility of saponins from edible seeds: quinoa, lentil, fenugreek, soybean and lupin. **Food Research International**, 109: 440–447.
- Huang, H., Kwok, K.C., Liang, H.H., 2008. Inhibitory activity and conformation changes of soybean trypsin inhibitors induced by ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, 15(5): 724–730.
- Jood, S., Chauhan, B.M., Kapoor, A.C., 1986. Saponin Content of Chickpea and Black Gram: Varietal Differences and Effects of Processing and Cooking Methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 37: 1121–1124.
- Kan, L., Nie, S., Hu, J., Wang, S., Cui, S.W., Li, Y., Xu, S., Wu, Y., Wang, J., Bai, Z., Xie, M., 2017. Nutrients, phytochemicals and antioxidant activities of 26 kidney bean cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, 108: 467–477.
- Kaya, E., Tuncel, N., Tuncel, N., 2017. The effect of ultrasound on some properties of pulse hulls. **Journal of Food Science and Technology**, 54(9): 2779–2788.
- Khalil, M.M., 2001. Effect of soaking, germination, autoclaving and cooking on chemical and biological value of guar compared with faba bean. **Nahrung/Food**, 45: 246–250.

- Khandelwal, S., Udipi, S.A., Ghugre, P., 2010. Polyphenols and tannins in Indian pulses: Effect of soaking, germination and pressure cooking. **Food Research International**, 43: 526–530.
- Khattab, R.Y., Arntfield, S.D., 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. **Food Science and Technology**, 42, 1113–1118.
- Khokhar, S., Chauhan, B.M., 1986. Antinutritional factors in moth bean (*Vigna aconitifolia*): Varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. **Journal of Food Science**, 51: 591–594.
- Kopaç Kork, A., 2009. Farklı Pişirme Koşullarının Bazı Nohut Çeşitlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gıda Mühendisliği, **Celal Bayar Üniversitesi**, Manisa.
- Kumar, M.M., Prasad, K., Chandra, T.S., Debnath, S., 2018. Evaluation of physical properties and hydration kinetics of red lentil (*Lens culinaris*) at different processed levels and soaking temperatures. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 17: 330–338.
- Kumar, S.R., Sadiq, M.B., Anal, A.K., 2021. Comparative study of physicochemical and functional properties of soaked, germinated and pressure cooked Faba bean. **J. Food Sci. Technol.**, 1-11.
- Kuru, K., 2019. Farklı Islatma Koşullarının Nohut, Fasulye ve Soya Fasulyesinin Belirli Fiziksel Özellikleri ve Antibesinsel Faktörleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gıda Mühendisliği, **Ordu Üniversitesi**, Ordu.
- Lafarga, T., Villaró, S., Bobo, G., Simó, J., Aguiló-Aguayo, I., 2019. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in cooked pulses. **International Journal of Food Science and Technology**, 54(5): 1816–1823.
- Lee, H., Ha, M. J., Shahbaz, H.M., Kim, J.U., Jang, H., Park, J., 2018. High hydrostatic pressure treatment for manufacturing of red bean powder: a comparison with the thermal treatment. **Journal of Food Engineering**, 238: 141–147.
- Li, P., Li, Y., Wang, L., Zhang, H., Qi, X., Qian, H., 2020. Study on water absorption kinetics of black beans during soaking. **Journal of Food Engineering**, 283: 110030.
- Liu, K., 2019. Soybean Trypsin Inhibitor Assay: Further Improvement of the Standard Method Approved and Reapproved by American Oil Chemists' Society and American Association of Cereal Chemists International. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 96: 635–645.
- Liu, K., Seegers, S., Cao, W., Wanasundara, J., Chen, J., da Silva, A. E., Ross, K., Franco, A.L., Vrijenhoek, T., Bhowmik, P., Li, Y., Wu, X., Bloomer, S., 2021. An international collaborative study on trypsin inhibitor assay for legumes, cereals and related products. **Journal of the American Oil Chemists Society**, 98: 375-390.
- Lopez, L.R.L, Ulloa, J.A., Ulloa, P.R., Ramirez, J.C.R., Carrillo, Y.S., Quintero-Ramos, A., 2017. Modelling of hydration of bean (*Phaseolus vulgaris*): effect of the low-frequency ultrasound. **Italian Journal of Food Science**, 29(2): 288–301.
- Luo, Y., Xie, W., 2013. Effect of different processing methods on certain antinutritional factors and protein digestibility in green and white faba bean (*Vicia faba L.*). **Journal of Food**, 1: 43-49.
- Ma, Z., Boye, J.I., Simpson, B.K., Prasher, S.O., Monpetit, D., Malcolmson, L., 2011. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. **Food Research International**, 44(8): 2534–2544.

- Madhujith, T., Naczek, M., Shahidi, F., 2004. Antioxidant activity of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Lipids**, 11: 220–233.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., 1996. Nutritional value and whole and ethanol antinutritional components of extracted Moringa oleifera leaves. **Animal Feed Science Technology**, 63: 211–228.
- Martín-Cabrejas, M.A., Aguilera, Y., Pedrosa, M., Cuadrado, C., Hernández, T., Díaz, S., Esteban, R.M., 2009. The impact of dehydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. **Food Chemistry**, 114: 1063–1068.
- Masatcioglu, M.T., Yalcin, E., Kim, M., Ryu, G-H., Celik, S., Koksel, H., 2013. Physical and chemical properties of tomato, green tea and ginseng supplemented corn extrudates produced by conventional extrusion and CO₂ injection process. **European Food Research and Technology**, 237: 801–809.
