



T.C. ANKARA MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NOHUTLARDA (*Cicer arietinum* L.) ÇİMLENDİRME VE
FERMANTASYON İŞLEMLERİNİN ANTİOKSİDAN KAPASİTE
VE BİYOAKTİF BİLEŞENLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ŞİİR SARI

BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç. Dr. SELEN MÜFTÜOĞLU

ANKARA-2024

TEZ ONAY FORMU

Kurum : Ankara Medipol Üniversitesi

Programın Seviyesi : Yüksek Lisans (X) Doktora ()

Anabilim Dalı : Beslenme ve Diyetetik

Tez Sahibi : Şiir SARI

Tez Başlığı : NOHUTLARDA (*Cicer arietinum* L.) ÇİMLENDİRME VE
FERMANTASYON İŞLEMLERİNİN ANTİOKSİDAN KAPASİTE VE
BİYOAKTİF BİLEŞENLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sınav Yeri : Ankara Medipol Üniversitesi Anafartalar Kampüsü

Sınav Tarihi : 16 / 04 / 2024

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve nitelik yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Doç. Dr. Selen MÜFTÜOĞLU

Kurumu

Ankara Medipol Üniversitesi

İmza

Sınav Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Nevin ŞANLIER

Ankara Medipol Üniversitesi

Doç. Dr. Esen YEŞİL

Başkent Üniversitesi

Yukarıdaki jüri kararıyla kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../ tarih ve..... / sayılı kararı ile
şekil yönünden Tez Yazım Kılavuzuna uygun olduğu onaylanmıştır.

Prof. Dr. Burak BİLECENOĞLU

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.



Şiir SARI

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimi yazma sürecimde tüm kalbiyle yanımda olan, bilgileriyle önümü açan ve her tökezlediğimde yolumu bulmamı sağlayan saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Selen MÜFTÜOĞLU'na,

Bilimsel araştırmalarda ışık olan, desteğini hiç esirgemeyen Dr. Öğr. Üye. Tuğba İDUĞ'a,

Yüksek lisans ders döneminde ve tez sürecimde bana ve tüm öğrencilerine hem anne hem öğretmen olan Prof. Dr. Nevin ŞANLIER'e,

Her sorumu sabırla cevaplayan ve bilgilerini hep benimle paylaşan Prof. Dr. Turgut Cabaroğlu'na,

En büyük şanslarım kardeşim, annem ve babama sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY FORMU.....	i
BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
1.GİRİŞ.....	3
1.1. Amaç ve Varsayım.....	3
2.GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Kurubaklagiller.....	6
2.2.	
Nohut.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
2.2.1.Nohutun karbonhidrat içeriği.....	10
2.2.2.Nohutun diyet posası içeriği	10
2.2.3.Nohutun protein içeriği.....	11

2.2.4.Nohutun yağ içeriği	12
2.2.5.Nohutun mineral içeriği.....	12
2.2.6.Nohutun vitamin içeriği.....	13
2.3. Nohut Tüketiminin Sağlığa Faydaları	14
2.4. Çimlenme	16
2.4.1.Çimlenmeyi etkileyen faktörler	17
2.4.2.Çimlenmenin nohut üzerine etkisi.....	18
2.4.3.Çimlenmenin antioksidan kapasite üzerine etkisi.....	18
2.4.4.Çimlenmenin biyoaktif bileşenler üzerine etkisi	18
2.5. Fermantasyon	19
2.5.1.Fermentasyonun nohut üzerine etkisi	20
2.5.2.Fermentasyonun antioksidan kapasite üzerine etkisi.....	22
2.5.3.Fermentasyonun biyoaktif bileşenler üzerine etkisi	22
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Nohut Örneklerinin Temin Edilmesi.....	24
3.2. Kimyasal Temini	24
3.3. Veri Toplama Süreci	24
3.4. Çimlendirme İşlemi.....	24
3.5. Fermantasyon İşlemi	26

3.6. Analizler	27
3.7. Nohutlara Kodlar Verilmesi	27
3.8. Nohut Ekstraksiyonu	27
3.9. Nohut Ekstrelerinin Metanolden Uzaklaştırılması:	29
3.10. Ekstrelerin Antioksidan Aktivite Tayini İçin Dilüsyonu	30
3.11. DPPH Yöntemi İle Antioksidan Kapasite Tayini	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.12. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini.....	31
3.13. Kül Tayini.....	31
3.14. Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi.....	32
3.15. HPLC Analizi İçin Çalışma Koşulları.....	33
3.16. HPLC İçin Kalibrasyon Grafiğinin Hazırlanması.....	33
3.17. Kalibrasyon ve Sistem Uyumluluk Çalışmaları	33
3.18. İstatistiksel Analiz	34
3.19. Çalışmanın Sınırlılıkları.....	36
4.BULGULAR	35
4.1. DPPH Testi ile Antioksidan Kapasite Tayini.....	35
4.2. Toplam Fenolik Madde Tayini.....	35
4.3. Kül Tayini.....	36
4.4. HPLC Yöntemi ile Linoleik Asit Tayini	37

5.TARTIŞMA	40
5.1. Antioksidan Kapasitesi ve Toplam Fenolik Madde Miktarı	40
5.2. Kül Tayini.....	45
5.3.Linoleik Asit.....	53
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
7.KAYNAKLAR.....	48
8.ÖZGEÇMİŞ.....	61

KISALTMALAR LİSTESİ

ABTS: 2,2-azinobis (3-etilbenzothiazollin-6-sulfonik asit)

ALA: Alfa-linolenik Asit

CHO: Karbonhidrat

CUPRAC: Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite

ÇDYA: Çoklu Doymamış Yağ Asidi

DMSO: Dimetil Sülfoksit

DPPH: 1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil

EAA: Esansiyel Amino Asit

EPA: Eikosapentenoik Asit

ET: Elektron Transfer

FCR: Toplem Fenolik Yöntemi

FRAP: Demir İyonu İndirgeyici Antioksidan Güç

GABA: Gama-Amino Bütirik Asit

GAE: Gallik Asit Eşdeğeri

GI: Glisemik İndeks

HAT: Hidrojen Atomu Transfer

HDL: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

HPLC: (High Performance Liquid Chromatography) Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

ICRISAT: Yarı Kurak Tropikal Bölgeler için Uluslararası Bitkisel Araştırma Enstitüsü

KA: Kuru ağırlık

KVH: Kardiyovasküler Hastalık

LDL: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein

LOQ: Niceleme Sınırı

NaOH: Sodyum Hidroksit

ORAC: Oksijen Radikal Absorbsiyon Kapasitesi

TAG: Triasilgliserol

TPC: Toplam Fenolik Madde

TRAP: Toplam Peroksil Radikali Yakalayan Antioksidan Parametre

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Türkiye’de tüketilen kurubaklagillerin tonlara göre dağılımı (2).	8
Şekil 4.1: Nohut örneklerinde toplam fenolik madde miktarı % artışı.....	44
Şekil 4.2: Linoleik asit standart eğrisi.....	45
Şekil 4.3: Örneklerin kromatogramlarının karşılaştırılması	39



RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1: Nohutların çimlenme işlemi için hazırlanması	25
Resim 3.2: Çimlenmeden önceki nohut tohumları	25
Resim 3.3: Çimlenmeden sonraki nohut tohumları	25
Resim 3.4: Orbital çalkalayıcı inkübatör	26
Resim 3.5: Orbital çalkalayıcı inkübatörde doğal fermantasyona bırakılmış nohut taneleri	26
Resim 3.6: Fermente nohutların inkübatörde kurutulması	27
Resim 3.7: Öğütülen örneklerden 10'ar gram alınması	28
Resim 3.8: Örneklerin metanol içerisinde bekletilmesi	28
Resim 3.9: Ekstrelerin süzülmesi	28
Resim 3.10: Rotary evaporator yardımıyla metanol çözeltisinin uzaklaştırılması	29
Resim 3.11: Metanol uçurulduktan sonra erlenmeyerde kalan çözelti	29
Resim 3.12: DPPH testi için hazırlanan 96'lık well -plate'lerdeki çözeltiler	31
Resim 3.13: Rotary evaporator yardımıyla metanol çözeltisinin uzaklaştırılması	32

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1: Baklagil Tanelerinden Test Edilmiş Biyoaktif Peptitler/Proteinler (24). ..	7
Tablo 2.2: 100 Gram Nohutun Besin Değerleri (30).	10
Tablo 2.3: 100 Gram Nohutun Mineral Değerleri (mg).....	13
Tablo 2.4: 100 Gram Nohutun Vitamin Değerleri (mg)	13
Tablo 2.5: Nohutun Yağ Asidi Bileşimleri (41).....	15
Tablo 2.6: Fermantasyonun Nohutun Besin Değerlerine Etkisi (75).....	21
Tablo 3.1: Nohutların Kodlanması.....	27
Tablo 3.2: HPLC analizi için çalışma koşulları	33
Tablo 4.1: Nohut Örneklerinde Antioksidan Kapasitesi Değerlerinin DPPH Yöntemine Göre Kıyaslanması	35
Tablo 4.2: Nohut Örneklerinde Antioksidan Kapasitesi Değerlerinin Toplam Fenolik Madde Tayinine (TPC) Göre Kıyaslanması.....	36
Tablo 4.3: Nohut Örneklerinde Kül Miktarı (%)	36
Tablo 4.4: Standart Konsantrasyonuna (ppm) Göre Pik Alanları ve Ortalaması.....	37
Tablo 4.5: HPLC Analizi İçin Deneysel Parametreler	38
Tablo 4.6: HPLC Analizi Sonrası 1 gram Nohutun Linoleik Asit Miktarları.....	39

ÖZET

NOHUTLARDA (*Cicer arietinum* L.) ÇİMLENDİRME VE FERMANTASYON İŞLEMLERİNİN ANTIOKSİDAN KAPASİTE VE BİYOAKTİF BİLEŞENLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Nohut yüksek protein düzeyi, kaliteli besin içeriği ve ekonomik olması sebebiyle çok eski dönemlerden bu yana tercih edilen bir besindir. Son yıllarda nohuttan alınan verimin en yüksek hale getirilebilmesi için çimlendirme ve fermantasyon yöntemleriyle başta antioksidan seviye ve biyoaktif bileşenler olmak üzere besin öğeleri ve besin değeri açısından değişimler meydana geldiği saptanmıştır. Bu nedenle bu çalışma nohutlarda çimlendirme ve fermantasyon işlemlerinin antioksidan kapasite ve biyoaktif bileşenler üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla planlanıp yürütülmüştür. Çalışma için Konya Seydişehir bölgesindeki yerel bir satıcıdan alınan yerel kabuli nohutları tercih edilmiştir. DPPH yöntemi ve toplam fenolik madde (TPC) miktarı tayini ile antioksidan kapasite belirlenmiştir. Linoleik asit örnekleri ile biyoaktif bileşen tayini yapılmıştır. Analizler için Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi (HPLC) yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada nohutun antioksidan kapasitesi DPPH testinde çimlenme, fermente ve ham haline göre sırasıyla ham nohutta $44,30 \pm 0,601$, çimlenmiş nohutta $41,01 \pm 0,411$, fermente nohutta $39,66 \pm 0,201$ olarak saptanmıştır. Antioksidan kapasitesi en düşük olan nohutların fermentasyona uğrayan nohutlar olduğu tespit edilmiştir. ($p < 0.05$). Nohut örneklerinin toplam fenolik madde miktarında çimlenmiş nohutta (Çim): %64 ve fermente nohutta (Fer): %29 artış olduğu belirlenmiştir. Buna göre en yüksek fenolik madde miktarı çimlendirme işlemi uygulanan nohut örneklerinden elde edilmiştir ($p < 0.05$). Buna göre kül miktarı ham nohutta (Ham): %3,04, çimlenmiş nohutta (Çim): %2,72 ve fermente nohutta (Fer): % 2,05 olarak hesaplanmıştır. En düşük kül miktarı fermente nohut örneklerinde saptanmıştır ($p < 0.05$). Bu çalışmada, optimum koşullar altında gerçekleştirilen çimlendirme ve fermantasyonun nohut tohumlarının antioksidan kapasitesini ve linoleik asit ve kül miktarını azalttığı, toplam fenolik madde miktarını artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, biyoaktif bileşen, çimlenme, fermantasyon, nohut

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTS OF GERMINATION AND FERMENTATION PROCESSES ON ANTIOXIDANT CAPACITY AND BIOACTIVE COMPONENTS IN CHICKPEAS (*Cicer arietinum* L.).

Chickpea has been a preferred food since ancient times due to its high protein level, high quality nutrient content and economic value. In recent years, it has been observed that germination and fermentation methods have caused changes in terms of nutrients and nutritional value, especially antioxidant level and bioactive components, in order to maximize the yield obtained from chickpea. Therefore, this study was planned and conducted to evaluate the effects of germination and fermentation processes on antioxidant capacity and bioactive components in chickpeas. Local chickpeas purchased from a local vendor in Konya Seydişehir region were preferred for the study. Antioxidant capacity was determined by DPPH method and total phenolic content (TPC). Bioactive components were determined with linoleic acid samples. High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) method was used for the analysis. In our study, the antioxidant capacity of chickpea was calculated as $44.30 \pm 0.601\%$ in raw chickpea, $41.01 \pm 0.411\%$ in germinated chickpea, $39.66 \pm 0.201\%$ in fermented chickpea and $39.66 \pm 0.201\%$ in fermented chickpea according to germinated, fermented and raw state in DPPH test, respectively. It was observed that the chickpeas with the lowest antioxidant capacity were fermented chickpeas ($p < 0.05$). The total phenolic content of chickpea samples increased by 64% in germinated chickpea (Ger) and 29% in fermented chickpea (Fer). Accordingly, the highest amount of phenolic substances was obtained from chickpea samples subjected to germination process ($p < 0.05$). Accordingly, ash content was calculated as 3.04% in raw chickpea (Raw), 2.72% in germinated chickpea (Ger) and 2.05% in fermented chickpea (Fer). The lowest ash content was observed in fermented chickpea samples ($p < 0.05$). This study showed that germination and fermentation under optimum conditions decreased the antioxidant capacity of chickpea seeds and the amount of linoleic acid and ash, but increased the amount of total phenolic matter.

Keywords: Antioxidant, bioactive components, chickpea, fermentation, germination

1. GİRİŞ

Tahıllar ve baklagiller tüm dünyada tüketimi yaygın olan temel besinlerdendir (1). Baklagillerin üretimi dünya genelinde 63 milyon hektar alanda yapılmaktadır, tahıllardan sonra en yüksek üretim oranına sahiptir (2,3). Türkiye’de en çok tüketilen ve üretilen kurubaklagillerden biri olan nohut; yüksek diyet posası, vitamin ve mineral içeriği, protein ve karbonhidrat örüntüsü açısından çok önemli bir kaynaktır (4). Yarı Kurak Tropikal Bölgeler için Uluslararası Bitkisel Araştırma Enstitüsü (ICRISAT), nohut tohumlarının ortalama %23 oranında protein, %64 toplam karbonhidrat (%47’si nişasta ve %6 çözünür şekerler), %5’i yağ, %6 ham posa ve %3 kül içerdiğini bildirmiştir (5). Jukanti ve arkadaşlarının (6) yaptıkları çalışmada nohutun toplam karbonhidrat ve yağ içeriğinin diğer kurubaklagillere oranla daha fazla olduğu bulunmuştur. Ayrıca nohutun yağ örüntüsü, sağlık açısından önemli birçok tokoferol, sterol ve tokotrienol içermektedir (7). Bu içeriği nedeniyle nohutun plazma LDL kolesterol üzerine olumlu etkilerinin olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (8). Patil ve arkadaşlarının (9) 2024’te yaptıkları çalışmada da nohutun LDL kolesterolü seviyesini azalttığı ve potansiyel anti-inflamatuar faydalar da dahil olmak üzere kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkisi olduğu raporlanmıştır.

Nohutun sağlık yararları ile ilgili yapılan çalışmalarda; kuru ağırlık bazında nohut tohumunun, altın pirinç endospermine veya kırmızı renkli buğdaya göre oldukça önemli bir karotenoid olan β -karoten konsantrasyonlarının daha fazla olduğu belirlenmiştir (4,10). Nohutun kabul edilen protein ve posa kaynağı rolünün yanı sıra içerdiği bu bileşikler nedeniyle kronik hastalık riskini azaltabileceği öngörüldüğünden fonksiyonel bir gıdalar arasında sayılabileceği söylenebilmektedir (4).

Nohutun yüksek diyet posası ve düşük glisemik indekse sahip olması, ayrıca sağlıklı yağları içermesi obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok kronik hastalık için önemini etkileri olabileceği düşünülmektedir (6). Çoklu doymamış yağ asitlerinden (ÇDYA) linoleik asit ve oleik asit, nohut yağının neredeyse %50-60’ını oluşturmaktadır (11). Nohuttaki en baskın yağ asitlerinden olan linoleik asit alımının insülin duyarlılığı, serum yağları ve hemostatik faktörler üzerinde faydalı bir

etkiye sahip olduğu, dolayısıyla koroner kalp hastalığı riskini azaltmada yardımcı olabileceğı yapılan çalışmalarda gösterilmektedir (6).

Bununla birlikte nohuttaki en baskın fitosterollerden olan β -sitosterol, serum kolesterol seviyelerinin ve koroner kalp hastalığının görülme sıklığının azaltılmasında etki göstermektedir (6).

Ekonomik olması ve besin içeriğinin kalitesi nedeniyle beslenmede nohut uzun yıllardır büyük bir önem taşıtmaktadır. Yüksek protein ieriğıyle özellikle orta ve düşük ekonomik düzeyde yaşayan ve/veya ihtiyaı olan hayvansal kaynaklı proteini alamayan bireyler için en önemli protein kaynaklarından biridir. Özellikle Hint yarımadası nüfusunun vejetaryen kesimleri için bir diyet proteini kaynağıdır. Avrupa lkelerinde de protein takviyesi olarak kullanılmaktadır (12). Nohut bu kadar önemli ve yüksek oranda tüketilen bir besinken, bu tüketiminden alınan verimin en yüksek haline getirilmesi için pek çok çalışma yapılmaktadır (1).

Özellikle son yıllarda katkısız, az işlenmiş, yüksek besin değerlerine sahip ve doğal beslenmeye olan ilginin artmasıyla fermantasyon ve çimlendirme yöntemleri sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. imlendirme, besin değerini artırmaya yardımcı olan, kolay ve ekonomik bir yöntemdir (13). Kurubaklagil tohumlarının çimlenmesi, büyüyen embrioyu desteklemek için depo proteinleri ve karbonhidratlardan daha basit bileşikler üretmek üzere fiziko-kimyasal değişikliklere neden olan tohum içindeki çeşitli metabolik aktivitelerle tanımlanan bir dizi süreci içermektedir. imlendirme işlemiyle kurubaklagillerin yağ, protein ve karbonhidrat sindirilebilirliğinin arttığı, vitamin içeriğinin zenginleştiği, biyoyararlılığının arttığı ve beslenme karşıtı faktörlerin azaldığı bildirilmiştir (14). Çimlenmenin antioksidan kapasiteyi de artırdığı raporlanmıştır (13). Fermantasyon yönteminde ise; nohutun besin kalitesini artırmanın yanı sıra anti beslenme faktörlerini uzaklaştırmak için de iyi bir yöntem olduğu çalışmalar tarafından gösterilmiştir (16). Fermantasyonun, temel besin maddelerinin seviyesini arttırarak ve anti-beslenme faktörlerinin seviyesini azaltarak kurubaklagillerin besleyici profilini arttırmak için en iyi biyolojik parçalanma süreçlerinden biri olduğu düşünülmektedir. Kurubaklagillerin in vitro sindirilebilirliğinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (17). Tahıllarda

fermantasyon meydana geldiğinde, ürünlerdeki aromaların karmaşık bir karışımından sorumlu olan farklı uçucu bileşikler oluşur. Tahıl bazlı ürünlerde asetik asit ve bütirik asitlerin varlığı nedeniyle oluşan aroma, fermente tahıl bazlı ürünleri daha iştah açıcı hale getirmektedir (18).

3.1. Amaç ve Varsayım

Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı nohutun çimlendirme ve fermentasyon işlemlerine tabi tutulduğunda antioksidan kapasitesi ve biyoaktif bileşenlerinde meydana gelen değişimleri değerlendirmektedir.

Çalışmanın hipotezleri;

1. Nohutun antioksidan kapasitesinde çimlenme işlemi sonrasında bir artış meydana gelmektedir.
2. Nohutun antioksidan kapasitesinde fermentasyon işlemi sonrasında bir artış meydana gelmektedir.
3. Nohutun toplam fenolik madde miktarında çimlenme işlemi sonrasında bir artış meydana gelmektedir.
4. Nohutun toplam fenolik madde miktarında fermentasyon işlemi sonrasında bir artış meydana gelmektedir.
5. Nohutun biyoaktif bileşenlerinde çimlenme işlemi sonrasında bir artış meydana gelmektedir.
6. Nohutun biyoaktif bileşenlerinde fermentasyon işlemi sonrasında bir artış meydana gelmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1.Kurubaklagiller

Leguminosae ve Fabaceae familyasından gelen kurubaklagiller çok uzun zamandır beslenmemizin bir parçasıdır ve benzersiz profilleriyle insan sağlığına pek çok fayda sağlamaktadır. Kurubaklagiller dünya çapında geleneksel bitki bazlı beslenmenin temelini oluşturmaktadır (19). Kurubaklagiller yüksek posa ve protein kaynağıdır. Aynı zamanda B grubu vitaminler, mineraller ve polifenol açısından da oldukça zengindirler (20). Kurubaklagiller, karbonhidrat açısından zengin olsalar da düşük glisemik indekse (GI) sahip olmaları nedeniyle tahıllara kıyasla daha düşük enerji yoğunluğuna sahiptirler (21).

Genel olarak kurubaklagiller içerdikleri yüksek protein değerleri nedeniyle hayvansal kaynaklı gıdalara iyi bir alternatiftir. Özellikle hayvansal kaynaklı gıdalara göre daha az su kullanımı ve daha az sera gazı emisyonuna sebep olması sebebiyle sürdürülebilirlik açısından da çok önemlidir (22). Ancak kurubaklagil proteinleri, hayvansal proteinlerle göre daha düşük fonksiyonel özelliklere sahiptir. Burada iki besin grubu arasındaki farkın büyüklüğü, karşılaştırılan spesifik kurubaklagil türü ile hayvansal protein türü, ayrıca kullanılan işleme yöntemleri gibi birden fazla faktöre bağlı olarak değişebilir (22). Ayrıca kurubaklagiller mikro besinler açısından da çok zengindir. Kurubaklagil tohumlarının genelinde selenyum, tiamin, niasin, folat, riboflavin ve piridoksin miktarları çok yüksektir. E ve A vitamininden zengin oldukları raporlanmıştır ancak C vitamini içermezler (21, 23). Ayrıca zengin demir ve çinko kaynağıdır ancak içeriğindeki demirin büyük bir çoğunluğu fitatlara bağlıdır, bu da vücutta emilimi azaltmaktadır (21).

Kurubaklagiller tipik bir bitki bazlı diyet; karbonhidrat, posa, vitamin ve minerallerin yanı sıra diyet proteininin yaklaşık %33'ünü sağlayabilmektedir (13).

Beslenmede kullanılan başlıca kurubaklagil tohumları; bezelye (*Pisum sativum* L.), fasulye çeşitleri (*Vigna unguiculata* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Vicia faba* L., *Phaseolus lunatus* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.), mercimek (*Lens*

culinaris Medik.), bakla (*Lupinus albus* L.) olarak sayılabilir ve dünya genelinde tahıllardan sonra en önemli besin kaynağıdır (24).

Yeterli ve dengeli bir beslenmede kurubaklagil tüketimi, beslenme sorunlarının üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir ve böylece gün geçtikçe artan insan popülasyonunun yetersiz beslenme ya da çeşitli beslenme sorunlarının engellenmesine yardımcı olabilmektedir. Kurubaklagiller, makrobesinlerin varlığının yanı sıra, tedavi edici özelliklere sahip biyoaktif bileşikler de içerir ve kurubaklagiller açısından zengin bir diyetin, kalp hastalığı ve kanser riski üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (13, 24) Bazı kurubaklagillerin içerdikleri peptidlere göre insanlar üzerinde gösterdikleri farmakolojik aktiviteleri Tablo 2.1’de gösterilmiştir. Kurubaklagiller, tahıllarla birlikte bir diyetin parçası olarak tüketildiğinde, et ve süt bazlı bir diyetle eşdeğer protein beslenmesi sağlar (25).

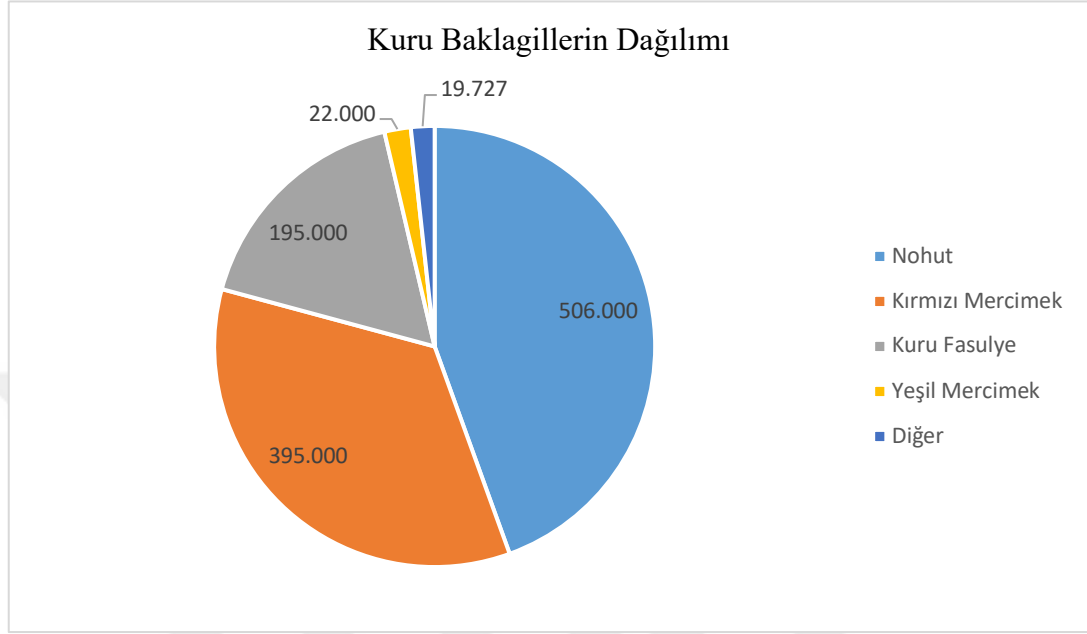
Tablo 2.1: Baklagil Tanelerinden Test Edilmiş Biyoaktif Peptitler/Proteinler (24).

Kurubaklagil	Peptit / Protein	Farmakolojik Aktivite
Soya fasulyesi	7S Globulin a zinciri	LDL reseptörlerinin regülasyonunu sağlar. Plazma kolesterolü ve trigliseritleri düşürür. Antiinflamatuvar etki gösterir.
Soya fasulyesi, bezelye, nohut ve diğerleri	BB serin-proteaz inhibitörü	Obeziteyi engellemede yardımcı olur ve ağırlık kontrolü sağlar. Antidejeneratiftir ve otoimmün hastalıklara karşı korur.
Çeşitli kurubaklagil kaynakları	α -amilaz inhibitörü	Obeziteyi engellemeye yardımcı olur ve diyabet riskini azaltır.
Bakla ve diğerleri	Depolama proteinleri	Plazma kolesterolünü ve trigliserit azalmasını sağlar.

2.2.Nohut

Nohut yüksek besin değeri, enerji ve protein kaynağı olması nedeniyle yaygın olarak tüketilmektedir (10). Çok eski bir kurubaklagil olan nohut (*Cicer arietinum* L.), 2019’da yıllık 14,3 milyon ton üretimiyle şu anda 13,7 milyon hektardan fazla alanda

yetiştirildiği için dünyanın üçüncü en önemli baklagilidir. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının (2), 2014 yılında hazırladığı belgelerde Türkiye’de en çok tüketilen kurubaklagilin nohut olduğu görülmüştür.



Şekil 2.1: Türkiye’de tüketilen kurubaklagillerin tonlara göre dağılımı (2).

Dünya genelinde bilinen ve tüketilen en eski kurubaklagillerden birisi olan nohut (*C. arietinum* L.) çoğunlukla ılık iklimde yetişmektedir. Topraktaki nem oranı yeterliyse yüksek ısıyı tolere edebilme aynı zamanda kuru iklime de adapte olabilme özelliklerine sahiptir. Güneydoğu Asya başta olmak üzere Orta Doğu, Avrupa, Kuzey Amerika ve Avustralya’da da yetiştirilmektedir (26, 27)

Desi ve kabuli olmak üzere tüketilen nohutun iki farklı türü bulunmaktadır. Desi (mikrosperma) türleri pembe çiçeklere sahiptir. Gövdede antosiyanin pigmentasyonu nedeniyle renkli ve kalın bir tohum kabuğu bulunmaktadır. Bir diğer tür olan kabuli (makrosperma) türleri ise beyaz çiçeklere sahiptir. Gövdede antosiyanin pigmentasyonu oluşmamaktadır, koç başı şeklinde tohumlar beyaz veya bej renklidir, ince tohum kabuğuna sahiptir ve tohum yüzeyi pürüzsüzdür. Ayrıca Hindistan’da yerel öneme sahip bezelye biçimli tohumlara sahip bir ara tür de tanımlanmıştır. Tohum ağırlığı genellikle desi ve kabuli türlerinde sırasıyla 0,1-0,3 g ve 0,2-0,6 g arasında değişmektedir. Desi türleri toplam nohut alanının yaklaşık %80-

85'ini oluşturur ve çoğunlukla Asya ve Afrika'da yetiştirilir. Kabuli türleri büyük oranda Batı Asya, Kuzey Afrika, Kuzey Amerika ve Avrupa'da yetiştirilmektedir (6).

Nohut makro ve mikro besin öğeleri açısından çok zengin bir kaynaktır. Bu özelliği nedeniyle tüketiminin sağlığı geliştirecek ve kronik hastalıklara yakalanma riskini azaltabilecek fizyolojik faydalara sebep olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (26, 28). Nohut içeriğindeki çeşitli vitamin, mineraller, oligosakkaritler, enzim inhibitörleri, fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşikler ile kaliteli bir protein ve posa kaynağı olması nedeniyle fonksiyonel besin olarak da kullanılmaktadır (6). Toplumun her kesimi için önemli olmasının yanı sıra özellikle ekonomik açıdan protein kaynaklarına ulaşması daha güç olan bireyler ya da farklı diyet türleri (düşük yağlı diyetler, vejetaryenler vb) uygulayan kişilerde en ucuz kaliteli protein kaynaklarının başında gelmektedir (9).

Esansiyel amino asitlerin (EAA) büyük bir kısmını içeren nohut, diğer kurubaklagillere kıyasla daha düşük alerjenite etkiler ve daha yüksek biyoyararlanıma sahiptir (29). Nohut tohumlarındaki toplam nişasta içeriğinin %40-%60 olduğu, yaklaşık 52,5 g/100 g, bunun %35'inin dirençli nişasta, %65'inin ise kullanılabilir nişasta olduğu rapor edilmiştir. Nohutun toplam yağ içeriği 4,5-6,0 g/100 g'dır (18).

Nohutun toplam diyet posası içeriği 18-22 g/100 g olup, diyet posası konsantrasyonu tahıl veya yağlı tohumlu fasulyenin iki katından fazladır (4). Ayrıca nohutun iyi bir demir kaynağı olduğu ve diğer baklagillere göre daha yüksek oranda demir içerdiği belirtilmektedir (18).

Tablo 2.2'de Türkiye'de yetişen nohutun 100 gramının besin değerleri gösterilmektedir (30).

Tablo 2.2: 100 gram Nohutun Besin Değerleri (30).

	Nohut
Enerji (kcal)	334.00
Protein (g)	18.56
Karbonhidrat (g)	41.35
Yağ (g)	5.33
Toplam Diyet Posası (g)	23.03
Kalsiyum (mg)	99.00
Demir (mg)	5.92
Fosfor (mg)	397.00
B1 vitamini (mg)	0.57
B2 vitamini (mg)	0.16

*Verilen değerler gıdanın yenilebilir 100 gramı içindir.

2.1.1. Nohutun karbonhidrat içeriği

Toplam karbonhidrat içerikleri kıyaslandığında diğer baklagiller ve nohut arasında farklar bulunmaktadır. Nohutun karbonhidrat içeriği diğer kurubaklagillerden yaklaşık % 41,1 - % 47,4 fazladır. Nohutta bulunan bazı oligosakkaritleri parçalamaya yarayan alfagalaktosidaz enzimi insan vücudunda bulunmamaktadır. Parçalanmadan kalın bağırsağa gelen oligosakkaritler orada doğal yollarla fermente olur (31). Nohutun temel karbonhidratı olan nişasta toplam karbonhidrat içeriğinin %83,9' unu oluşturmaktadır (27). Nohut karbonhidratları önemli prebiyotiklerdir ve 100 gram nohutta yaklaşık 12 gr prebiyotik bulunmaktadır (32).

2.1.2. Nohutun diyet posası içeriği

Hem çözünür hem de çözünmeyen formları kapsayan diyet posası, insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Nohutun 100 gramı 18-22 g arasında değişen yüksek miktarda diyet posası içermektedir (33). Spesifik olarak, ham nohut tohumları 100 g başına yaklaşık 4-8 g çözünür posa ve 10-18 g çözünmeyen posa içermektedir. Ancak diğer baklagillerle karşılaştırıldığında nohut kabuğunun kuru ağırlık bazında posa içeriği %75 oranındadır ve bu miktarın mercimek (%87) ve bezelyeden (%89) daha düşük olduğu raporlanmıştır (34).

Nohut türlerindeki posa miktarları karşılaştırıldığında desi çeşidinin, kabuli çeşidine kıyasla daha yüksek toplam diyet posası ve çözünmeyen diyet posası içeriğine sahip olduğu görülmüştür (6). Bu farkın kabuli türü nohutta yalnızca % 4,3 - 4,4 iken, toplam tohum ağırlığının % 11,5' ini oluşturan desi türündeki daha kalın kabuklara ve tohum kabuğundan kaynaklı olarak düşünülmektedir. Bu varyasyonlar nohut ailesindeki farklı özelliklerin posa içeriği üzerine etkileri olabileceğini gösterse de genel olarak içerdiği yüksek posa oranı nedeniyle olası sağlık yararları açısından dikkat çekmektedir (35).