- Mitrus, M., Wójtowicz, A., Kocira, S., Kasprzycka, A., Szparaga, A., Oniszczyk, T., Matwijczuk, A., 2020. Effect of extrusion-cooking conditions on the pasting properties of extruded white and red bean seeds. **International Agrophysics**, 1 (34): 25–32.
- Mittal, R., Nagi, H., Sharma, P., Sharma, S., 2012. Effect of Processing on Chemical Composition and Antinutritional Factors in Chickpea Flour. **Journal of Food Science and Engineering**, 2: 180–186.
- Mohamed, A., Perera, P., Hafez, Y., 1986. New chromophore for phytic acid determination. **Cereal Chemistry**, 63: 475–478.
- Mohammadi, F., Marti, A., Nayebzadeh, K., Hosseini, S. M., Tajdar-oranj, B., Jazaeri, S., 2021. Effect of washing, soaking and pH in combination with ultrasound on enzymatic rancidity, phytic acid, heavy metals and coliforms of rice bran. **Food Chemistry**, 334: Article 127583
- Mubarak, A.E., 2005. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. **Food Chemistry**, 89: 489–495.
- Mumba, P.P., Chilera, F., Alinafe, G., 2004. The effect of the length of soaking time on trypsin inhibitor, crude protein and phosphorus contents of soybeans (*Glycine max*). **Intl. J. Consum. Stud.**, 28(1): 49–54.
- Muzquiz, M., ve Wood, J.A., 2007. Antinutritional factors. In **Chickpea Breeding and Management**, pp. 143–166 [S.S. Yadav, B. Redden, W. Chen ve B. Sharma, editors]. Wallingford, CAB International, UK.
- Natabirwa, H., Muyonga, J.H., Nakimbugwa, D., Lungaho, M., 2018. Physico-chemical properties and extrusion behaviour of selected common bean varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 98: 1492–1501.
- Nergiz, C., Gökgöz, E., 2007. Effects of traditional cooking methods on some antinutrients and in vitro protein digestibility of dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Turkey. **International Journal of Food Science and Technology**, 42: 868–873.
- Oomah, B.D., Ward, S. Balasubramanian, P., 2010. Dehulling and selected physical characteristics of Canadian dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Research International**, 43: 1410–1415.
- Öztürk, H., 2019. Ultrasonun Börülçenin Su Absorpsiyonu ve Pişme Kalitesi Üzerindeki Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gıda Mühendisliği, **Harran Üniversitesi**, Şanlıurfa.

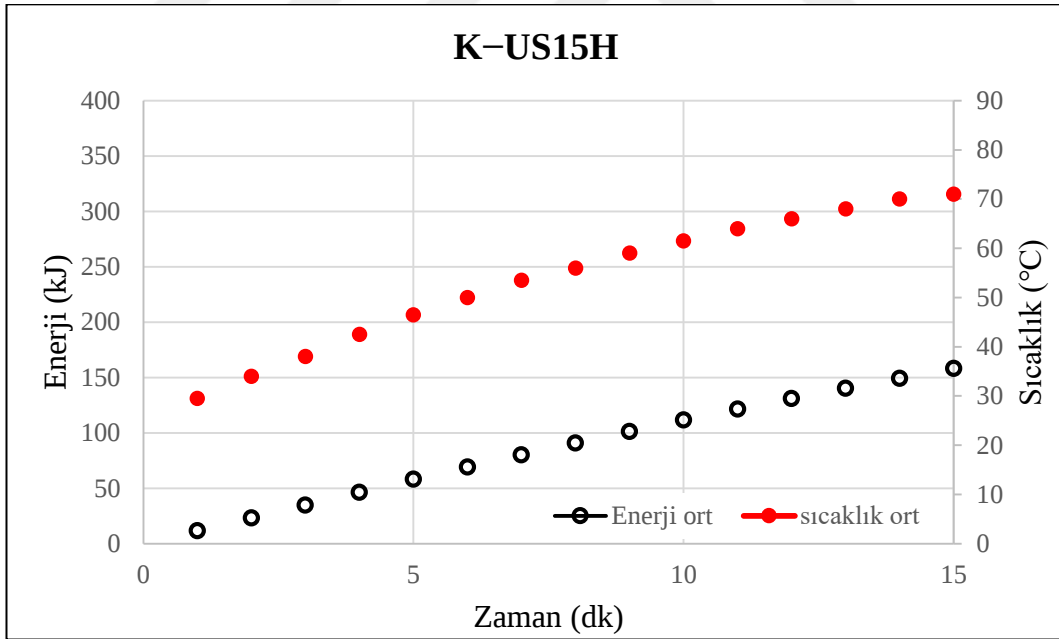
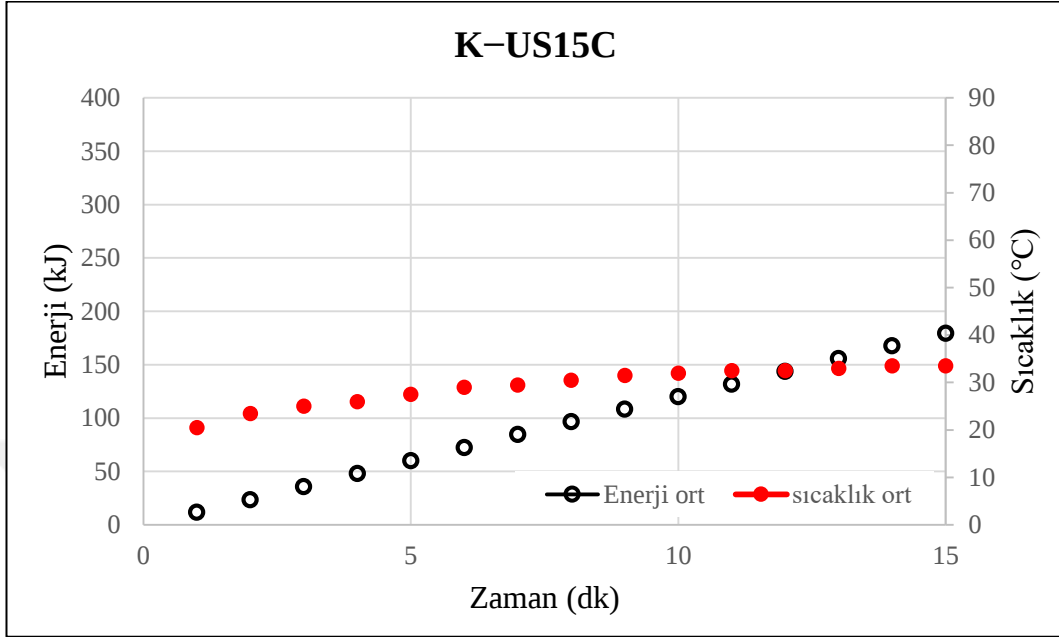
- Qayyum, M.M.N., Butt, M.S., Anjum, F.M., Nawaz, H., 2012. Composition Analysis of Some Selected Legumes for Protein Isolates Recovery. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, 22(4): 1156-1162.