2.1.3. Nohutun protein içeriği

Nohutun kuru tohumu %17-22 arasında değişen protein içeriğine sahiptir (36). Özellikle nohut proteininin kalitesi bezelye ve börülce başta olmak üzere birçok farklı baklagilden daha üstündür. Bununla birlikte, kabuli ve desi türleri arasında ham protein konsantrasyonunda farklılıklar mevcuttur (33).

Nohut tohumları toplam 18 farklı amino asit içermektedir (37). Nohutun iki farklı türü olan kabuli ve desi arasında amino asit içerikleri açısından önemli bir fark yoktur bu da her iki türün protein kalitesi ve amino asit bileşimi açısından benzer faydalar sunduğunu göstermektedir (33). Nohut çeşitleri arasındaki amino asit profillerindeki bu tutarlılık, çeşitli beslenme ihtiyaçları ve tercihlerine uygun, güvenilir bir bitki bazlı protein kaynağı olduğunu göstermektedir (38).

Nohut başta olmak üzere bazı diğer baklagiller (örneğin bezelye, mercimek, börülce vb) protein içerikleri nedeniyle besin sanayi açısından da oldukça önemlidir. Bir diğer yandan dünyanın pek çok yerinde geleneksel yemekler, nohutun buğday, pirinç veya diğer tahıllarla birleştirilmesinden oluşmaktadır (39). Ayrıca gluten, yumurta, süt, balık, kabuklu deniz ürünleri ve/veya susam alerjisi olan ve genel olarak yer fıstığı, soya fasulyesi, nohut ve baklagillere karşı çapraz reaksiyonu olmayan kişiler için alternatif besinsel ve fonksiyonel protein kaynakları arasında ilk sıralarda yer almaktadır (40). Aslında baklagiller ana alerjenler olarak sınıflandırılmaz; ancak nohut bazlı ürünlerin tüketiminin yüksek olduğu Akdeniz ülkeleri ve Hindistan gibi belirli coğrafi bölgelerde nohut alerjisi rapor edilmektedir (31).

2.1.4. Nohutun yağ içeriği

Nohutun 100 gramında bulunan toplam yağ değeri 4.5 - 6.0 gram arasında değişmektedir. Nohut tohumlarında bulunan yağ; linolenik asit (% 0,5-0,9), oleik asit (%21,6-22,2), linoleik asit (%54,7-56,2) gibi esansiyel doymamış yağ asitleri ile karakterizedir. Nohutta aynı zamanda da stearik asit (% 1,3-1,7) ve palmitik asit (% 18,9-20,4) de bulunmaktadır (27).

Nohutta yağlar depo ve membran molekülleri olarak bulunur. Depolama yağları, hücre sitozolünde yağ damlacıkları (yağlı faz) olarak süspanse edilen triasilgliserollerdir (TAG), yağ asitlerinin birincil depoları olarak görev yapmaktadır. TAG, desi tipi nohutta en bol bulunan nötr yağdır ve tipik olarak tohum çimlenmesi sırasında biyosentetik öncüler ve enerji takviyesi olarak görev yapmaktadır (6). TAG'lerin genel yapısı, benzer veya farklı üç yağ asidi ile esterlenmiş bir gliserol grubunu içermektedir. Nohutta ayrıca fosfolipitler, sfingolipitler, glikolipitler ve membran yağları olarak fitosteroller bulunmaktadır (41). Hem depolama hem de membran yağları toplam nohut yağı bileşimine katkıda bulunur. Nohutun genel yağ içeriği %3,8 ila 10,2 arasında olup, diğer kurubaklagillerden (örnek olarak mercimek, kırmızı barbunya fasulyesi gibi) daha yüksektir; yağ içeriği de sınıfına göre değişmektedir. Yağ içeriklerinin kabulü ve desi nohutları için sırasıyla %3,4–8,8 ve %2,9 -7,4 aralığında değişmektedir (41).

2.1.5. Nohutun mineral içeriği

Diğer baklagiller gibi nohut da özellikle Asya ve Afrika kıtalarında milyonlarca insanın bitkisel bazlı günlük beslenmelerine çeşitlilik getirmenin yanı sıra bireylerin ihtiyacı olan vitamin ve mineralleri de sağlamaktadır (42).

Tablo 2.3'te 100 gram nohutun içerdiği mineral değerleri gösterilmektedir (45).

Tablo 2.3: 100 gram Nohutun Mineral Değerleri (mg)

	USDA*
Bakır	0.84
Demir	6.24
Çinko	3.43
Manganez	2.20
Magnezyum	115.00
Kalsiyum	105.00
Sodyum	24.00
Potasyum	875.00
Fosfor	366.00

*Verilen değerler gıdanın yenilebilir 100 gramı içindir.

Yaklaşık 100 gram nohut tohumu günlük demir (erkeklerde 1,05 mg/gün ve dişilerde 1,46 mg/gün) ve çinko (4,2 mg/gün ve 3,0 mg/gün) ihtiyacını karşılayabilmektedir ve 200 gram nohut tüketildiğinde günlük magnezyum (260 mg) ihtiyacının karşılandığı raporlanmıştır (43). Nohutta bulunan toplam demir miktarı, mercimek ve fasulye gibi diğer baklagillerle karşılaştırıldığında daha düşüktür (44). Besleyici açıdan önemli bir esansiyel eser element olan selenyum da nohut tohumunda bulunmaktadır (45).

2.1.6. Nohutun vitamin içeriği

Günlük vitamin ihtiyacı tahıllar, bakliyatlar, meyve ve sebzeler, et ve süt ürünlerinden karşılanmaktadır (41). Tablo 2.4'te 100 gram nohuttaki vitaminler gösterilmektedir (46).

Tablo 2.4'te 100 gram nohutun içeriğinde bulunan vitamin değerleri gösterilmektedir (45).

Tablo 2.4: 100 gram Nohutun Vitamin Değerleri (mg)

	USDA*
A Vitamini	-
C Vitamini	4.00

B1 Vitamini	0.47
B2 vitamini	0.21
B3 vitamini	1.54
B5 vitamini	1.58
B6 Vitamini	-
B12 vitamini	0.53
B9 vitamini	-
E Vitamini	0.82
K Vitamini	9.00

*Verilen değerler gıdanın yenilebilir 100 gramı içindir.

2.2.Nohut Tüketiminin Sağlığa Faydaları

Nohut tohumları maliyeti düşük, iyi bir diyet posası ve biyoaktif bileşik kaynağıdır (örn. fitosteroller, saponinler ve oligosakkaritler). Nohut, buğdaya kıyasla daha yüksek toplam diyet posası içeriğine ve diğer baklagiller veya tahılların çoğuyla karşılaştırıldığında daha yüksek miktarda yağa sahiptir. Bununla birlikte, çoklu doymamış yağ asidi, linoleik ve oleik asitler nohut yağının neredeyse %50-60'ını oluşturur. Çoklu doymamış yağ asidi alımının hemostatik faktörler, insülin duyarlılığı ve serum yağları üzerinde yararlı bir etkiye sahip olduğu, dolayısıyla koroner kalp hastalığı riskini azaltmada yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Nohut tohumlarının içinde bulunan ferulik ve p-kumarik asitler düşük konsantrasyonlarda bulunan polifenollerdir ve bunların kan yağ düzeyleri üzerine olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir (47). En çok çalışılan karotenoid olan β -karoten nohut tohumlarında da mevcuttur. Bazı kesitsel ve ileriye dönük çalışmalar, kardiyovasküler hastalıkların insidansı ile β -karoten ve E vitamini gibi antioksidanların plazma düzeyleri arasında ters bir ilişki olduğunu göstermiştir (6,8). Nohut saponin bakımından zengindir ve saponinin içeriği yüksek besinlerin tüketiminin plazma kolesterolünü %16-24 oranında azalttığı bildirilmektedir (6). Yapılan bir çalışmada posa bakımından zengin nohut bazlı diyetin obez kişilerde toplam plazma kolesterol seviyelerini azalttığı gösterilmiştir (48). Gönüllü olan 45 sağlıklı yetişkin ile yürütölen bir çalışmada kişilerin beslenmelerine on iki hafta boyunca günlük 104 gram nohut eklenmiş ve

çalışmanın sonunda toplam kolesterol ve açlık insülinlerinin sırasıyla 7,7 mg/dL ve 0,75 µIU/mL azaldığı belirlenmiştir (8).

Nohut bazlı beslenmenin önemli miktarda eikosapentaenoik asit (EPA) sağladığı raporlanmıştır; bu durum sağlıklı kolesterol seviyelerinin korunması ile obezite, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar açısından koruyucu olabilir (49). Ayrıca nohut bazlı bir diyetle yüksek alfa-linolenik asidin (ALA) seviyeleri antihipertansif etkilere katkıda bulunan anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibisyonunu azaltmaktadır (50).

Nohut bazlı beslenmenin diyabet ve obezite üzerinde olumlu etkileri olduğu yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Mirmiran ve arkadaşlarının (51) 2019 yılında yaptıkları randomize çapraz bir klinik çalışmada nohut tüketen diyabetik hastalarda (n = 32), tüm hastalara kıyasla adiponektin düzeylerinin arttığı raporlanmıştır. Adiponektin, tip 2 diyabeti ve ateroskleroza önleyen oldukça önemli bir hormondur (52). Gupta ve arkadaşlarının (35), 30 kişi ile yaptığı bir başka klinik çalışmada nohut ve diğer kurubaklagillerden zengin bir diyetin vücut ağırlığı, sistolik kan basıncı, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) ve toplam kolesterolün azalması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Nohutun yağ asidi bileşimi gıda işleme ve pişirme tekniklerine duyarlıdır. Pişirme hem kabuli hem de desi çeşitlerinde yağ içeriğini artırabilmektedir, ancak basınçlı pişirme nohuttaki dört ana yağ asidinin seviyelerini azaltabilmektedir. Ayrıca, doymamış yağ asitleri doğrudan oksijene ve oto-oksidasyona yol açan diğer reaktanlara maruz kaldığından gıda işleme, nohut EPA'larının kalitesini ve miktarını etkilemektedir (53). Nohutun bazı pişirme yöntemlerine tabi tutulmasıyla yağ asitlerinde meydana gelen değişim Tablo 2.5'te incelenmiştir (41).

Tablo 2.5: Nohutun Yağ Asidi Bileşimleri (%) (41)

	Palmitik Asit	Oleik Asit	Linoleik Asit	Linolenik Asit
Çiğ	9.7	27.9	57.3	1.6
Haşlanmış	10.8	33.4	51.3	-
Basınçlı	9.6	27.7	56.3	1.6

Doğal ve katkısız beslenmeye geçişle popülerleşen çimlenme ve fermantasyon işlemleri de yağ asitlerinde bazı değişikliklere sebep olabileceği düşünülmektedir (14).

2.3.Çimlenme

Çimlenme, yararlı biyoaktif bileşiklerin artmasını sağlayan bir dizi süreci içeren bir işleme yöntemidir. Tohum ve baklagillerin çimlenme süreci boyunca kuru madde ortamdaki suyu hücre içine alarak metabolik süreçlerin harekete geçmesini sağlamaktadır (54). Böylece çimlenme, besin değerini artıran ve tohumda veya baklagillerde doğal olarak bulunan beslenme karşıtı faktörlerin (fitik asit, tanenler vb.) konsantrasyonunu azaltan enzimler ve kofaktörler üreten metabolik süreçleri aktive etmektedir. Metabolizma harekete geçtiğinde fide üretimini başlatan bir kökçük ortaya çıkar (55).

Bununla birlikte çimlenme işlemi sırasında tohumlarda embriyodan hormon (gibberellin) salınması gibi karmaşık biyokimyasal değişiklikler meydana gelmektedir (56). Tohumun aleuronik tabakasına kadar ulaşarak farklı enzimlerin (amilazlar, proteazlar) endosperme salınmasını uyarır ve ayrıca enzim inhibitörlerinin aktivitesini azaltır, tüm bu aktiviteler tohum ve endospermde bulunan bileşikler üzerinde etkilidir ve dolayısıyla tohum dönüşmektedir (56). Bu enzimler depolanmış karbonhidratlar ve proteinler üzerinde etkili olur ve bunları yavru bitkinin büyümesi için kullanarak daha küçük moleküllere dönüştürür (54).

Çimlenmenin, tohumların besin değerini artıran, fonksiyonel gıdalar olarak tüketilebilen yenilebilir filizler elde eden basit bir süreç olması nedeniyle, insan tüketimi için çimlendirilmiş yenilebilir tohumların üretimine olan ilgi giderek artmaktadır. Bu nedenle nohut filizlerinin büyümesini ve verimini uyarıcıların belirlenmesi önemlidir (57). Tohum çimlenmesi; suyun emilmesi, hücre içi yapının değişmesi, kök ve tomurcuğun büyümesi, enzim sisteminin oluşumu, solunumun artırılması ve depo maddelerinin bozunması ve değişimini içeren karmaşık bir fizyolojik ve biyokimyasal değişiklik süreçleri olarak tanımlanabilir (58). Gıda sanayi ve beslenme bilimi alanlarında önemli bir biyolojik işleme yöntemi olarak

çimlendirme, yenilebilir tohumların besin içeriğini iyileştirmek, anti-beslenme faktörlerini azaltmak ve proteinin sindirilebilirliğini arttırmak ve ayrıca fonksiyonel bileşenleri zenginleştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (59).

Tohumların çimlenmesi sırasında fiziksel yapı ve kimyasal bileşimlerde hızlı ve sürekli değişimler meydana gelmektedir. Besinin temel yapı elemanları olan protein, nişasta ve yağ içerikleri bu süreçte sürekli olarak değişerek, tohumların yaşam süreçlerini devam ettirebilmeleri için gerekli etken maddeleri ve gerekli enerjiyi biriktirilmesini sağlarlar (58). Mevcut çalışmalar, çimlendirmenin anti-beslenme faktörlerini azaltmak ve gama-amino bütirik asit (GABA), polifenoller, flavonoidler ve vitaminler gibi insan sağlığına faydalı biyoaktif bileşikler biriktirmek için umut verici bir yöntem olduğunu göstermiştir (7, 46, 60).

Bir diğer yandan çimlenmiş tahıl ve baklagil tohumlarındaki bu biyoaktif bileşenler dinamik bir süreç içerisinde yer almakta olup, bunların sentezi ve dönüşümü tohum türüne, çimlenme koşullarına ve çimlenme sürecindeki biyokimyasal değişikliklere bağlı farklılık göstermektedir. Bu değişiklikler, çimlenmiş besinleri çimlenmemiş tohumlara kıyasla besin kalitesi açısından daha değerli hale getiren bazı endojen enzimlerin aktivasyonu ile ilişkilendirilmektedir (7).

2.3.1. Çimlenmeyi etkileyen faktörler

Yapılan çalışmalarda aynı besinlerde yapılan çimlendirme sonrasındaki antioksidan kapasite, biyoaktif bileşenler, kül tayini, posa içeriği gibi parametrelerde farklılıklar olduğu belirtilmektedir (61, 62). Bu farklılıklar çimlenme işleminin fiziksel koşullara göre değişkenlik göstermesinden kaynaklanmaktadır (62). Çimlenme işleminin gerçekleştiği odanın sıcaklığı, çimlenme işleminin süresi, seçilen tanenin türü, üretim aşamaları, ortamdaki bağıl nem oranı, iklim koşulları, var olan ışık, elisitörlerin varlığı, çimlenme işleminden sonra tanenin kurutulma derecesi ve tanenin kurutulma hızı, analiz aşamasında nohut filizlerine uygulanan ekstraksiyon yöntemi ve süresi olarak belirtilebilir (63).

2.3.2. Çimlenmenin nohut üzerine etkisi

Çimlenme sürecinde, nohut tohumu suyu emer ve böylece metabolizma harekete geçer. Metabolizmanın harekete geçmesiyle birlikte nohutta beslenme karşıtı faktörlerde değişiklikler görülebilmektedir. Besin değerlerinde artmalar ve azalmalar gözlemlenir (64).

2.3.3. Çimlenmenin antioksidan kapasite üzerine etkisi

Çimlenme sırasında antioksidan etki gösteren vitaminler ve fenolik bileşik gibi diğer bileşenler önemli ölçüde değişmektedir (65). Çimlenme sürecinin genel olarak baklagillerin besin kalitesini artırdığı raporlanmıştır (66). López-Amorós ve arkadaşlarının (60), yaptıkları çalışmada çimlenme sürecinin seçilen kurubaklagillerin hepsinin antioksidan kapasitesi üzerinde değişimlere yol açtığı ancak bu değişimlerin her kurubaklagilde farklı olduğu saptanmıştır. Çimlenme anti besleyici özellikte olan bileşiklerin azaltılmasında görev alır, serbest amino asitlerin, mevcut karbonhidratların, diyet posası ve diğer bileşenlerin seviyelerinin arttırılmasına yardımcı olur (60).

Biyoaktif bileşiklerin miktarında da artışa sebep olduğu düşünülmektedir (67). Nohutun çimlenmesiyle arttığı görülen biyoaktif bileşiklerden biri, hücre zarlarını reaktif serbest radikallerin neden olduğu hasara karşı koruyan ve LDL kolesterol agregasyonunu azaltmaya yardımcı olan polifenollerdir (68). Fenolik bileşikler yalnızca gıdalardaki oksidasyonu etkili bir şekilde önlemekle kalmaz, aynı zamanda insan vücudundaki oksidatif hasara karşı koruyucu faktörler olarak da görev yapmaktadır (67).

2.3.4. Çimlenmenin biyoaktif bileşenler üzerine etkisi

Çimlenme, yararlı biyoaktif bileşikler üreten bir işleme yöntemidir. Tohum ve baklagillerin çimlenme sürecinde tohum suyu emer ve bu da metabolizmanın harekete geçmesini sağlamaktadır (69). Çimlenme, besin değerini artıran ve tohumda veya baklagillerde doğal olarak bulunan beslenme karşıtı faktörlerin (fitik asit, tanenler vb.) konsantrasyonunu azaltan enzimler ve kofaktörler üreten metabolik süreçleri aktive

eder (63). Metabolizma harekete geçtiğinde fide üretimini başlatan bir kökçük ortaya çıkar. Çimlenmiş baklagiller ve tohumlar, çimlenmiş keten tohumundaki yağ içeriğindeki değişiklikler, çimlenmiş soya fasulyesindeki suda çözünen bileşenlerdeki artışlar ve çimlenmiş karanfilin diyet posası içeriğindeki değişiklikler dahil olmak üzere besin için birçok fizyolojik ve kimyasal değişikliği barındırır (55).

2.4.Fermantasyon

Fermantasyon, mikroorganizmalar ve onların enzimleri tarafından oluşturulan birincil besin matrisinin biyokimyasal modifikasyonu şeklinde ifade edilebilir. Kurubaklagillerin raf ömrünü uzatmak, organoleptik özelliklerini geliştirmek ve biyoyararlılığını arttırmak için kullanılan yöntemlerden biridir (70). Fermantasyon, laktik asidin antimikrobiyal aktivitesi nedeniyle sadece patojenik bakterilerin büyümesini engellemekle kalmayıp aynı zamanda aflatoksini detoksifiye ederek besinleri güvenli hale getirmektedir (23). Ancak yapılan bazı çalışmalarda fermantasyonla beraber vitamin ve mineral kaybı, provitamin A ve antioksidan karotenoidlerin azalması gibi durumlar ortaya konmuştur (23,70).

Fermantasyon süreci; geleneksel ve modern fermantasyon yöntemleri şeklinde kategorize edilebilir. Baklagillerin ve diğer besinlerin geleneksel fermantasyonu, sürecin farklı aşamalarında birçok mikroorganizmanın dahil olduğu karmaşık bir süreçtir (71). Baklagillerin geleneksel fermantasyonunda yer alan ana mikroorganizmaların *Aspergillus* spp. gibi mantarlar ve *Rhizopus* spp. ve *Bacillus* spp. gibi bakteriler olduğu raporlanmıştır. Bu tür işlemlerde baskın olanlar ise LAB, *Leuconostoc*, *Lactiplantibacillus*, *Streptococcus* ve *Pediococcus* türleridir. Geleneksel baklagil fermantasyonu, geriye doğru eğilendirmeyi, yani daha sonraki fermantasyonda fermantasyon başlatıcı aşılama olarak önceden fermente edilmiş malzemenin bir kısmının kullanılmasını içermektedir (22). Mikrobiyal profil ve inokulum konsantrasyonu, fermantasyon tekniğine, baklagil türüne, sıcaklığa, pH'a, neme, oksijen mevcudiyetine, mevsime ve bölgeye bağlı olarak değişir. Örneğin, geleneksel soya fasulyesi fermantasyonunda *Aspergillus* ve *Rhizopus* gibi mantarlar hakimken, Afrika keçiboynuzu fasulyesinin geleneksel fermantasyonunda *Bacillus* türleri hakimdir. Ek olarak, besin mevcudiyeti mikrobiyal topluluğun

kompozisyonunu etkileyerek, zamanla baskın mikroorganizmanın değişmesine neden olur. Ayrıca, geleneksel fermantasyonda fermantasyon koşulları iyi tanımlanmamış ve optimize edilmemiştir; bunun yerine yaklaşık koşullar kullanılmıştır (72). Sonuç olarak, fermantasyonla üretilen ürünler, fonksiyonel özellikleri, beslenme profili ve duyuşsal özellikleri açısından farklılık gösterebilmektedir. Ürün tutarlılığının yanı sıra biyojenik aminlerin, mikotoksinlerin ve patojen organizmaların varlığı gibi güvenlik kaygıları da geleneksel fermente baklagiller ve diğer besin ürünleriyle ilgili bir diğer önemli sorunları yaratmaktadır. Mikrobiyoloji ve işleme teknolojisindeki modern gelişmeler, daha hassas ve kontrollü fermantasyon süreçleri için olanaklar sunmuştur (73). Modern sanayileşmiş fermantasyon, başlatıcı kültürün türünü ve dozajını, sıcaklık, pH ve besin seviyeleri gibi çevresel faktörleri kontrol ederek, geleneksel yöntemlere göre daha tutarlı ve öngörülebilir sonuçlar üretebilir. Ayrıca, belirli besinler için optimize edilmiş spesifik başlatıcı kültürlerin kullanımı, fermantasyon süreci üzerinde daha fazla kontrol sağlanmasına olanak tanır ve böylece yeni ve yenilikçi fonksiyonel besin ürünlerinin geliştirilmesi sağlanır (22).

Fermantasyonun, temel besin öğelerinin seviyesini artırması, anti-beslenme faktörlerinin seviyesini azaltması ile kurubaklagillerin besleyici profilinin geliştirilmesinde en iyi biyolojik parçalama süreçlerinden biri olduğu düşünülmektedir. Fermentasyon süreci kurubaklagillerin in vitro sindirilebilirliğinin iyileştirilmesine de katkıda bulunmaktadır (18).

Baklagillere uygulanan doğal veya spontan fermantasyon, çok sayıda mikroorganizmanın sıralı ve rekabetçi eylemi yoluyla gerçekleşmektedir; en iyi adapte olmuş suşlar daha iyi bir büyüme oranı görülmektedir. Kontrollü fermantasyon ise belirli suşların (başlangıç kültürleri) kullanımını içermektedir. Doğal fermantasyonda üreyebilen bakterilerin miktarı tahmin edilemez ve daha az etkilidir ancak gelişmekte olan ülkelerde, ekonomik ve pratik olması sebebiyle en yaygın kullanılan fermantasyon şeklidir (1).

2.4.1. Fermantasyonun nohut üzerine etkisi

Fermantasyon işlemi sırasında nohuttaki protein artışı, *R. oligosporus*'un çoğalması ve biyokütlesindeki artışın neden olduğu protein sentezi ile ilişkilidir.

Sánchez-Magaña ve arkadaşlarının (74), 2014'te yaptıkları bir çalışmada protein içeriğindeki artışın, fermentasyonun ilk aşamalarında süzülme yoluyla kaybolmuş olabilecek veya mantar tarafından kendi büyümesi için tüketilmiş olabilecek diğer bileşenlerin azalmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Fermentasyon sırasında nohutun kabuğu çıkarıldığında, kabuğun içerdiği belirli mineraller (kalsiyum, fosfor, magnezyum, demir, potasyum) ve yüksek posa nedeniyle besin değerlerinin azaldığı raporlanmıştır. Kabuğu soyulmuş nohuttaki yağ içeriğindeki artış, kül ve posa gibi diğer bileşenlerin kaybı da dikkate alındığında konsantrasyonun bir etkisi olabilir (22).

Fermentasyonun nohutta bulunan protein, yağ, posa ve kül üzerindeki değişimi Tablo 2.6'da gösterilmiştir (75).

Tablo 2.6: Fermentasyonun Nohutun Besin Değerlerine Etkisi (%) (75)

		Nohut unu	Protein	Yağ	Posa	Kül
Fermente Olmayan	Taze	Bütün	21.38	6.30	2.80	3.10
		Kabuksuz	22.85	6.63	0.70	2.96
	Sertleştirilmiş	Bütün	21.09	6.06	2.40	3.08
		Kabuksuz	22.60	6.57	0.50	2.97
Fermente	Taze	Bütün	24.37	6.18	2.30	1.97
		Kabuksuz	25.28	6.48	0.60	1.27
	Sertleştirilmiş	Bütün	24.27	6.05	2.20	1.89
		Kabuksuz	25.45	6.49	0.60	1.23

2.4.2. Fermantasyonun antioksidan kapasite üzerine etkisi

Kurubaklagillerin antioksidan kapasitesi, baklagilin içeriğindeki antioksidan görevi gören bileşenlerin konsantrasyonu ve kimyasal formu tarafından belirlenmektedir. Bu nedenle besinlerdeki antioksidan görevi gören bileşenlerin içeriğini değiştiren bir işlem olan fermantasyon besinlerin antioksidan kapasitelerini etkilemektedir (16). Fermantasyon koşulları ve besinin içeriğindeki farklılıklar fenolik içerikteki artışı etkilemektedir. Fenolik bileşikler antioksidan görevi gördüklerinden besinin antioksidan kapasitesine de katkıda bulunmaktadır (1). Bu nedenle fermantasyon sonrasında fenolik bileşik içeriğinde veya profilinde meydana gelen değişiklikler antioksidan kapasiteyi modüle edebilmektedir. Ek olarak, birçok laktik asit bakterisinin kendisi de enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidatif mekanizmalara sahiptir. Fermantasyon böylece kurubaklagillerin fenolik bileşik içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırabilir veya azaltabilir. Etki derecesi, sürece dahil olan mikroorganizma türlerine bağlıdır. Fermantasyondan alınan verimin kalitesi için besin matrisini fermente edebilen ve kirletici florayla rekabet edebilen yeterli bir mikroorganizmanın seçilmesi çok önemlidir (16).

2.4.3. Fermantasyonun biyoaktif bileşenler üzerine etkisi

Fermantasyon sırasında, biyoaktif bileşiklerin artan biyoerişilebilirliği ve biyoyararlılığı sayesinde son ürünlerin besin değerinde belirgin bir artış olduğu raporlanmıştır. Örnek olarak, fermente gıdalardaki polifenol içeriğinin artırılması söylenebilir (5). Fermantasyon sindirilebilirliği artırır ve sağlığa faydalı yeni biyoaktif kimyasallar üretir (72). Kurubaklagillerin fermantasyonuyla birlikte içeriğindeki miktarı artan GABA'nın hücre korunması ve oksidatif hasarın önlenmesinde etkisi vardır (1). Kurubaklagillerin fermantasyonu katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz seviyelerindeki artışların yanı sıra reaktif oksijen türlerinde ve pro-inflamatuar sitokinlerde (NF- κ B, IL- β , COX-2 ve TNF- α) azalmaya sebep olmaktadır (65). Ek olarak yapılan bir çalışmada fermente soya fasulyesindeki birincil biyoaktif içerik olan daizeinin, insülin direnci, obezite ve dislipidemi gibi hastalıkların riskini azaltmaktadır (76).

Meyveler, sebzeler ve kurubaklagillerde polifenoller esas olarak bitki hücre duvarındaki karbonhidrat kalıntılarını bağlar, bu da bağırsaktan emilimin değişken olmasına neden olur (77). Bu bağlamda, mikroorganizma fermantasyonu potansiyel olarak şu şekilde etki eder: (i) posayı parçalayarak biyoaktif bileşikleri serbest bırakır ve (ii) bağırsak seviyesinde daha verimli bir şekilde emilen daha küçük molekülleri veya bunların metabolitlerini serbest bırakarak metabolize olmalarını sağlar (1). Bu muhtemelen mikroorganizmaların, fermente gıdalardaki polifenol seviyelerinin artırılmasında oynadıkları önemli rol nedeniyle tanımlanan amilaz, β -glukosidaz, dekarboksilaz, fenolik asit dekarboksilaz, esteraz, fenol redüktaz, tanaz ve glukoamilazları eksprese etme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır. Bu enzimlerin ekspresyonu suşa özgüdür (77). Genel olarak bu kanıt, fermantasyon için kullanılan mikroorganizmaların gıda matrisini metabolize edebildiğini ve biyoaktif bileşikleri serbest bırakabildiğini göstermektedir (78,79). Böylece fermente ürünlerde polifenollerin (doğal olarak posalara bağlı) hem biyoerişilebilirliği hem de biyoyararlılığı artırılmaktadır. Bu yönler fermantasyonun fonksiyonel gıdaların üretimi için yararlı bir strateji olduğunu göstermektedir (80).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Nohut Örneklerinin Temin Edilmesi

Araştırmada kullanılan nohut örnekleri Konya Seydişehir'deki yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Örnekler kuru formda alınmış ve kuru bir ortamda 4°C sıcaklıkta plastik bir kaptaki saklanmıştır. Çimlendirme ve fermentasyon işlemi yapılmadan önce nohutlar ayıklanıp 200 gramlık paketler halinde ayrılmıştır.

3.2.Kimyasal Temini

Metanol, etanol, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), Sigma'dan (Steinheim, Almanya) sağlandı. Müeller Hinton agar, Saubard Dekstroz besiyeri Merck'ten (Darmstadt, Almanya) sağlanmıştır (82). Gallik asit, Folin Ciocalteu reaktifi, sodyum hidroksit (NaOH), petrol eteri, dimetil sülfoksit ve HPLC testinin mobil fazında kullanılan asetonitril:metanol:n-hekzan + %0,2 acetic acid İstanbul Medipol Üniversitesi laboratuvarından temin edilmiştir.

3.3.Veri Toplama Süreci

Oda koşullarında (25±1°C), karanlık bir ortamda ham, çimlendirilmiş ve fermente edilmiş nohutun antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde miktarı tayini, linoleik asit tayini ve kül tayini Ankara Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Laboratuvarlarında ve İstanbul Medipol Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmakoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.4.Çimlendirme İşlemi

Kullanılacak olan nohutlar yabancı maddelerin uzaklaştırılması için akan suda özenle ve su tüketimine dikkat edilerek yıkanmış (Resim 3.1) ve sonrasında süzme işlemi uygulanmıştır. Nohutların sterilizasyonunu sağlamak ve mikrobiyal bozulmaları önlemek amacıyla nohut taneleri 10 dakika süreyle %70'lik etanol çözeltisinde bekletilmiştir. Elde edilen steril nohut taneleri saf suda 5 dakika süreyle yıkanarak etanol uzaklaştırılmış ve tanelerin nötr hale gelmesi sağlanmıştır (83).



Resim 3.1: Nohutların çimlenme işlemi için hazırlanması

Su süzgeç ile süzildükten sonra sterilizasyonu tamamlanmış nohut taneleri optimum koşullar altında (25 ± 1 °C) ve karanlık bir ortamda 24 saat boyunca saf su (1:3) içerisinde ıslatılmıştır. Yirmi dört saatin sonunda tekrar süzgeç yardımıyla süzülen nohut tohumları 96 saat aynı karanlık ve oda sıcaklığındaki odada çimlenmek üzere bırakılmıştır. Çimlenmekte olan tanelerin nemli kaldığından emin olmak için 12 saatte 1 piset ile saf su ilave edilmiştir. Filiz uzunluğu 1 mm veya daha fazla olan taneler çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (Resim 3.3) (83).



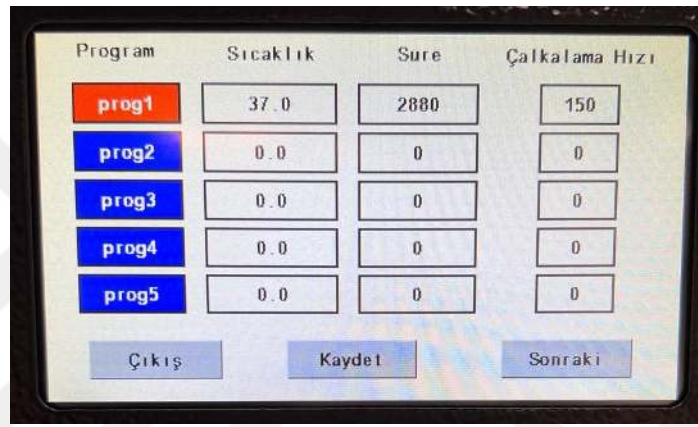
Resim 2.2: Çimlenmeden önceki nohut tohumları



Resim 3.3: Çimlenmeden sonraki nohut tohumları

3.5.Fermantasyon İşlemi

Ayrılan nohut tohumları sterilizasyon için 1:3 oranında saf su içerisinde 15 dakika bekletilmiştir. Sterilizasyonu tamamlanan nohut taneleri süzülüp, tekrar üzerine 1:3 saf su eklenmiştir. Gün ışığından korunması için erlenmeyer şişesinin üzeri alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Sadece tohum üzerinde bulunan mikroorganizmalarla doğal olarak fermente olması için orbital çalkalayıcı inkübatörde (Unitron, Infors AG) 37 °C’de 150 rpm’de 48 saat boyunca bırakılmıştır (Resim 3.4, Resim 3.5).



Resim 3.4: Orbital çalkalayıcı inkübatördeki sıcaklık, süre ve çalkalama hızı



Resim 3.5: Orbital çalkalayıcı inkübatörde doğal fermantasyona bırakılmış nohut taneleri

Fermantasyonun ardından örnekler dondurularak kurutulup 4 °C’de bir desikatörde vakum koşullarında karanlıkta saklanmıştır (10).

3.6.Analizler

Çimlendirilmiş ve fermente edilmiş nohut taneleri analizlere sokulmadan önce beyaz kurutma kağıtları üzerinde birbirlerine değmeyecek şekilde tepsilere dizilerek 45°C'ye ayarlanmış bir inkübatörde (ILD-IN 55, Ankara, Türkiye) 2 saat boyunca kurutulmuştur (Resim 3.6).