- Padhi, E.M.T., Liu, R., Hernandez, M., Tsao, R., Ramdath, D.D., 2017. Total poly-phenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, 38: 602–611.
- Patane, C., Iacoponi, E., Raccuia, S.A., 2004. Physico-chemical characteristics, water absorption, soaking and cooking properties of some Sicilian populations of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 55: 547–554.
- Prodanov, M., Sierra, I., Valverde, C.V., 2004. Influence of soaking and cooking on the thiamin, riboflavin and niacin contents of legumes. **Food Chemistry**, 84: 271–277.
- Ranilla, L.G., Genovese, M.I., Lajolo, F.M., 2007. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55: 90–98.
- Ratnawati, L., Desnilasari, D., Surahman, D.N., Kumalasari, R., 2019. Evaluation of physicochemical, functional and pasting properties of soybean, mung bean and red kidney bean flour as ingredient in biscuit. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 251: 1-10.
- Reddy, N.R., Pierson, M.D., Sathe, S.K., Salunkhe, D.K., 1985. Dry bean tannins: a review of nutritional implications. **Journal of American Oil Chemistry Society**, 62: 541-549.
- Rehman, Z., Shah, W.H., 2005. Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. **Food Chemistry**, 91: 327–331.
- Rickard, E.S. and Thompson, L.U. 1997. Interactions and effects of phytic acid. In antinutrients and phytochemicals in foods (F. Shahidi, Ed.) Pp. 294–312, **American Chemical Society**, Washington, Dc.
- Roy, F., Boye, J.I., Simpson, B.K., 2010. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. **Food Research International**, 43: 432–442.
- Ruales, J., Nair, B.M., 1993. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa*, willd) seeds. **Food Chemistry**, 44: 137-143.
- Salazar, J., Chávez, J.A., Turó., García-Hernández, M.J., 2010. Effect of ultrasound on food processing: in **Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties**, p. 65-84, Eds. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., CRC Press, USA.
- Sattar, A., Durrani, S.K., Mahmood, F., Ahmad, A., Khan, I., 1989. Effect of soaking and germination temperatures on selected nutrients and antinutrients of mungbean. **Food Chemistry**, 34: 111–120.
- Setia, R., Dai, Z., Nickerson, M. T., Sopiwnyk, E., Malcolmson, L., Ai, Y., 2019. Impactsof short-term germination on the chemical compositions, technological character-istics and nutritional quality of yellow pea and faba bean flours. **Food Research International**, 122: 263–272.
- Shang, R., Wu, H., Guo, R., Liu, Q., Pan, L., Li, J., Hu, Z., Chen, C., 2016. The diversity of four antinutritional factors in common bean. **Horticultural Plant Journal**, 2: 97–104.