Resim 3.6: Fermente nohutların inkübatörde kurutulması

3.7.Nohutlara Kodlar Verilmesi

Çalışma sırasında çimlenmiş, fermente ve ham nohut örnekleri Tablo 3.1’de verilen şekilde kodlanmıştır.

Tablo 3.1: Nohutların Kodlanması

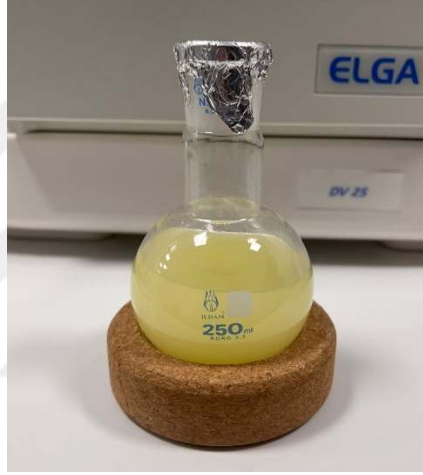
Yöntem	Verilen Kod
Çimlenme	Çim
Fermente	Fer
Ham	Ham

3.8.Nohut Ekstraksiyonu

Elde edilen tüm örnekler porselen havan yardımıyla elle öğütülmüştür. Bu aşamada ham nohutun da öğütülmesi sağlanmıştır. Her örnek 10 gram olacak şekilde tartıldı (Resim 3.7) ve oda sıcaklığında 72 saat boyunca metanol (200 mL) içerisinde bekletilerek maserasyon işlemine tabi tutulmuş ve ekstraksiyon sağlanmıştır (Resim 3.8).



Resim 3.7: Öğütülen örneklerden 10'ar gram alınması



Resim 3.8: Örneklerin metanol içerisinde bekletilmesi

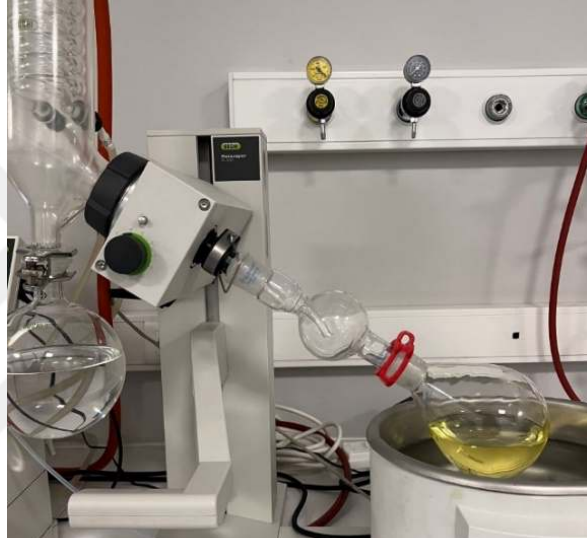
Erlenlerdeki katı sıvı heterojen ekstraktlar cam huni ve beyaz kağıt (süzgeç görevi) yardımıyla 250 mL'lik erlenlere süzdürülmüştür (Resim 3.9). Elde edilen sıvı ekstrakte katı madde kalmaması adına bu işlem iki kez uygulanmıştır.



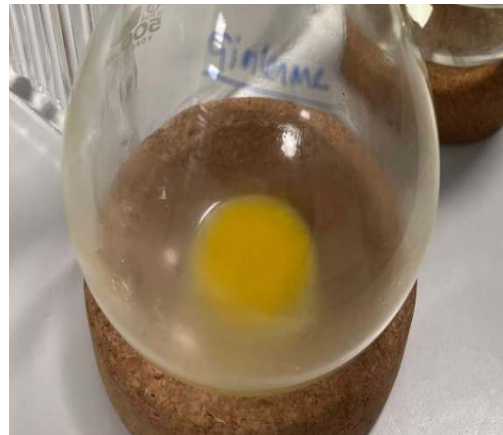
Resim 3.9: Ekstrelerin süzülmesi

3.9.Nohut Ekstrelerinin Metanolden Uzaklaştırılması:

Elde edilen ekstrelerden rotary evaporatör yardımıyla metanol uzaklaştırılmıştır. Bu işlem için mevcut olan balonların içine her bir ekstre ayrı olarak konulmuştur. Basıncın düşmesiyle birlikte kaynama noktasının düşmesi ilkesinden yararlanarak ekstrelerdeki metanol uzaklaştırılmıştır (Resim 3.10). Ekstrelerin içinde bulunan nohutların içerisinde doğal olarak bulunan su ve metanol karışımının uzaklaştırılması ile her bir nohut tohumunun özütü elde edilmiştir (Resim 3.11). Bu işlemler sırası ile tüm örnekler için yapılmıştır.



Resim 3.10: Rotary evaporator yardımıyla metanol çözeltisinin uzaklaştırılması



Resim 3.11: Metanol uçurulduktan sonra erlenmeyerde kalan çözelti

3.10. Ekstrelerin Antioksidan Aktivite Tayini İçin Dilüsyonu

Dilüsyon yöntemi yapılan diğer çalışmalara da bakılarak seçilen ve net miktarları ayarlanan tüplerdeki nohut özütleri 10 mg/mL konsantrasyonda dimetil sülfoksit (DMSO) ile hazırlanmıştır. Tüpler ultrasonik banyo içerisinde karışım homojen çözelti haline gelene kadar kapakları kapalı olarak bekletilmiştir. Gözle görülür şekilde partiküller kalmayana kadar ultrasonik banyoda tutulmuştur. İşlem tüm partiküller kaybolana kadar defalarca uygulanmıştır.

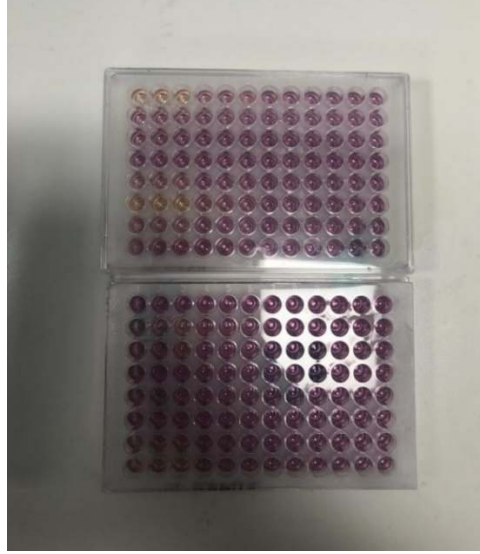
3.11. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Tayini

DPPH radikali temizleme etkinliğini ekstrelerde ölçmek için ekstrelerin DPPH radikalini temizleme yeteneği Yanping Zou'nun yöntemi kullanılmıştır (84). Serbest radikal yakalama etkinliği deneyi 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak çalışılmıştır. Ayrıca 96'lık well-platelerin her kuyucuğuna, elde edilen yeni ependorf tüplerinden multi-channel pipetlerle 10 µL çözelti konulmuştur. 0,001 gram DPPH alınarak 25 mL'lik metanolde çözülerek 0,1 mM DPPH çözeltisi elde edilmiş ve her kuyucuğa 190 µL ilave edilmiştir (Resim 3.12). Elde edilen son karışım, yavaşça çalkalanmış ve karanlık bir ortamda ve oda sıcaklığında yaklaşık 30 dakika bekletilmiştir. Son olarak absorbans, 517 nm dalga boyunda bir mikropilok okuyucu kullanılarak DMSO'ya karşı olacak şekilde ölçülmüştür. İşlem üç kez tekrarlanmıştır (82).

DPPH radikal temizleme aktivitesi hesaplanırken aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$\text{Antioksidan aktivite (\%)} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100 \quad (84).$$

A₀ kontrolün absorbansı olduğunda, A₁ ekstrelerin /standartların absorbansıdır. Ekstre konsantrasyonuna göre inhibisyon yüzdesinin grafiğini çizerek hesaplanmıştır. Pozitif kontrol olarak gallik asit kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar DPPH testi ile % inhibisyon olarak hesaplanmıştır.



Resim 3.12: DPPH testi için hazırlanan 96'lık well -plate'lerdeki çözeltiler

3.12. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

DPPH ile aynı dilüsyonla işlem yapılmıştır. DPPH testi için hazırlanan 4 farklı dilüsyon (10 mg/mL - 2,5 mg/mL - 0,625 mg/mL - 0,15625 mg/mL) toplam fenolik madde miktar tayini için de kullanılmıştır. Kullanılacak 96'lık well-platelerin her kuyucuğuna, tüm dilüsyonlardan 3 tekrarlı olacak şekilde multi-channel pipetlerle 5 μ L çözelti konulmuştur. Daha sonra kuyucukların üzerine önceden hazırlanmış Folin reaktifi (0,2 N Folin Ciocalteu reaktifi) ve su eklenmiştir. Her kuyucukta 5 μ L çözeltinin üzerine 145 μ L su + 25 μ Folin C. Reaktifi 6 dakika sonra 75 μ L Na₂CO₃ eklenmiştir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için bekleme süresi 2 saattir. Analiz 765 nm'de yapılmıştır. Standart olarak tek bir kuyucuk kullanmıştır ve gallik asit tercih edilmiştir. Sonuçlar gram ekstrede mg gallik asite (mg GAE/g) eşdeğeri olarak ölçülmüştür.

3.13. Kül Tayini

Besinlere içeriğinde bulunan bütün organik bileşikler yakabilecek derecede ısı verilip yakıldıktan sonra arda kalan inorganik kalıntı kül olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen inorganik kalıntının içerisinde magnezyum, bakır, demir, sodyum, mangan, potasyum çeşitli mineraller ve iz elementler mevcuttur (80).

Ham nohut, çimlenmiş nohut ve fermente edilmiş nohutlardaki kül miktarının tayini için her örnekten 5'er gram alınmış ve kül fırınında 550 °C'de yakılmıştır. Kül fırınıyla eşit sıcaklıkta olacak şekilde ısıtılan krozeler sabit tartım haline getirilip desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup darası alınmıştır. Örnekler yaklaşık 5'er gram olarak porselen krozeye konulmuş 550 °C'ye ulaştığında beyaz renkte küller elde edene kadar yakılma süreci devam etmiştir. Kül fırınında elde edilen beyaz küller fırından çıkarılıp soğuması için desikatöre konulmuştur.

Elde edilen örnekler tartılmıştır. Kül tayini için kullanılan denklem aşağıda verilmiştir:

$$\%Kül = [(Dara+Kül)-Dara] / ((Dara+Örnek)-Dara) * 100 \quad (80).$$

3.14. Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi (HPLC)

Gurassi ve arkadaşlarının çalışmalarında tercih ettiği metod küçük modifikasyonlarla kullanılmıştır. Yetmiş gram nohut tartılıp, 200 mL metanol içinde 72 saat bekletilmiştir. Adi süzgeç kâğıdı ile süzölmüş ve 3 kez metanol ile yıkanmıştır. Rotary evaporatör ile metanol uzaklaştırılmıştır (Resim 3.13).



Resim 3.13: Rotary evaporator yardımıyla metanol çözeltisinin uzaklaştırılması

Elde edilen maddelerden 4'er gram tartılmış ve 40 mL 0,5 M NaOH ile 100 °C de 1 saat kaynatılmış, 40 mL petrol eteri ile 3 kez ekstraksiyon yapılmıştır. Birinci ekstraksiyondaki petrol eterli fazlar atılmıştır ve sulu faz 1 M HCl ile pH 2,9' a ayarlanmıştır. İkinci ekstraksiyon için 40 mL petrol eteri ile 3 kez ekstraksiyon yapılmıştır ve eterli kısım azot atmosferi altında uzaklaştırılmıştır. Elde edilen yağ asitlerince zengin ekstre 100 mL metanolde çözülmüştür ve 100 mL' ye tamamlanan

çözeltiler 1:10 ve 1:100 oranında tekrar seyreltilerek ve 0,22 µm enjektör filtresinden süzülerek HPLC verilmiştir (85).

3.15. HPLC Analizi İçin Çalışma Koşulları

HPLC Analizi için hazırlanan koşullar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3.2: HPLC Analizi İçin Çalışma Koşulları

HPLC Koşulları	
Dedektör	Diode array detector
HPLC sistemi	Shimadzu LC20AT, Shimadzu 20A
Kolon	Phenomenex, C18 kolonu (250 x 4,6 mm, 5 µm)
Akış hızı	1 mL/dk
Kolon sıcaklığı	25 °C
Mobil Faz	90:8:2 (asetonitril:metanol: <i>n</i> -hekzan) + %0,2 asetic asit
Metot süresi	60 dk
Enjeksiyon hacmi	100µL

3.16. HPLC İçin Kalibrasyon Grafiğinin Hazırlanması

Sonucun kesinliği için analize başlamadan önce standartla beraber farklı dozlarda düşükten yükseğe doğru standart (linoleik asit) verilmiştir. Standart çözeltiler hazırlanırken 28,1 mg linoleik asit standardı tartılarak 25 mL de çözülmüş ve derişimi 1124 ppm (mg/L) olarak hesaplanmıştır. Standartlar çözeltiler hazırlanan 1124 ppm stoktan MeOH ile seyreltilerek, 5 ppm, 10 ppm, 20 (22,48) ppm, 40 (44,96) ppm, 60 (67,44) ppm olmak üzere hazırlanmıştır. Standartlar 20 dk analiz süresine tabi tutulmuştur. Numuneler 60 dk analiz süresine tabi tutulmuştur. Enjeksiyon hacmi 100µL'dir ve analizler 3 kez tekrarlanmıştır.

3.17. Kalibrasyon ve Sistem Uyumluluk Çalışmaları

Çalışmada kullanılacak olan sistem parametreleri 21748 (Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty

estimation) ve ISO 5725 (Accuracy of Measurement Methods and Results Package) standartları ile Eurachem (2012)'de verilen talimatlar ışığında belirlenmiştir.

3.18. İstatistiksel Analiz

Verilerin bilgisayar ortamına aktarımı ve elde edilen sonuçların yorumlanması için Microsoft Office Excel 365 programı kullanılmıştır. Veriler t-test ile karşılaştırılmış ve istatistiki önem seviyesi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Araştırma sonucunda ulaşılan sonuçlar ortalama değerleri ve standart sapmaları ile yazılmıştır.

3.19. Çalışmanın Sınırlılıkları

Ekipman ve örnek standart yetersizliği ve hizmet alımı olarak alınacak standartların yüksek maliyeti ayrıca laboratuvar personelinin yetersiz süresi sebebiyle daha fazla biyoaktif bileşen analizi yapılamaması çalışmanın sınırlılıklarındandır. Fermantasyondaki reaksiyonlar, fermantasyonun yeri, beslenme şekli, mevcut bakterilerin bileşimi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir ve bu durum çalışmayı sınırlamaktadır. Duyusal analizlerin gerçekleştirilmesinin çalışmanın geçerliliğini artıracığı düşünülmektedir.

4. BULGULAR

Konya'nın Seydişehir ilçesinde yerel bir üreticiden alınan kabuli nohut tohumları üzerinde çimlendirme ve fermantasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan işlemler sonrasında antioksidan kapasitesinde, linoleik asit miktarında ve içerdikleri kül miktarındaki değişimleri gözlemlemek amacıyla tohumlar; DPPH, TPC, HPLC analizlerine ve kül tayinine uygun hale gelmesi için çeşitli işlemlere tabi tutulmuştur.

4.1.DPPH Testi ile Antioksidan Kapasite Tayini

Çimlenen nohutların (Çim), fermantasyona uğrayan nohutların (Fer) ve ham nohutun (Ham) antioksidan kapasitelerinde meydana gelen değişimler Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: Nohut Örneklerinde DPPH Yöntemine Göre Antioksidan Kapasite Değerleri (% inhibisyon)

Uygulanan İşlemler	Antioksidan aktivite
Ham	44,30 ± 0,601
Çim	41,01 ± 0,411
Fer	39,66 ± 0,201*

*(p<0.05)

Nohutun antioksidan kapasitesi DPPH testinde çimlenme, fermente ve ham haline göre sırasıyla ham nohutta (Ham): %44,30 ± 0,601, çimlenmiş nohutta (Çim): %41,01 ± 0,411, fermente nohutta (Fer): %39,66 ± 0,201 olarak hesaplanmıştır. Antioksidan kapasitesi en düşük olan nohutların fermentasyona uğrayan nohutlar olduğu saptanmıştır (p<0.05).

4.2.Toplam Fenolik Madde Tayini

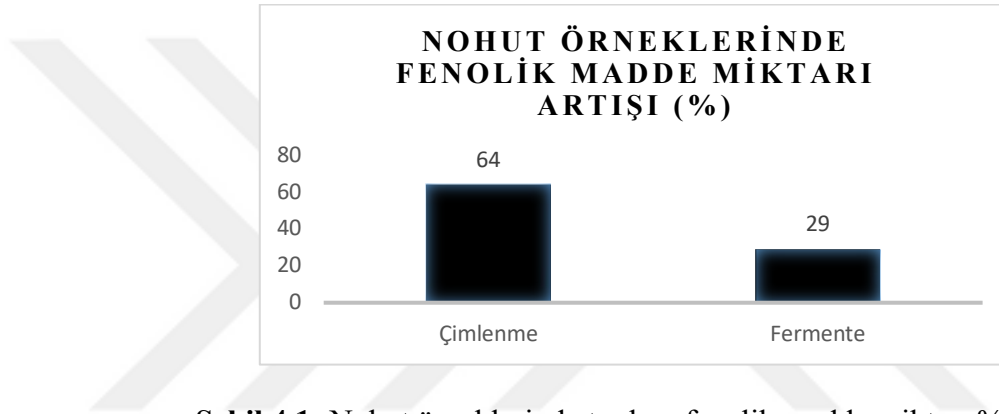
Nohutların çimlenme ve fermantasyon işlemleri sonrası toplam fenolik madde miktarı ölçümleri Tablo 4.2'de gösterilmektedir.

Tablo 4.2: Nohut Örneklerinde Toplam Fenolik Madde Miktarları (mgGAE/g ekstrakt)

Uygulanan İşlemler	Toplam fenolik madde (mgGAE/g)
Ham	44.073±0.213
Çim	72.350±1.574*
Fer	57.523±3.034

*(p<0.05)

Nohutun toplam fenolik madde miktarı ham nohutta (Ham): 44.073±0.213 (mgGAE/g), çimlenmiş nohutta (Çim): 72.350±1.574 (mgGAE/g), fermente nohutta (Fer): 57.523±3.034 (mgGAE/g) dır.



Şekil 4.1: Nohut örneklerinde toplam fenolik madde miktarı % artışı

Nohut örneklerinin toplam fenolik madde miktarında çimlenmiş nohutta (Çim): %64 ve fermente nohutta (Fer): %29 artış gözlenmiştir. Buna göre en yüksek fenolik madde miktarı çimlendirme işlemi uygulanan nohut örneklerinden elde edilmiştir (p<0.05).

4.3.Kül Tayini

Nohutun ham, çimlendirme ve fermentasyon işlemleri sonrası kül tayini ölçümleri Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Nohut Örneklerinde Kül Miktarı

Uygulanan İşlemler	Kül Miktarı (%)
Ham nohut	3.04
Çimlenmiş nohut	2.72
Fermente nohut	2.05*

*(p<0.05)

Buna göre kül miktarı ham nohutta (Ham): %3,04, çimlenmiş nohutta (Çim): %2,72 ve fermente nohutta (Fer): % 2,05 olarak hesaplanmıştır. En düşük kül miktarı fermente nohut örneklerinde saptanmıştır ($p<0.05$).

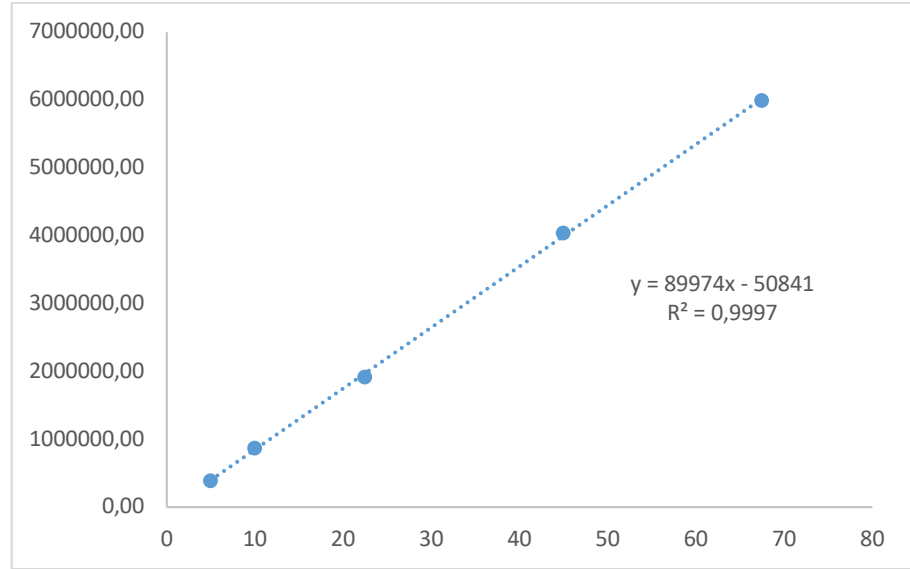
4.4.HPLC Yöntemi ile Linoleik Asit Tayini

İçeriği 6,5-6,8 arasında değişen standart olarak kullanılan linoleik asit ile gerçekleştirilen analizden elde edilen pikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 4.4). HPLC analizi ile elde edilen bu pikler ile kalibrasyon grafiği elde edilmiştir (Şekil 4.2).

Tablo 4.4: Standart Konsantrasyonuna (ppm) Göre Pik Alanları ve Ortalaması

Standart kons (ppm)	Pik Alanı			Ortalama
	1.	2.	3.	
5	387351	389948	394397	390565,33
10	877317	880391	875820	877842,67
22,48	1925857	1919585	1919728	1921723,33
44,96	4050662	4042177	4039485	4044108,00
67,44	5999229	5996951	5994609	5996929,67
100	7666131	7654731	7654755	7658539,00
224,4	13628509	13650859	13622571	13633979,67
337,2	16915463	16935950	16892138	16914517,00
449,6	18544143	18693864	18459638	18565881,67
562	21298732	25582457	21231615	22704268,00

Bulunan sonuçlar niceleme sınırı (LOQ) değerlerinin üzerinde olduğu için sonuçlar güvenilirdir. Yapılan harici kalibrasyon çalışmaları 5-66,44 ppm konsantrasyon aralığında doğrusaldır. r^2 değeri 0,9997 olarak bulunmuştur. Bu değer 1'e yakın olması doğrusallığın yüksek olduğunu göstermektedir. Doğrusallığın yüksek olması kesinliği tekrarlanabilirliği ve doğruluğunu artırmıştır.



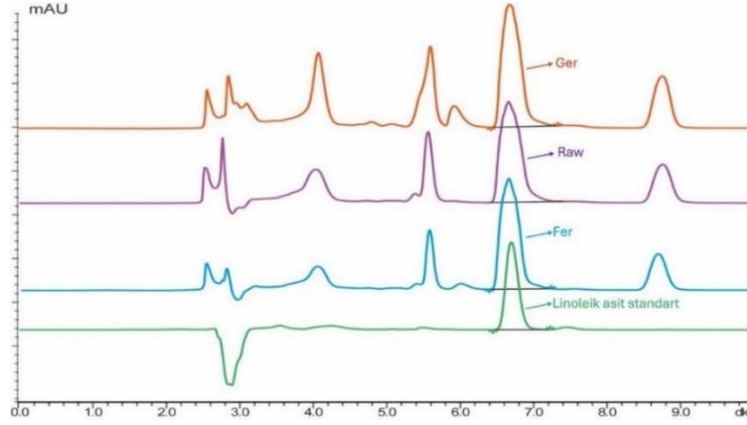
Şekil 4.2: Linoleik asit standart eğrisi

Çalışmada elde edilen sistem uygunluk ve çalışma koşulları parametreleri aşağıdaki Tablo 4.6'da verilmiştir. LOD sinyalin gürültüden ayrılabilirdiği en küçük konsantrasyon LOQ ise ölçüm yapılabilen en küçük konsantrasyonu vermektedir.

Tablo 4.5: HPLC Analizi İçin Deneysel Parametreler

Deneysel parametreler	Değer
λ maks	208
Konsantrasyon aralığı	5-66,44 ppm
Korelasyon katsayısı ile gösterilen doğrusallık	0,9997
Algılama sınırı (LOD)	0,1280733 mg/L
Niceleme sınırı (LOQ)	0,3842197 mg/L
Alıkonma süresi	~6,6 dk
Doğrusal regresyon denklemi	$y = 89974x - 50841$

Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere linoleik asit standardı ile örneklerin (Çim, Fer, Ham) kromatogramların uyuştugu gözlemlenmektedir. Her 3 örnekte de linoleik asit bulunmaktadır ve miktarları Tablo 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.3: Örneklerin kromatogramlarının karşılaştırılması

Tablo 4.6: HPLC Analizi Sonrası 1 gram Nohutun Linoleik Asit Miktarları

Pik alanı						
1.	Konsantrasyon	ppm	(mg/100 mL) =4 g ekstre= 70 g nohuttan çıkan	1 gram nohutta bulunan mg linoleik asit	% (g/g) Linoleik asit	
Ham	1801050	20,58	2058,25	205,8251273	2,9404	0,2940
Çim	688801	8,22	822,06	82,2061929	1,1744	0,1174
Fer	3351042	37,81	378,10	37,80962278	0,5401	0,0540

(p<0.05)

HPLC analizi sonuçlarına göre 1 g nohutun linoleik asit miktarı ham nohutta 2,9404 mg; çimlenen nohutta 1,1744 mg; fermente nohutta 0,5401 mg olarak hesaplanmıştır (Ham>Çim>Fer).

5. TARTIşMA

5.1.Antioksidan Kapasitesi ve Toplam Fenolik Madde Miktarı

Antioksidan kapasiteyi etkileyen faktörlerden biri toplam fenolik madde miktarı ve türü olarak bilinmektedir. Bu yüzden besinlerin antioksidan kapasitesini etkileyen fenolik maddelerin hangisi olduğu ve ne oranda etkilediği üzerine sıklıkla çalışmalar yapılmaktadır (28,54,83). Çimlenme süreci boyunca fenolik bileşenler polimerizasyona uğrayabilmekte ayrıca tohumun yapısında önemli değişiklikler görülebilmektedir. Tohumlar ve doğal olarak içeriğinde bulunan bileşenler çeşitli reaksiyonlar gerçekleştirmektedir (83).

Duen̄as ve arkadaşları 2016'da (87), çimlendirilmiş baklagillerin fitokimyasal ve besin kalitesindeki iyileşmenin temel olarak fenolik madde bileşiminde ve diyet posasında gözlenen değişikliklerden kaynaklandığını bildirmiştir.

Tam tahıllarla ilişkili fenolik bileşiklerin çođu çözünmeyen bağlı formda bulunmaktadır (88). Domínguez-Arispuro ve arkadaşları (89), yaptıkları çalışmada alkalın hidroliz yoluyla serbest ve bağlı fenoliklerin serbest kalmasını artıran bir metodoloji kullanarak ana serbest ve bağlı fenolik asitler ayrılmış ve karakterize edilmiştir. Ancak karşılaştırılan çalışmaya göre tahıllardaki ve baklagillerdeki fenolik asitleri belirlemenin ve miktarını karşılaştırmanın zor olduğu saptanmıştır (89). Bu bilgiler ışığında hangi fenolik maddenin hangi oranda antioksidan kapasiteye etki ettiğini bulmak için daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Karanlık bir ortamda ve 25 °C sıcaklıkta çimlendirilen iki farklı maş fasulyesi üzerinde çalışma yapan Gan ve arkadaşları (90) bağlı fenolik ve çözünür fenolik fraksiyonlarının günden güne değiştini tespit etmişlerdir. Çimlenme başlangıcında fenolik madde miktarı en az miktarındayken 5. gün sonunda en yüksek seviyeye ulaşılmıştır (90). Bir diğer çalışmada benzer şekilde ham ve filizlendirilmiş tanelerinin toplam fenolik madde miktarının sırasıyla işlem görmemiş maş fasulyesi 214,7 mg GAE/100 KA ve çimlenmiş maş fasulyesi 966,4 mgGAE/100 KA olduğu belirtilmiştir (91).

Domínguez-Arispuro ve arkadaşları (89) çimlenme işleminden sonra toplam fenolik içerikte gördükleri değişiklikleri çimlenme süreci boyunca meydana gelen fenolik bileşiklerin biyosentezi ve salınımına bağlanmaktadır. Ayrıca çimlenme sırasında tohumun solunum sistemi aktiftir ve bağlı fenolik bileşiklerin salınmasına katkıda bulunan farklı proteolitik, amilolitik ve hücre duvarı bozunma enzimleri üretilmektedir (92). Çimlenme işlemi sonrasında görülen fenolik madde miktarındaki değişimlerin sebebi olarak bunların yanı sıra çimlenme süresince meydana gelen fenolik bileşim biyosentezi ve salınımı gösterilebilir. Wu ve arkadaşlarının (93) çimlenmenin nohuttaki izoflavonoid içeriğini ve antioksidan kapasitesini belirlemek için yaptıkları çalışmada ham örneklerle karşılaştırıldığında çimlenmenin baklagil tohumlarının antioksidan aktivitesini en üst düzeye çıkardığı belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada bağlı fenolik ekstraktlerdeki antioksidan kapasitesi belirlenememiştir (93). Xue ve arkadaşlarının (94) 2016'da üç tip baklagilde çimlenme sırasında biyoaktif bileşiklerin ve antioksidan aktivitenin değişimi üzerine yaptıkları çalışmada çimlenmiş baklagillerin toplam antioksidan aktivitesine en yüksek katkıyı toplam fenolik madde miktarının yaptığı sonucuna varmışlardır. Aynı sene Singh ve arkadaşlarının (95) yaptığı çalışmada sinapik asit, ferulik asit, kateşin, p-kumarik asit, resveratrol, kersetin ve luteolin gibi fenoliklerin maş fasulyesi ekstraktındaki önemli bileşikler olduğu ve antioksidan aktiviteye en büyük katkıyı sağlayanlar olduğu tespit edilmiştir. Khang ve arkadaşlarının (96) araştırmalarında çimlendirilmiş altı farklı tohumda 13 farklı fenolik bileşik tespit edilmiş ve fenolik bileşikler ile antioksidan aktivite arasında önemli bir korelasyon olduğu raporlanmıştır. Juan ve Chou 2010'da (97) fermentasyon fenolik madde miktarında gözlemlenen artışı *R. oligosporus* tarafından üretilen β -glukosidaz ve β -glukuronidaz enzimlerinin, baklagilde bulunan kompleks fenolikleri çözünür formlara hidrolize edebildiğini ve böylece fenolik içerikte de artış olması olarak bildirilmiştir. Lin ve arkadaşları (98) 2016'da fermente edilmiş ve edilmemiş soya fasulyesini karşılaştırıldığında, iki farklı filamentöz mantar ile fermentasyon sonrasında soya fasulyesinde toplam fenolik madde miktarının ve antioksidan aktivitelerin önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Muğla'da yapılan bir çalışmada arpanın toplam fenolik madde miktarının çimlenme sürecinden sonra %28,17 oranında arttığı saptanmıştır (83). Sáez ve arkadaşlarının (99) çalışmasında, diğer işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında nohut ununun tekno-

fonksiyonel özelliklerini arttırmak için fermantasyonun ıslatma, çimlendirme ve pişirmeye göre daha iyi olduğu raporlanmıştır. Fermente nohutla elde edilen hamurlar, kontrollere göre %81 daha fazla toplam fenolik madde ve %64 daha fazla antioksidan aktivite içeren besinlerin üretimine destek olmuştur (99).

Literatürde bulunan diğer çalışmalara (96, 97, 98, 99) benzer olarak çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere göre nohut örneklerinin toplam fenolik madde miktarında çimlenmiş nohutta %64 ve fermente nohutta %29 anlamlı bir artış saptanmıştır. Çimlenme sonrası toplam fenolik madde miktarında görülen artışın nohut tanesinin embriyonik ekseninde de novo fenol biyosentezi gerçekleşmesi ile mümkün olduğu düşünülmektedir (100). Xiao ve arkadaşları (101) yaptıkları çalışmada fermente nohutun, fermente edilmemiş nohuta göre antioksidan kapasite açısından; DPPH yöntemi ile %48 daha yüksek ve Troloks Eşiti Antioksidan Kapasite (ABTS) yöntemi ile %38 daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada fermantasyondan sonra maş fasulyesinde de antioksidan kapasite artışı olduğu tespit edilmiştir (102). Benzer şekilde Lee ve arkadaşlarının (103) yaptıkları çalışmada da fermantasyonun güvercin bezelyesinin antioksidan seviyesini artırdığı saptanmıştır. Ayrıca Xiao ve arkadaşları (101), fermente nohutlarda DPPH ve ABTS radikallerinin inhibisyonunda görülen önemli artışın, fenolik glikozitlerin daha antiradikal aglikonlara enzimatik dönüşümüne bağlamaktadır. Bu durum aynı zamanda fermente kabuli ve desi nohutlarda radikal temizleme aktivitelerinin artışına neden olarak düşünülmektedir (101). Toor ve arkadaşlarının (104), yaptıkları bir çalışmada fermantasyonun tüm baklagillerin toplam fenolik madde miktarını önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlardır. Fermente kabuli ve desi nohutlarının fermente edilmemiş kabuli ve desi nohutlarına göre sırasıyla %52 ve %23 daha yüksek fenolik madde içerdiği bulunmuştur (104).

DPPH ve TPC yöntemlerinin kanıtı niteliğinde olan FRAP antioksidan belirleme yöntemiyle baklagillerin antioksidan kapasitesini ölçen Razak ve arkadaşlarının (105) çalışmasına göre fermente edilmiş baklagillerde antioksidan kapasitesinin fermente edilmemiş olan örneklerle göre daha fazla olduğu bulunmuştur ve bu sonuç fenolik içeriklerin artmasına bağlanmıştır.

Aynı şekilde Toor ve arkadaşları (104), fermente edilmiş soya fasulyesinin, kabuli nohutunun ve desi nohutunun, bezelyenin antioksidan kapasitelerinin sırasıyla %163, %46, %43, %19 arttığını gözlemlemiştir. Aynı çalışmada *R. oligosporus* ile fermantasyon sonrasında kabuli ve desi nohut, güvercin bezelyesi ve soya fasulyesinin antioksidan kapasitesindeki artış, yapılan bu çalışmada da düşünülebileceği gibi fenoliklerin zenginleşmesine atfedilmiştir. Fermantasyon sırasında flavonoid içeriğinde ve fenolik madde miktarında görülen artışın antioksidan kapasitedeki artışı olumlu yönde etkilediği sonucuna varmıştır (104).