- Sharif, H.R, Zhong, F., Anjum, F.M., Khan, M.I., Sharif, M.K., Khan, M.A., Haider, J., Shah, F., 2014. Effect of soaking and microwawe pretreatments on nutritional

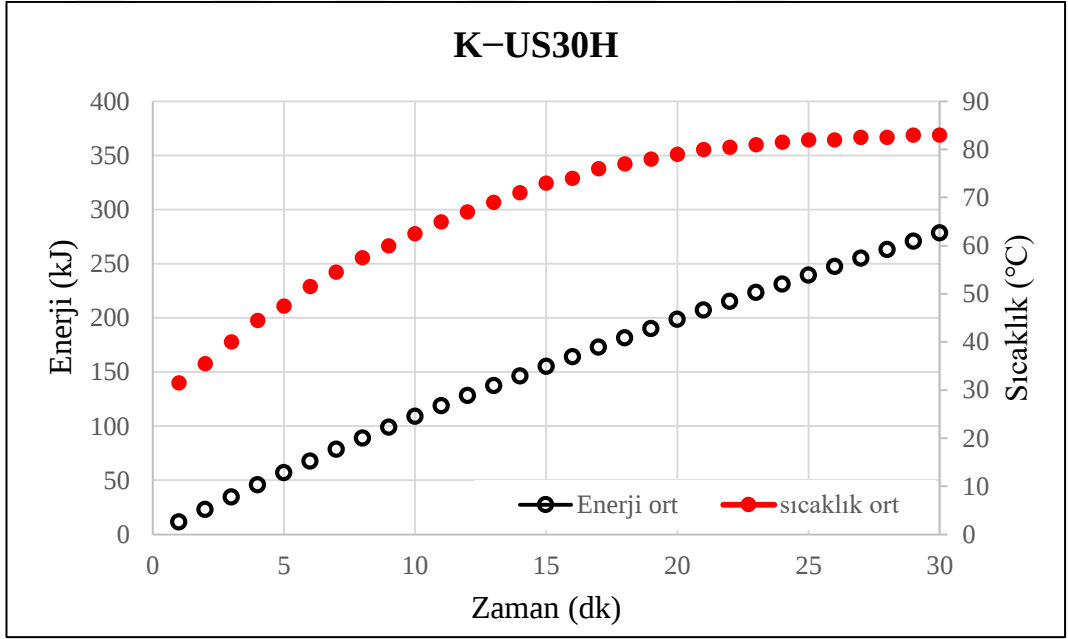
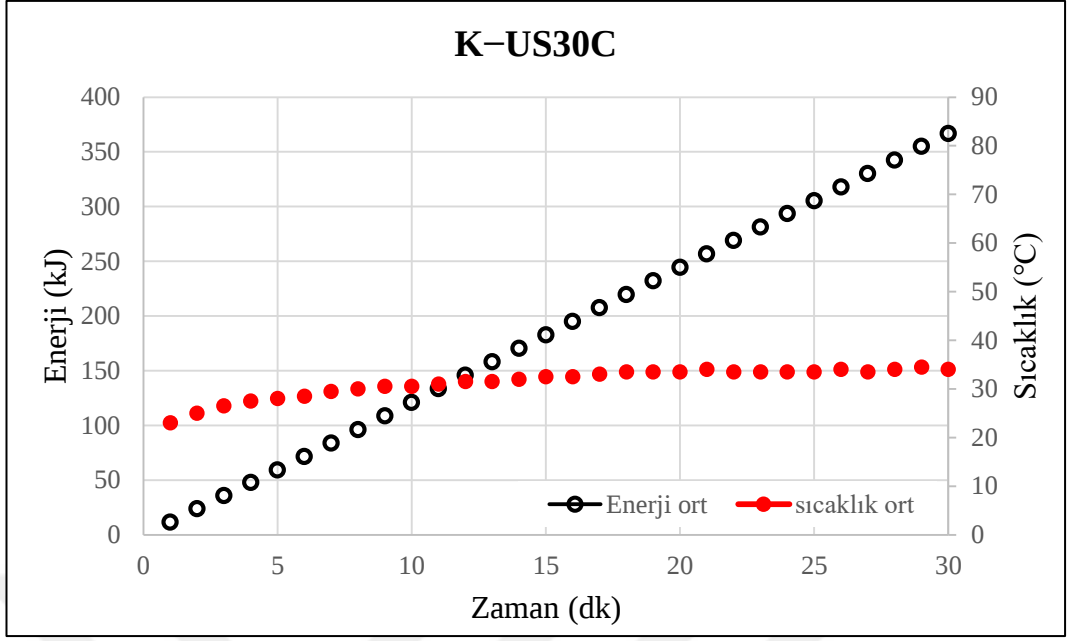
- profile and cooking quality of different lentil cultivars. **Pakistan Journal of Food Sciences**, 24(4):186-194.
- Sharma, S., Singh, A., Sharma, U., Kumar, R., Yadav, N., 2018. Effect of thermal processing on anti nutritional factors and in vitro bioavailability of minerals in desi and kabuli cultivars of chick pea grown in North India. **Legume Research**, 41(2): 267-274.
- Sharma, S., Sehgal, S., 1992. Effect of Processing and Cooking on the Antinutritional factors of faba bean (*Vicia faba*). **Food Chemistry**, 43: 383-385.
- Shi, J., Arunasalam, K., Yeung, D., Kakuda, Y., Mittal, G., Jiang, Y., 2004. Saponins from edible legumes: chemistry, processing, and health benefits. **Journal of Medicinal Food**, 7: 67–78.
- Shi, L., Mu, K.W., Arntfield, S.D., Nickerson, M.T., 2017. Changes in levels of enzyme inhibitors during soaking and cooking for pulses available in Canada. **Journal of Food Science and Technology**, 54: 1014-1022.
- Shi, L., Arntfield, S.D., Nickerson, M., 2018. Changes in levels of phytic acid, lectins and oxalates during soaking and cooking of Canadian pulses. **Food Research International**, 107: 660-668.
- Silva-Cristobal, L., Osorio-Díaz, P., Tovar, J., Bello-Perez, L.A., 2010. Chemical composition, carbohydrate digestibility, and antioxidant capacity of cooked black bean, chickpea, and lentil Mexican varieties. **CyTA-Journal of Food**, 8(1): 7–14.
- Singh, J., Singh, N., 2003. Studies on the morphological and rheological properties of granular cold water soluble corn and potato starches. **Food Hydrocolloids**, 17:63–72.
- Singh, N., Kaur, N., Rana, J.C., Sharma, S.K., 2010. Diversity in seed and flour properties in field pea (*Pisum sativum*) germplasm. **Food Chemistry**, 122: 518-525
- Singh, Y., Chandra, S., 2020. Study to assess physical properties of different types of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 9(2): 2455-2459.
- Szakiel, A., Paczkowski, C., Henry, M., 2011. Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. **Phytochemical Review**, 10: 471-491.