Lee ve arkadaşlarının (106) siyah fasulyenin antioksidan kapasitesi ve fenolik içerik miktarını artırmak için yaptıkları çalışmalarında fermantasyonla antioksidan kapasitenin artırılabilirdiğini tespit etmişlerdir. Ancak bu artışın, fermantasyonu başlatıcı organizmaya göre değişiklik gösterdiği ve yine başlatıcı organizmaya bağlı olarak toplam fenolik maddelerin ve antosiyaninlerin içeriğinde de artış olabileceği bildirilmiştir. Gıdalardaki biyoaktif fenol içeriğini ve antioksidan potansiyelini artırmanın alternatif bir yolu olarak filamentöz mantarlarla gerçekleştirilen katı hal fermantasyonu işlemi gösterilmiştir (106).

Toor ve arkadaşlarının (104) çalışmasında fermantasyonun nohut örneklerinin fenolik ve saponin içeriğini önemli ölçüde arttırdığı ayrıca antioksidan kapasitelerini ve DNA hasarına karşı koruma özelliklerini artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada antioksidan aktivitelerinin ekstrelerin solventlerine göre değiştiği de rapor edilmiştir. Fermente nohutun metanol ile hazırlanan ekstrelerinde en yüksek antioksidan kapasitesi sonuçları DPPH yönteminde gözlemlenmiştir. Etanol ile hazırlanan ekstrelerde ise en güçlü antioksidan aktivitenin FRAP yöntemi sonucu ortaya çıktığı bildirilmiştir. Çalışmaların sonucunda fermente nohutun, fermente edilmemiş nohutla karşılaştırıldığında antioksidan bakımından zengin ve sağlıklı bir gıda takviyesi olacağı düşünülmektedir (104).

Literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada nohutun antioksidan kapasitesi DPPH testinde çimlenme, fermente ve ham haline göre sırasıyla $44,30 \pm 0,601$, $41,01 \pm 0,411$, $39,66 \pm 0,201$ olarak hesaplandı. Bu farklılığın

sebebi olarak kullanılan nohutun cinsinin farklılığı, süreç içinde kullanılan malzemelerin gerekli konsantrasyonda kullanılmamış olması, test aşamasından önce yapılan işlemlerde örneklerin bekletilmiş olması gösterilebilir. Antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarı arasında işlemler sonrasında bir paralellik olmamasının sebebi olarak çimlenme koşullarının toplam fenolik maddelerin farklı fraksiyonlarında görülen değişimleri farklı şekillerde etkilemesi olarak görülebilir. Daha kesin sonuçlar için çalışmalara devam edilmelidir.

5.2.Kül Tayini

Bu çalışmada ham nohut, çimlenmiş nohut ve fermente nohuttaki kül miktarları, sırasıyla %3,04, %2,72 ve %2,05 bulunmuştur. Literatürde yer alan çalışmalarda da benzer sonuçlara rastlanmaktadır (69, 70). Ferreira ve arkadaşlarının (69) 2019 senesinde yaptıkları nohutun 48 saatlik çimlendirme işlemi sonucu kül tayinini ölçtüğü çalışmada ham nohutta kül miktarı %3,3, çimlenme sonunda %3,0 olarak bulunmuştur. Elobuike ve arkadaşlarının (107) çalışmasında maş fasulyesindeki kül miktarlarının çimlenmeyle birlikte azaldığı saptanmıştır. Xu ve arkadaşları (80) 2009'da yaptıkları çalışmada mercimeğin çimlenme sonrasında kül içeriğinde anlamlı bir azalma olduğunu belirtmiştir. Cornejo ve arkadaşları (108) esmer pirincin çimlenme sürecinden sonra kül miktarında anlamlı bir azalma (ham: 2,85g/100g çimlenme: 2,35g/100g) saptamışlardır. Uppal ve Bains'in (109) benzer şekilde yaptıkları çalışmada araştırmacılar 25 °C sıcaklıkta 12, 16, 20 saat boyunca maş fasulyesini çimlendirip kül miktarlarını %7.4, %8.3 ve %8.8 olarak tespit etmiştir. Adejuyitan ve arkadaşları (110) yaptıkları araştırmada ham ve fermente yer bademi unlarının kül miktarını sırasıyla; %2,72 ve %2.37 bulmuşlar ve fermantasyonla birlikte yer bademi unlarının kül miktarında anlamlı bir azalış saptamışlardır.

Nohutların kül miktarında fermantasyon sürecinde ve sonrasında azalma görülmesi metabolik aktiviteleri gerçekleştirebilmek için fermantasyon metabolitlerinin hayati tuzları kullanmasındaki kaynaklı olabilir. Literatürdeki diğer çalışmalara benzer olarak çalışmamızda çimlenme, fermente ve ham haline göre nohuttaki kül miktarı sırasıyla ham, çimlenmiş ve fermente nohutta %3,04, %2,72, %2,05 olarak hesaplandı. Bu çalışma ve diğer çalışmalar (109, 110) arasındaki oransal

farklılıkların örnek olarak kullanılan nohutların çeşitlerinin farklılığından ve nohutun yetiştiği ortam ve koşullardan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Çimlenme işleminden sonra örneklerin kül miktarlarının azalmasının sebebi olarak işlemden önce tanelerin ıslatılmasıyla minerallerin suya geçişi olarak yorumlanabilir.

5.3.Linoleik Asit

Baklagil tohumlarının içeriğindeki linoleik asit miktarının fermantasyon ve çimlenme süreçleri sonrası değişimi bilimsel çalışmalarda nadir olarak analiz edilmiştir bu yüzden bu çalışmalara ek olarak bitkisel bazlı içeceklerdeki yağ asitlerinin fermantasyon ve çimlenme sonrası yağ asit profilindeki değişim incelenen çalışmalar da karşılaştırmaya dahil edilmiştir. Criste ve arkadaşlarının (111) 2024 yılında yaptıkları çalışmada tüm tohum çeşitlerinde çimlenme işleminden sonra stearik asit miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Çimlenme sürecinin ve fermantasyonun protein ve yağ içeriğinin azalmasına yol açtığı düşünülmektedir. Aynı çalışmada nohutta fazla miktarda oleik asidin varlığı saptanmıştır (111). Çimlendirme işlemiyle beraber nohutta oleik asit değerlerinin arttığı saptanmıştır. Ancak *L. plantarum* ile yapılan fermantasyon işleminden sonra oleik asit içeriğinin azaldığı dikkat çekmektedir. Palmitoleik asitin tüm türlerde benzer değerlere sahip olduğu ve fermantasyon sürecinden sonra arttığı gözlenmiştir (111).

Criste ve arkadaşlarının (111) çalışmasında çoklu doymamış yağ asitleri arasında, çimlenmiş nohutla yapılan içeceklerde yüksek miktarda linoleik asit (37.26 ± 2.24 mg/100 mL) varlığı tespit edilmiştir ve bu değer içeceğin fermantasyona uğramasıyla birlikte artmıştır. Kurubaklagiller arasında en fazla nohutta bulunan linoleik asidin fermente edilmesiyle birlikte önemli miktarda arttığı gözlenmiştir. *L. plantarum* ile fermantasyondan sonra linoleik asit miktarında da acı bakla tohumu içeceğinde de önemli bir artış tespit edilmiştir. Bitkisel sütler arasında en sık tercih edilenlerden biri olan yulaf içeceğindeki linoleik asit miktarı fermente edilince azalmıştır (111).

Ziarno ve arkadaşları (112), fasulye bazlı bitkisel süt ikamesinin laktik asit bakterileriyle fermantasyonun yağ profili üzerine etkisini incelemiştir. Bu

Çalışmada aynı zamanda çimlendirilmiş fasulyelerdeki yağ profili değişimleri de incelenmiştir. Linoleik asit profillerinin çimlenmiş fasulye ile elde edilen bitkisel sütte çimlenmemiş örneğe kıyasla azaldığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda çalışmada tüm yağ asitlerinin ısıl işleme uğrayan tüm örneklerde anlamlı değişimler gösterdiği ve ısıl işleme birlikte linoleik asit miktarında anlamlı bir azalma olduğu belirtilmiştir. Fermente edilmiş fasulye örnekleri, fermente edilmemiş fasulyelere kıyasla yağ asidi profilinde doymuş yağ asitleri (palmitik ve stearik) ve oleik asit miktarının artmasına katkıda bulunmuştur. Ancak çoklu doymamış yağ asitleri (linoleik ve a-linolenik) azalmıştır (112).

Çimlenmiş ve doğal yollarla fermente edilmiş nohut üzerinde yapılan bu çalışmada linoleik asit miktarı çimlenmiş, fermente ve ham nohutlar üzerinde karşılaştırılmış ve 1 gram nohutta bulunan linoleik asit miktarı ham nohutta 2,9404 mg; imlenen nohutta 1,1744 mg; fermente nohutta 0,5401 mg (Ham>Ger>Fer) olarak bulunmuştur. Yağ asidi içeriği ve linoleik asitte görülen azalmalar bakteriyel kullanım, alternatif metabolitlere dönüşüm ve diğer mikroorganizmalarla etkileşimlerden kaynaklı olabilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak fermantasyon ve çimlendirme işlemleri nohut örneklerinin linoleik asit, toplam fenolik miktarı ve antioksidan kapasitesi ham nohuta göre istatistiksel farklılıklar göstermiştir. Dünyada katkısız ve doğal besinlere olan merakın artmasıyla birlikte sofralarda sıklıkla yer almaya başlayan çimlenmiş ve fermente besinler tüketici için verimli bir alternatif olarak düşünülebilir. Nohutun antioksidan kapasitesinde çimlenme ve fermantasyon sonrasında görülen bir miktar azalma çalışmada kullanılan malzemelere, nohutun türüne ve çimlenme sürecinde nohutta görülen reaksiyonlara bağlı olabilir, antioksidan kapasitenin artırılması için nohut üzerine daha çok çalışma yapılması gerekmektedir. Optimum koşullarda çimlenme işleminden sonra nohutun toplam fenolik madde miktarı en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Bu artış nohutun fonksiyonel özelliklerini artırmakta ve insan sağlığına olan faydalarını en üst düzeye çıkarmasına yardımcı olmaktadır. Fermente edilen nohutta da benzer şekilde toplam fenolik madde miktarında artış saptanmıştır. Çimlenme ve fermente işlemlerinden sonra nohutun besin değerlerindeki değişiklik oransal olarak farklılık göstermektedir. Çimlendirme işlemi ekonomik olması, laboratuvar ortamı gerektirmemesi ve besinlerin verimini artırması sebebiyle önerilebilir ve ülkemizde tüketimi yaygınlaştırılabilir. Doğal yöntemlerle besinlerin kendi kendine fermantasyonu da besinlerin çeşidine ve fermantasyonun süresine göre önerilebilir ve tüketimi sıklaştırılabilir. Aynı zamanda çimlenmiş ve fermente besinlerin marketlerde yer alması ve besinlerin içeriğine dahil edilmesi Türkiye ekonomisini de iyi yönde etkileyebilir.

Çimlenmeyle ve fermantasyonla birlikte nohutun linoleik asit miktarında ise az da olsa bir azalma görülmektedir. Türkiye’de yetişen çimlenmiş ve fermente nohuttaki yağ asitlerinin profili ve insan sağlığına faydaları ile ilgili daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

1 Adebo JA, Njobeh PB, Gbashi S, Oyedeji AB, Ogundele OM, Oyeyinka SA & Adebo OA. Fermentation of Cereals and Legumes: Impact on Nutritional Constituents and Nutrient Bioavailability. *Fermentation*, 63, 2022.

2 Yemeklik Baklagil Çalıştayı. Ankara: T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014.

3 Bampidisa VA, Christodoulou V. Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in animal nutrition: A review. *Animal Feed Sci Technol* 168: 1–20, 2011.

4 Rasool S, Latef AA & Ahmad P. Chickpea: Role and responses under abiotic and biotic stress. *Legumes under Environmental Stress* s. 67-79, 2015.

5 Kabak B & Dobson A. An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 248-260, 2011.

6 Jukanti AK, Gaur PM, Gowda CL & Chibbar R. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 11-26, 2012.

7 Zhang G, Xu Z, Gao Y, Huang X & Yang T. Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat. *Journal of Food Science*, 1111-1119, 2015.

8 Pittaway J, Robertson I & Ball M. Chickpeas may influence fatty acid and fiber intake in an ad libitum diet, leading to small improvements in serum lipid profile and glycemic control. *J Am Diet Assoc*, 1009-1013, 2008.

9 Patil N, Bains A, Sridhar K & Sharma M. Effect of Sustainable Pretreatments on the Nutritional and Functionality of Chickpea Protein: Implication for Innovative Food Product Development. *J FOOD BIOCHEM*, 1-29, 2024.

10. Garrido-Galand S, Asensio-Grau A, Calvo-Lerma J, Heredia A & Andrés A. The potential of fermentation on nutritional and technological improvement of cereal and legume flours: A review. *Food Research International*, 2021.
12. Bazzano L, He J & Ogden LG. Legume Consumption and Risk of Coronary Heart Disease in US Men and Women. Epidemiologic Follow-up Study. *Arch Intern Med*(161), 2573-2578, 2001.
13. Donkor O, Stojanovska L, Ginn P, Ashton J & Vasiljevic T. Germinated grains – Sources of bioactive compounds. *Food Chemistry*(135), 950-959, 2012.
- 14 Mamilla RK & Mishra VK. Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes. *LWT, Volume 75*, 51-58, 2017.
- 16 Melini, F., & Melini, V. Impact of Fermentation on Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Quinoa. *Fermentation*, 7, 2021.
- 17 Granito, M., Frias, J., Doblado, R., Guerra, M., Champ, M., & Vidal-Valverde, C. Nutritional improvement of beans (*Phaseolus vulgaris*) by natural fermentation. *European Food Research and Technology*, 226-231, 2002.
- 18 Ali, B., Shafi, A., Farooq, U., Iqbal, S., Hayat, K., & Rehman, A. U. Quality evaluation of fermented chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agricultural Sciences Journal*(3), 1-9, 2021.
- 19 Papandreou, N. B.-T., & Salas-Salvadó, J. Legume Consumption and Cardiometabolic Health. *Advances in Nutrition*, 437-450, 2019.
- 20 Wunderlin, R. The Leguminosae: A source book of characteristics, uses, and nodulation. *Economic Botany*(36), 224-224, 1982.
- 21 Mudryj, A. N., Yu, N., & Aukema, H. M. Nutritional and health benefits of pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*(39), 2014.

22 Senanayake, D., Torley, P. J., Chandrapala, J., & Terefe, N. S. Microbial Fermentation for Improving the Sensory, Nutritional and Functional Attributes of Legumes. *Fermentation*, 635, 2023.

23 Chaves-Lopez, C., Serio, A., Grande-Tovar, C., Cuervo-Mulet, R., Delgado-Ospina, J., & Paparella, A. Traditional fermented foods and beverages from a microbiological and nutritional perspective: *The Colombian Heritage. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1031-1048, 2014.

24 Ahmed, S., & Hasan, M. Legumes; an overview. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*(2), 31-38, 2014.

25 Bera, I., O’Sullivan, M., Flynn, D., & Shields, D. C. Relationship between Protein Digestibility and the Proteolysis of Legume Proteins during Seed Germination. *Molecules*, 27, 2023.

26 Faridy, J.-C. M., Stephanie, C.-G. M., Gabriela, M.-M. O., & Cristian, J.-M. Biological Activities of Chickpea in Human Health (*Cicer arietinum* L.). A Review. *Plant Foods Hum Nutr*, 142-153, 2020.

27 Tezcan AA. Germinasyon Sırasında Oluşan Kimyasal Kompozisyon Değişimlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2021.

28 Sarita, Mehrotra, S., Dimkpa, C. O., & Goyal, V. Survival mechanisms of chickpea (*Cicer arietinum*) under saline conditions. *Plant Physiol Biochem*, 205, 108168, 2023.

29 Yegrem, L. Nutritional Composition, Antinutritional Factors, and Utilization Trends of Ethiopian Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Int J Food Sci*. 1-10, 2021.

30 Sarioğlu G & Velioğlu YS. Baklagillerin Bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4), 483-496, 2018.

31 Dadon, S. B.-E., Pascual, C. Y., & Reifen, R. Food allergy and cross-reactivity-chickpea as a test case. *Food Chemistry*, 165, 481-488, 2014.

32 Siva N, Thavarajah P, Kumar S & Thavarajah D. Variability in prebiotic carbohydrates in different market classes of chickpea, common bean, and lentil collected from the american local market. *Frontiers in Nutrition*(6), 1-11, 2019.

33 Zhang J, Wang ZJ, Cancan S, Raghvendra P & Chen W. Chickpea: Its Origin, Distribution, Nutrition, Benefits, Breeding, and Symbiotic Relationship with Mesorhizobium Species. *Plants; Basel*, 13(3), 429, 2024.

34 Dalgetty D & Baik B. Isolation and characterization of cotyledon fibres from peas, lentils, and chickpea. *Cereal Chem*(80), 310-315, 2003.

35 Gupta RK, Gupta K, Sharma A, Das M, Ansari IA & Dwivedi PD. Health risks & benefits of chickpea (*Cicer arietinum*) consumption. *J. Agric. Food Chemistry*(65), 6-27, 2017.

36 Badshah A, Khan M, Bibi N, Ali S & Chaudry MA. Quality studies of newly evolved chickpea cultivars. *Adv. Food Science*(25), 95–99, 2003.