- Türksoy, S., 2018. Tam tane baklagil unlarının kimyasal, fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi. **Gıda**, 43(1): 78-89.
- Wang, N., Hatcher, D.W., Gawalko, E.J., 2008. Effect of variety and processing on nutrients and certain anti-nutrients in field peas (*Pisum sativum*). **Food Chemistry**, 111: 132–138.
- Wang, N., Hatcher, D.W., Tyler, R.T., Toews, R., Gawalko, E.J., 2010. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International**, 43: 589–594.
- Wang, N., Daun, J.K., Malcolmson, L.J., 2003. Relationship between physicochemical and cooking properties, and effects of cooking on anti-nutrients, of yellow field peas (*Pisum sativum*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 83: 1228–1237.
- Wei, S.E., 2011. Isolation and Determination of Antinutritional Compounds from Root and Shells of Peanut (*Arachis Hypogaea*). Chemical Science, Faculty of Science, **Universiti Tunku Abdul Rahman**.
- Xu, B.J., Chang, S.K.C., 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. **Journal of Food Science**, 72: 159–166.

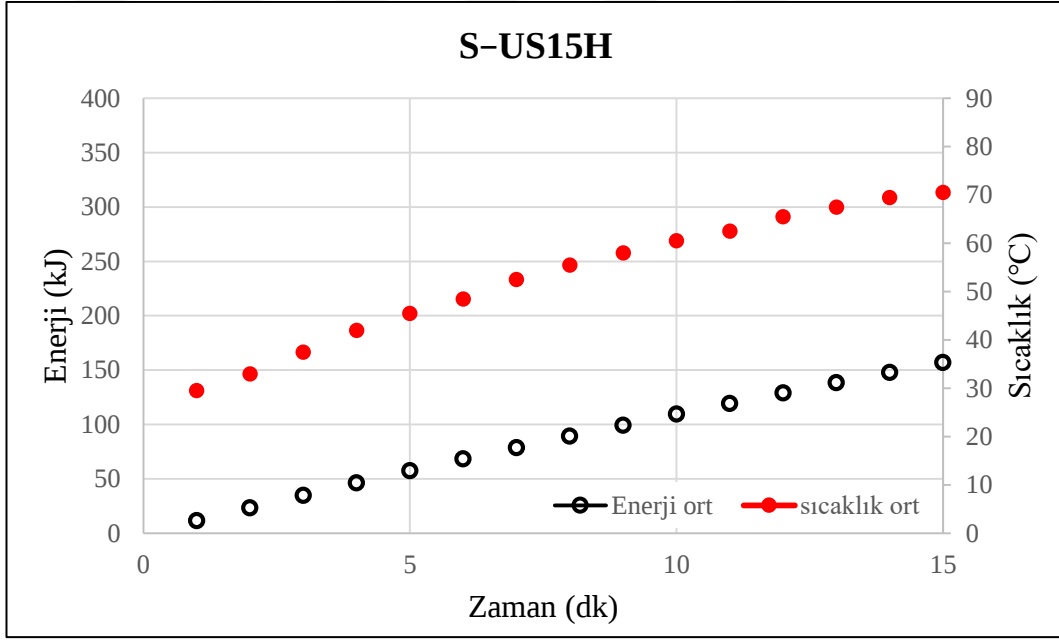
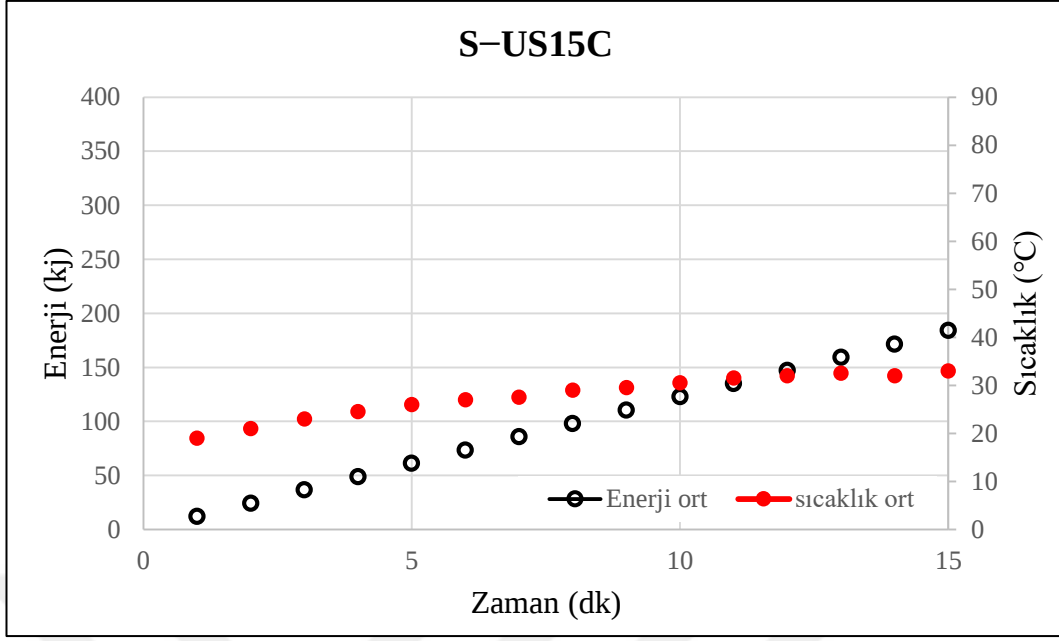
- Xu, B.J., Chang, S.K.C., 2008. Total phenolic content and antioxidant properties of Eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. **Journal of Food Science**, 73: 19–27.
- Xu, B.J., Chang, S.K.C., 2009. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, 57: 4754–4764.
- Vanga, S.K., Wang, J., Raghavan, V., 2020. Effect of ultrasound and microwave processing on the structure, in-vitro digestibility and trypsin inhibitor activity of soymilk proteins. **Food Science and Technology**, 131: 109708.
- Vargas-Torres, A., Osorio-Díaz, P., Tovar, J., Paredes-Lopez, O., Ruales, J., Bello-Pérez, L.A., 2004. Chemical composition, starch bioavailability and indigestible fraction of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Starch/Starke**, 56: 74–8.
- Yadav, S., Mishra, S., Pradhan, R.C., 2021. Ultrasound-assisted hydration of finger millet (*Eleusine Coracana*) and its effects on starch isolates and antinutrients. **Ultrasonics Sonochemistry**, 73: 105542.
- Yalcin, S., Basman, A., 2008. Effects of gelatinisation level, gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle. **International Journal of Food Science and Technology**, 43: 1637–1644.
- Yang, H., Gao, J., Yang, A., Chen, H., 2015. The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. **Food Research International**, 77: 704–710.
- Yasmin, A., Zeb, A., Khalil, A.W., Paracha, G.M., Khattak, A.B., 2008. Effect of Processing on Anti-nutritional Factors of Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris*) **Grains. Food Bioprocess Technol**, 1: 415–419.
- Yıldırım, A., Bayram, M., ve Öner, M.D., 2011. Fitting Fick's model to analyze water diffusion into chickpeas during soaking with ultrasound treatment. **Journal of Food Engineering**, 104: 134–142.
- Yıldırım, A., Öner, M.D., Bayram, M., 2013. Effect of soaking and ultrasound treatments on texture of chickpea. **Journal of Food Science and Technology**, 50(3): 455–465.
- Yıldırım, A., Öner, M.D., 2015. Electrical conductivity, water absorption, leaching, and color change of chickpea (*Cicer arietinum* L.) during soaking with ultrasound treatment. **International Journal of Food Properties**, 18(6): 1359–1372.
- Yıldırım, A., 2021. Moisture diffusivity, hardness, gelatinization temperature, and thermodynamic properties of ultrasound assisted soaking process of cowpea, **Food Process Engineering**, 44: 1–17.