37 Alajaji SA & El-Adawy TA. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *J. Food Compos. Anal*, 806-812, 2006.

38 Wang N & Daun J. The Chemical Composition and Nutritive Value of Canadian Pulses; Canadian Grain Commission Report. Winnipeg, MB, Canada,; *Canadian Grain Commission*, 2004.

39 Knights EJ & Hobson KB. Encyclopedia of food grains: Second edition. C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion içinde, Chickpea: Overview *Elsevier Ltd*. 316-323, 2016.

40 Boye JI, Zare F & Pletch A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431, 2010.

41 Madurapperumage A, Tang L, Thavarajah P, Bridges W, Shipe E, Vandemark G & Thavarajah D. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a Source of Essential Fatty Acids – A Biofortification Approach. *Frontiers in Plant Science*, 2021.

42 Cabrera C, Lloris F & Giménez R. Mineral content in legumes and nuts: contribution to the Spanish dietary intake. *The Science of the Total Environment*, 308, 1-14, 2003.

43 FAO. Human vitamin and mineral requirement. Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Bangkok. <http://www.fao.org/DOCREP/004/Y2809E/y2809e00.html> adresinden alındı, 2002.

44 Quinteros A, Farre R & Lagarda MJ. Optimization of iron speciation (soluble, ferrous and ferric) in beans, chickpea and lentils. *Food Chemistry*, 75, 365-370, 2001.

45 USDA, U. S. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Release 22: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/> adresinden alındı, 2010.

46 Chavan JK, Kadam SS & Salunkhe D. Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Crit Rev Food Sci Nutr*(25), 107-157, 1986.

47 Albert CM, Cook RN & Gaziano J. Effect of Folic Acid and B Vitamins on Risk of Cardiovascular Events and Total Mortality Among Women at High Risk for Cardiovascular Disease. A Randomized Trial. *Jama*, 2027-2036, 2008.

48 Crujeiras A & Parra DA. hypocaloric diet enriched in legumes specifically mitigates lipid peroxidation in obese subjects. *Free Radical Research*, 498-506, 2007.

49 Kaur R & Prasad K. Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*) - A review. *Trends in Food Science & Technology*(109), 448-463, 2021.

50 Ogawa A, Suzuki Y, Aoyama T & Takeuchi H. Dietary alpha-linolenic acid inhibits angiotensin-converting enzyme activity and mrna expression levels in the aorta of spontaneously hypertensive rats. *J. Oleo Sci*(58), 355-360, 2021.

51 Mirmiran P, Hosseini S, Hosseinpour-Niazi S & Azizi F. Legume consumption increase adiponectin concentrations among type 2 diabetic patients: A randomized crossover clinical trial. *Endocrinología; Diabetes y Nutrición*(66), 49-55, 2019.

52 Achari AE & Jain SK. Adiponectin, a therapeutic target for obesity, diabetes, and endothelial dysfunction. *Int. J. Mol. Sciences*(18), 2017.

53 Damodaran SA. Fennema's food chemistry. *Fennema's Food Chemistry*(5), 205-216, 2017.

54 Hassan S, Hussain MB, Waheed M, Ahmad K, Kassymov S, Shariati MA & Mishra A. Effect of Germination Processing on Bioactive Compounds of Cereals and Legumes. *Functional Foods and Nutraceuticals*, 283-306, 2023.

55 Newton A & Majumder K. Germination and Simulated Gastrointestinal Digestion of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Exhibiting In Vitro Antioxidant Activity in Gastrointestinal Epithelial Cells. *Antioxidants; Basel* , 1114, 2023.

56 Khattak AB, Zeb A, Bibi N, Khalil SA & Khattak MS. Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, 3(104), 1074-1079, 2007.

57 Pérez-Ramírez IF, Escobedo-Alvarez DE, Mendoza-Sánchez M, Rocha-Guzmán NE & Reynoso-Camacho R. Phytochemical Profile and Composition of Chickpea (*Cicer arietinum* L.): Varietal Differences and Effect of Germination under Elicited Conditions. *Plants; Basel*. 1,10, 2023.

58 Aasim M, Akin F & Ali SA. Synergizing LED Technology and Hydropriming for Intelligent Modeling and Mathematical Expressions to Optimize Chickpea Germination and Growth Indices. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-20, 2024.

59 Liu S, Wang W, Lu H, Shu Q, Zhang Y & Chen Q. New perspectives on physiological, biochemical and bioactive components during germination of edible seeds: A review. *Trends in Food Science & Technology* , 187-197, 2022.

60 López-Amorós ML, Hernández T & Estrella I. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 277-283, 2006.

61 Ikenna C & Ohanenye AT. Germination as a bioprocess for enhancing the quality and nutritional prospects of legume proteins. *Trends in Food Science & Technology*, 101, 213-222, 2020.

62 Ghorbani R, Seel W & Leifert C. Effects of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. *Weed Science*, 5(47), 505-510, 1999.

63 Azeez SO, Chinma CE, Bassey SO, Eze UR, Makinde AF, Sakariyah AA & Adebo OA. Impact of germination alone or in combination with solid-state fermentation on the physicochemical, antioxidant, in vitro digestibility, functional and thermal properties of brown finger millet flours . *Food Science and Technology* 154. 1-21, 2022.

64 Gilani GS, Cockell KA, & Sepehr E. Effects of Antinutritional Factors on Protein Digestibility and Amino Acid Availability in Foods. *Journal AOAC Int.*(88), 967–987, 2005.

65 Kuo YH, Rozan P, Lambein F, Frias J & Valverde CV. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food Chemistry*(86), 537-545, 2004.

66 Benincasa P, Falcinelli B, Lutts S, Stagnari F & Galieni A. Sprouted Grains: A Comprehensive Review. *Nutrients*(11), 421, 2019.

67 Tarzi BG, Gharachorloo M, Baharinia M & Mortazav SA. The Effect of Germination on Phenolic Content and Antioxidant Activity of Chickpea. *Iran J Pharm Res*, 1137-1143, 2012.

68 Fernandez-Orozca R, Piskula MK, Zielinski H, Kozłowska H, Frias J & Vidal-Valverde C. Germination as a process to improve the antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* L. var. zapaton. *Food Res. Technology*(223), 495-502, 2006.

69 Ferreira CD, Bubolz VK, Silva J, Dittgen CL, Raphaelli C & Oliveira M. Changes in the chemical composition and bioactive compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) fortified by germination, 2019.

70 Hotz C & Gibson R. Traditional food-processing and preparation practices to enhance the bioavailability of micronutrients in plants-based diets. *Journal of Nutrition*, 1097-1100, 2007.

71 Mansour EH & Khalil AH. Nutritional changes during the fermentation of chick pea (*Cicer arietinum*) flour. *Menofiya J. Agric. Res.*(20), 151-160, 1995.

72 Mesquita MC, Leandro E, Alencar ER & Botelho RB. Fermentation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and coconut (*Coccus nucifera* L.) beverages by *Lactobacillus paracasei* subsp *paracasei*: The influence of sugar content on growth and stability during storage. *LWT*, 1-15, 2020.

73 Osman M. Effect of traditional fermentation process on the nutrient and antinutrient contents of pearl millet during preparation of Lohoh. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 1-6, 2011.

74 Sánchez-Magaña LM, Cuevas-Rodríguez EO, Gutiérrez-Dorado R, Ayala-Rodríguez AE & Valdez-Ortiz A. Solid-state bioconversion of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by *Rhizopus oligosporus* to improve total phenolic content, antioxidant activity and hypoglycemic functionality. *Int J Food Sci Nutr*(5), 558-564, 2014.

75 Valdez-González FJ, Gutiérrez-Dorado R, García-Ulloa M, Cuevas-Rodríguez BL & Rodríguez-González H. Effect of fermented, hardened, and dehulled of chickpea (*Cicer arietinum* L.) meals in digestibility and antinutrients in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 605-615, 2018.

76 Deveci G, Çelik E, Ağagündüz D, Bartkiene E, Rocha JM & Özoğul F. Certain Fermented Foods and Their Possible Health Effects with a Focus on Bioactive Compounds and Microorganisms. *Fermentation*, 923, 2023.

77 Rodríguez H, Curiel J, Landete J, de las Rivas B, de Felipe F, Gómez-Cordovés, C, Muñoz R. Food phenolics and lactic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol*, 79–90, 2009.

78 Annunziata G, Arnone A, Ciampaglia R, Tenore GC & Novellino E. Fermentation of Foods and Beverages as a Tool for Increasing Availability of Bioactive Compounds. Focus on Short-Chain Fatty Acids. *Foods*, 999, 2020.

79 Xiao S, Li Z, Zhou K & Fu Y. Chemical composition of kabuli and desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Xinjiang, China. *Food Science & Nutrition*; Malden, Massachusetts, 236-248, 2023.

80 Xu M, Jin Z, Simsek S, Hall C, Rao J & Chen B. Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting, and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil, and yellow pea. *Food Chemistry*, 295: 579–587, 2019.

81 Medhe S, Jain S, Anal AK. Effects of sprouting and cooking processes on physicochemical and functional properties of moth bean (*Vigna aconitifolia*) seed and flour. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4): 2115–2125, 2019.

82 İduğ T, Hızlı H, Şen A. & Koç F. In Vitro Antimicrobial and Antioxidant Activity of Some Berry Species. *Acta Pharm. Sci*, 56(3), 51-59, 2018.

83 Şenlik, AS. *Çimlenmenin Türkiye’de Yetişen Tahıl Ve Baklagillerin Besin Değeri, Toplam Fenol İçeriği Ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi). YÖKTEZ, (765566), 2022.

84 Zou Y, Chang SK, Gu Y & Qian SY. Antioxidant activity and phenolic compositions of lentil (*Lens culinaris* var. Morton) extract and its fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(6), 2268–2276, 2011.

85 Kılınçer FN & Demir MK. Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Fiziksel ve Kimyasal İçerikleri. *Gıda*, 419-429, 2019.

86 Guarrasi V, Mangione MR, Sanfratello V, Martorana V. & Bulone D. Quantification of Underivatized Fatty Acids From Vegetable Oils by HPLC with UV Detection. *Journal of Chromatographic Science*, 48(8), 663–668, 2010.

87 Duen~as M, Sarmiento T, Aguilera Y, Beni’téz V, Molla’ E, Esteban RM. & Martí’n-Cabrejas MA. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). *Lebensm Wiss Technol*(66), 72-78, 2016.

88 Adom KK, & Liu RH. Antioxidant activity of grains. *s. J AgricFood Chem*(50), 6182-6187, 2002.

89 Domínguez-Arispuro DM, Cuevas-Rodríguez EO, Milán-Carrillo J, León-López L, Gutiérrez-Dorado R. & Reyes-Moreno C. Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 2(55), 638–647, 2017.

90 Gan RY, Wang MF, Lui WY, Wu K & Corke H. Dynamic changes in phytochemical composition and antioxidant capacity in green and black mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. *International Journal of Food Science and Technology*, 2090–2098, 2016.

91 Guo X, Li T, Tang K & Liu RH. Effect of germination on phytochemical profiles and antioxidant activity of mung bean sprouts (*Vigna radiata*). *J Agric Food Chem*(60), 11050-11055, 2012.

92 Acosta-Estrada BA, Gutie'rrez-Urbe JA, & Serna-Saldivar SO. Bound phenolics in foods: a review. *Food Chemistry*(152), 46-55, 2014.

93 Wu Z, Song L, Feng S, Liu Y, He G, Yioe Y & Huang D. Germination dramatically increases isoflavonoid content and diversity in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *J Agric Food Chem*(60), 8606-8615, 2012.

94 Xue Z, Wang C, Zhai L, Yu W, Chang H, Kou X & Zhou F. Bioactive compounds and antioxidant activity of mung bean (*Vigna radiata* L.), soybean (*Glicine max* L.) and black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the germination process. *Czech J. Food Sci*(34), 68-78, 2016.

95 Singh B, Singh N, Thakur S & Kaur A. Ultrasound assisted extraction of polyphenols and their distribution in whole mung bean, hull and cotyledon. *J Food Sci Technol*(54), 921–932, 2016.

96 Khang DT, Dung TN, Elzaawely AA & Xuan TD. Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes. *Foods*, 5, 1-10, 2016.

97 Juan MY & Chou CC. Enhancement of antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of black soybeans by solid state fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715. *Food Microbiology*, 586-591, 2010.

98 Lin CH, Wei YT & Chou CC. Enhanced antioxidative activity of soybean koji prepared with various filamentous fungi. *Food Microbiology*(23), 628-633, 2006.

99 Sáez GD, Sabater C, Fara A & Zárata G. Fermentation of chickpea flour with selected lactic acid bacteria for improving its nutritional and functional properties. *J Appl Microbiology*, 1(133), 181-199, 2022.

100 Žilić S, Basić Z, Hadži-Tašković Šukalović V, Maksimović V, Janković M, Filipović M. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? *International Journal of Food Science and Technology*, 49(4): 1040–1047, 2014.

101 Xiao Y, Xing G, Rui X, Li W, Chen X, Jiang, M & Dong M. Enhancement of the antioxidant capacity of chickpeas by solid state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18. *Journal of Functional Foods*(10), 210-222, 2014.

102 Xiao Y, Zhang Q, Miao J, Rui X, Li T & Dong M. Antioxidant activity and DNA damage protection of mung beans processed by solid state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*(31), 216-225, 2015.

103 Lee BH, Lai YS & Wu SC. Antioxidation, angiotensin converting enzyme inhibition activity, nattokinase, and antihypertension of *Bacillus subtilis* (natto)-fermented pigeon pea. *J Food Drug Anal*(23), 750-757, 2015.

104 Toor BS, Kaur A, Sahota PP & Kaur J. Antioxidant Potential, Antinutrients, Mineral Composition and FTIR Spectra of Legumes Fermented with *Rhizopus oligosporus*. *Food Technol Biotechnol*(4), 530-542, 2021.

105 Dang Lelamurni ABD, Razak NY. Enhancement of phenolic acid content and antioxidant activity of rice bran fermented with *Rhizopus oligosporus* and *Monascus purpureus*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*(4), 33-38, 2015.

106 Lee IH, Hung YH, & Chou CC. Solid-state fermentation with fungi to enhance the antioxidative activity, total phenolic and anthocyanin contents of black bean. *International Journal of Food Microbiology*(121), 150-156, 2008.

107 Elobuiké CS, Idowu MA, Adeola AA, Bakare HA. Nutritional and functional attributes of mungbean (*Vigna radiata* [L] Wilczek) flour as affected by sprouting time. *Legume Science*, 1-11, 2021.

108 Cornejo F, Caceres PJ, Martínez-Villaluenga C, Rosell CM, Frias J. Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Food Chemistry*, 173: 298– 304, 2015.

109 Uppal V, Bains K. Effect of germination periods and hydrothermal treatments on vitro protein and starch digestibility of germinated legumes. *Journal Food Science Technology*, 49(2): 184-191, 2011.

110 Adejuyitan JA, Otunola ET, Akande EA, Bolarinwa IF & Oladokun FM. Some physicochemical properties of flour obtained from fermentation of tigernut (*Cyperus esculentus*) sourced from a market in Ogbomoso, Nigeria, *African Journal of Food Science*, 3 (2), 051-055, 2009.

111 Criste AD, Urcan AC, Coroian CO, Copolovici L & Copolovici DM. Plant-Based Beverages from Germinated and Ungerminated Seeds, as a Source of Probiotics, and Bioactive Compounds with Health Benefits—Part 1: Legumes. *Agriculture*(13), 1-20, 2023.

112 Ziarno, M., Bryś, J., Parzyszek, M., & Veber, A. Effect of Lactic Acid Bacteria on the Lipid Profile of Bean-Based Plant Substitute of Fermented Milk. *Microorganisms*(8), 1348, 2020.

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Şiir	Soyadı	Sarı
Doğum Yeri	Adana	Doğum Tarihi	09.03.1997
Uyruğu	T.C.	TC Kimlik No	37936176226
E-mail	siirsari@icloud.com	Tel	05469104986

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Ankara Medipol Üniversitesi	2021-
Lisans	İstanbul Medipol Üniversitesi	2016-2020

İş Deneyimi

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.	Diyetisyen - Kurumsal İletişim Direktörü	GymFlock	2023-
2.	Mutfak Diyetisyeni	Liv Hospital Vadiistanbul	2022-2023
3.	Nutrisyon Diyetisyeni	Pamukkale Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi	2021-2022
4.	Diyetisyen	Uzm. Dyt. Yekbu Köseoğlu Danışma Merkezi	2020-2022

Dil Bilgisi

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office	Çok iyi
BeBis	İyi

Uluslararası ve Ulusal Yayınları/Bildirileri

Sarı Ş. & Güldemir, HH. YAŞLI BESLENMESİ. 10. *Ulusal Yaşlılık Kongresi Tam Metin Bildiri Kitapçığı*. 2019.

Sarı, Ş. Yaşlılık Döneminde Yaşanabilecek Beslenme Sorunları Ve Tedavisi. 11. *Ulusal Yaşlılık Kongresi Sağlıklı Yaşlanma Tam Metin Bildiri Kitapçığı* (s. 120-125). Erzurum: Yaşlı Sorunları Araştırma Derneği. 2021.

Sarı, Ş., & Güldemir, HH. COVID-19 PANDEMİSİNİN YAŞLILARIN BESLENMESİNE ETKİLERİ. 11. *Ulusal Yaşlılık Kongresi Sağlıklı Yaşlanma Tam Metin Bildiri Kitapçığı* (s. 149-154). Erzurum: Yaşlı Sorunları Araştırma Derneği. 2021.