- Yıldız, D., 2019. Ultrases Islatma ve Mikrodalga Kurutma Ön İşleminin Mercimek Ununun Bazı Kalite ve Antibesinsel Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gıda Mühendisliği, **Ordu Üniversitesi**, Ordu.
- Zhang, L., Hu, Y., Wang, X., Fakayode, O.A., Ma, H., Zhou, C., Xia, A., Li, Q., 2021. Improving soaking efficiency of soybeans through sweeping frequency ultrasound assisted by parameters optimization. **Ultrasonics Sonochemistry**, 79: 105794.

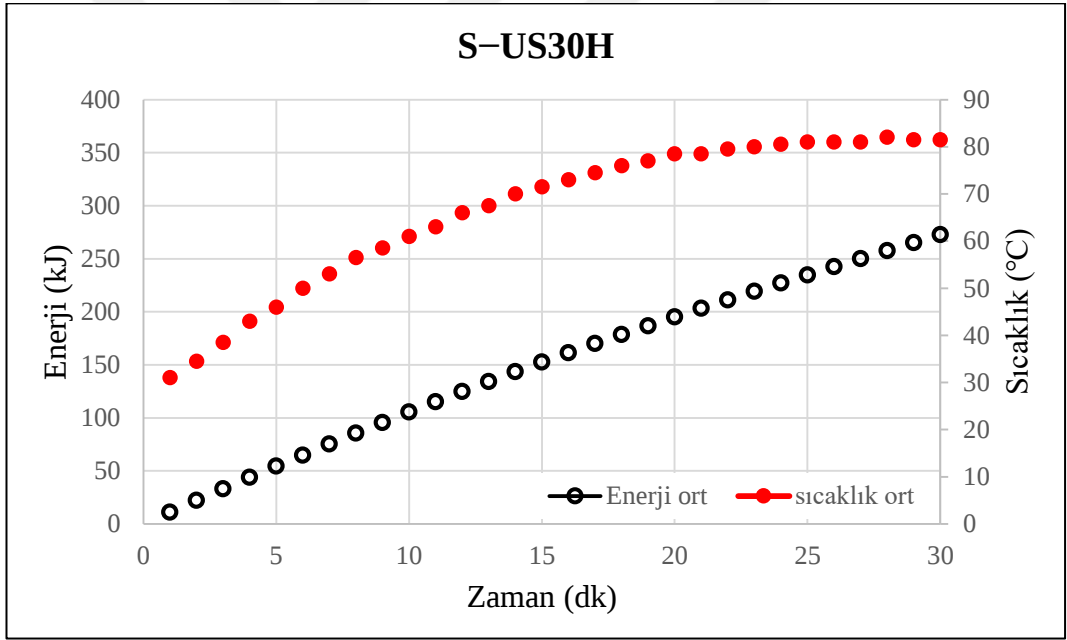
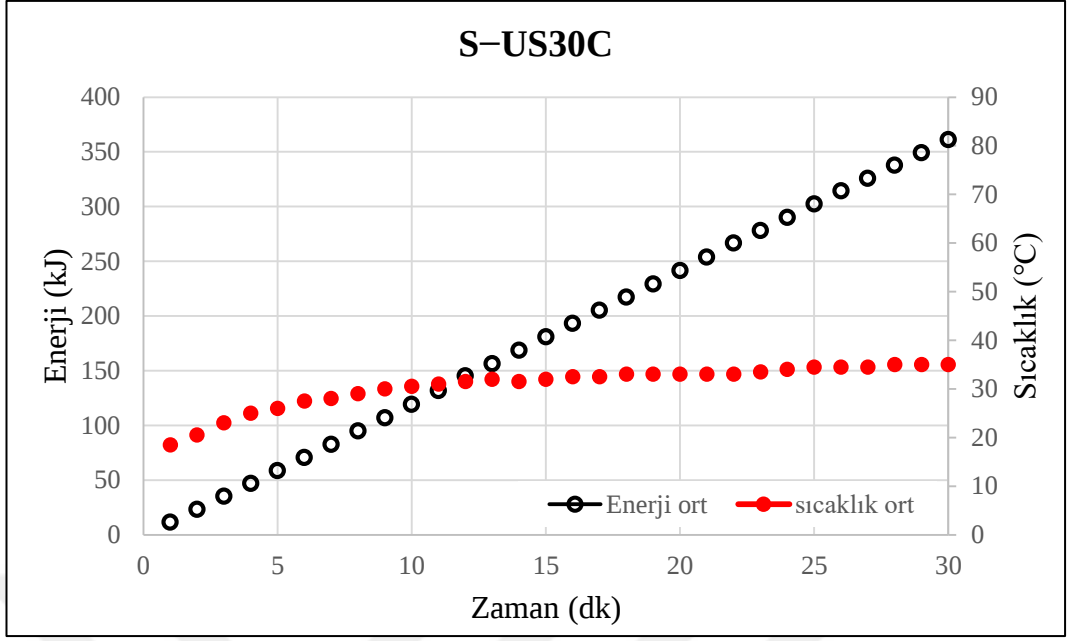
EKLER

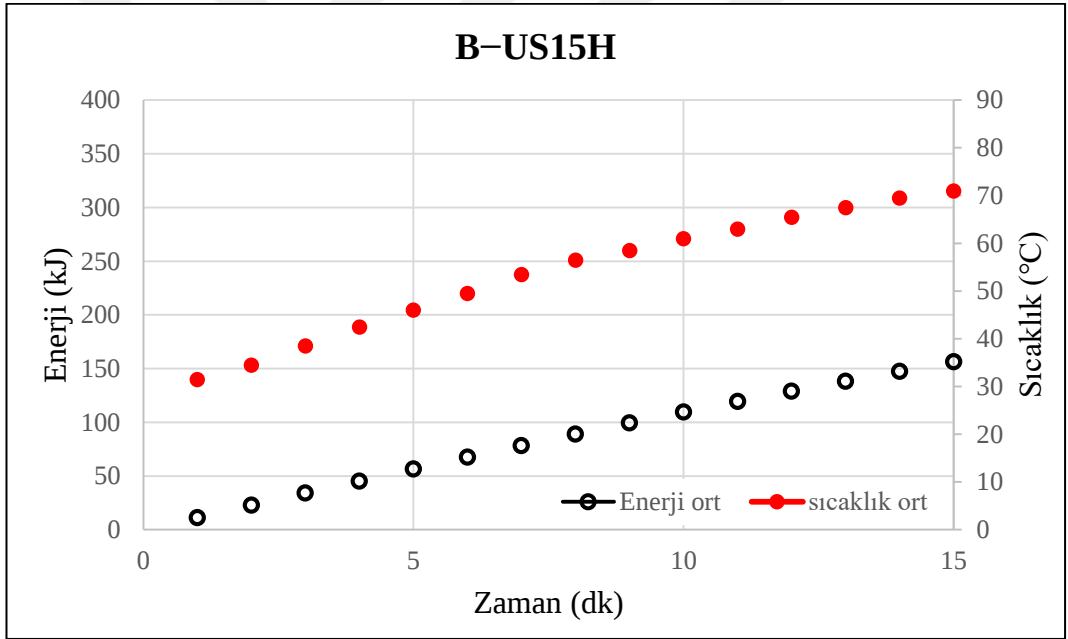
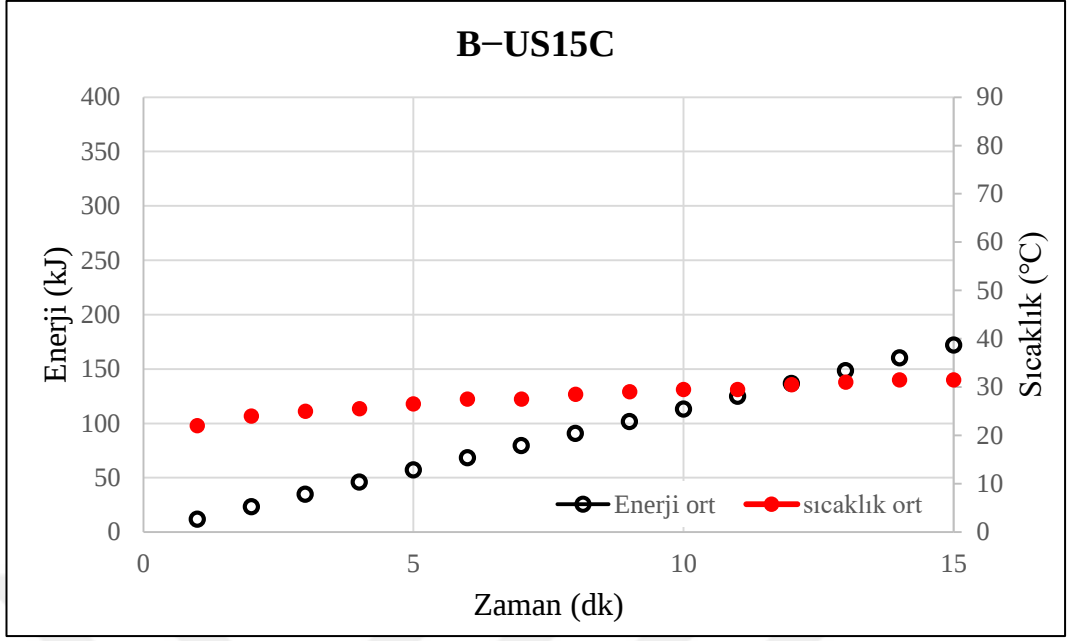
EK-1. US işlemleri uygulanan fasulye tanelerinin sıcaklık ve enerji değerleri

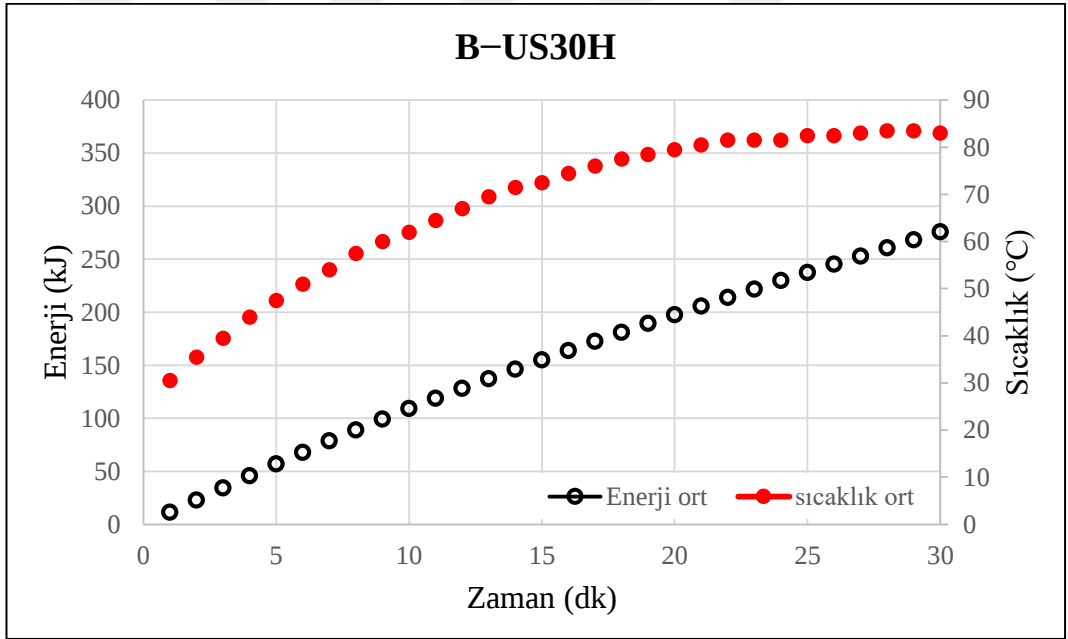
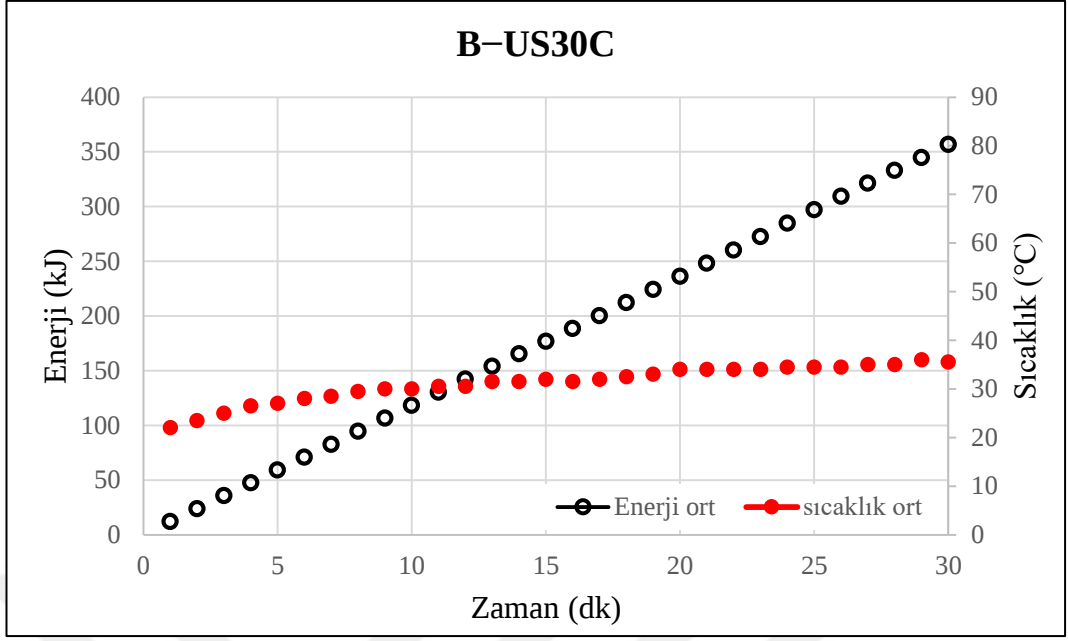












EK-2. US işlemleri uygulanan fasulye tanelerine ait fotoğraflar

Örnek	Kırmızı Fasulye	Siyah Fasulye	Beyaz Fasulye
Kontrol			
Islatma			
US-15C			
US-15H			
US-30C			
US-30H			