



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ECZACILIKTA BİYOKİMYA ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE MENŞEİLİ PATATES TURLERİNİN
ANTİOKSİDAN TAYİNLERİ VE KUKOAMİN
ANALİZLERİ**

İrem ÇETECİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Oktay YILDIZ

TRABZON-2026

BEYAN

Bu tez çalışmasının Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kılavuzu standartlarına uygun olarak yapıldığını ve yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eseri olduğunu, üretken yapay zeka araçlarını Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehber'ine uygun kullandığımı, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kullanılan kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

01/02/2026

İrem ÇETECİ

İthaf

Bu yüksek lisans tezimi, benim bu günlere gelmem için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve her zaman yanımda olan sevgili aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürecinde yurtiçi ve yurtdışı bazlı yürüttüğüm tez çalışmamda her koşulda destek olan, akademide bizlere güvenilir ve keyifli bir çalışma ortamı sunan, hem çalışma hayatında hem de sosyal hayatta samimiyetini esirgemeyen, danışman olmanın sadece hocalık olmadığını bizlere her daim hissettiren ve öğrencisi olduğum için kendimi şanslı hissettiğim değerli Prof. Dr. Oktay YILDIZ’a teşekkür ederim.

Çalışma ortamını ve çeşitli laboratuvar ekipmanlarını kullanmama izin verdiği ve çalışma sürecinde her zaman desteği ve ilgisini eksik etmeyen Prof. Dr. Sevgi KOLAYLI’ya teşekkür ederim.

Laboratuvarda edindiğim birikimin mimarlarından olan Arş. Gör. Dr. Yakup KARA, Dr. Öğr. Üyesi Gülsüm Merve BOYRACI ve Dr. Öğr. Üyesi Atiye DEĞİRMENCİ’ye

Tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde destek veren T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne, malzeme tedarikini her daim sağlayan Sayın Ömer GÜÇ’e,

Tez çalışmasının yurtdışı kolunda yardımcı olan Doç. Dr. Sümeyye ŞAHİN’e ve çalışmanın büyük bir kısmını gerçekleştirme imkanını ve samimi bir ortam sunan çok değerli Prof. Dr. Monika PISCHE TRIEDER’a,

Verdiği doğru direktiflerle bana harika bir ekip arkadaşlığı ve danışmanlık yapan çok sevgili Jule FIORI’ye,

Aynı ekibi paylaştığım desteğini esirgemeyen Nida Nur İNKAYA ve Arş. Gör. Zeynep Berin ÇELEBİ’ye,

Her şeyden önce beni bugünlere kadar büyüten, her zaman güvenen, gurur duyan, varlıklarına şükür duyduğum biricik anne ve babam Hatice ÇETECİ ve Yusuf ÇETECİ’ye, sevgili kardeşlerim Muhammed Emir ÇETECİ ve Mustafa ÇETECİ’ye,

Bugünlere kadar beraber büyüyüp, beraber yürüdüğümüz çok sevgili arkadaşım Esma AK’a,

Teşekkür ederim.

İrem ÇETECİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇ KAPAK SAYFASI

ONAY

BEYAN

İthaf

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER

vi

TABLolar DİZİNİ

viii

ŞEKİLLER DİZİNİ

ix

RESİMLER DİZİNİ

x

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

xii

ÖZET

xiii

ABSTRACT

xiii

1. GİRİŞ ve AMAÇ

1

2. GENEL BİLGİLER

4

2.1. Patates Hakkında Genel Bilgiler

4

2.2. Besin Öğeleri ve Sağlık Açısından Önemi

5

2.3. Patateste Bulunan Fitobesinler ve Antioksidan Kapasite

8

2.3.1. Fenolik Bileşikler

9

2.3.1.1. Fenolik Asitler

9

2.3.1.2. Flavonoidler

10

2.3.1.3. Antosiyaninler

11

2.3.1.4. Karotenoidler

11

2.4. Fenolik Poliaminler: Kukoaminler

13

2.4.1. Kukoaminler: Keşfi, Kimyasal Yapısı ve Tıbbi Potansiyeli

15

2.5. Kukoamin A ve Kukoamin B

16

3. GEREÇ ve YÖNTEM

22

3.1. Kullanılan Türler Hakkında Bilgiler

22

3.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar

23

3.3. Kullanılan Kimyasallar ve Çözücüler

24

3.4. Patateste Antioksidan Tayinleri

25

3.5. Örneklerin Ekstraksiyonu

25

3.6. Toplam Kuru Madde Tayini	25
3.7. Renk Analizi	26
3.8. FRAP (Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü) Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini	26
3.9. DPPH· (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil) Radikali Süpürme Aktivitesi Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini	26
3.10. Kukoamin A ve Kukoamin B Miktarı Tayini	27
3.10.1. Numune Ön Hazırlığı	27
3.10.2. UHPLC-MS/MS ile Kukoamin A ve Kukoamin B Tayini	28
3.11. İstatistiksel Analizler	28
4. BULGULAR	30
4.1. Toplam Kuru Madde İçeriği	30
4.2. Patateslerin Renk Değerleri	31
4.2.1. Patateslerin L, a, b*, ΔE, h° ve ve C* Değerleri	31
4.3. Patates Örneklerinin Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP)	37
4.4. Patates Örneklerinin DPPH· (1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil) Radikali Süpürme Aktivitesi	38
4.5. Patates Örneklerinin Kukoamin A İçerikleri	39
4.6. Patates Örneklerinin Kukoamin B İçerikleri	41
4.7. Patates Örneklerinin Kukoamin A ve Kukoamin B İçeriklerinin Değerlendirilmesi	43
4.8. Kukoamin A ve Kukoamin B İçeriğinin Antioksidan Aktivite ile Korelasyonu	45
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	48
6. KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	65

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 1. Patates içerisindeki önemli makro ve mikro besin öğeleri	6
Tablo 2. Patates içerisinde yer alan başlıca antosiyanin ve karotenoidler	122
Tablo 3. Çalışmada kullanılan patates türleri hakkında bilgiler	22
Tablo 4. Kullanılan alet ve cihazlar	23
Tablo 5. Kullanılan kimyasallar ve çözücüler	244
Tablo 6. Deney analizleri veri seti	29
Tablo 7. Patateslerin toplam kuru madde içerikleri	300
Tablo 8. Patates örneklerinin L* değerleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.2
Tablo 9. Patates örneklerinin a* değerleri	32
Tablo 10. Patates örneklerinin b* değerleri	33
Tablo 11. Patates örneklerinin ΔE değerleri	34
Tablo 12. Patates örneklerinin hue açısı değerleri	3535
Tablo 13. Patates örneklerinin kroma değeri sonuçları	3636
Tablo 14. Patates örneklerinin FRAP değerleri (mg/100 g Fe ⁺²)	38
Tablo 15. Patates örneklerinin DPPH· radikali süpürme aktivitesi	39
Tablo 16. Patates örneklerinin kukoamin A içerikleri	4039
Tablo 17. Patates örneklerinin kukoamin B içerikleri	4242
Tablo 18. Patates varyetelerinin kukoamin A ve kukoamin B içerikleri	44
Tablo 19. Patateslerin en yüksek ve en düşük kukoamin A ve kukoamin B değerleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.8

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.	Kukoamin A iskelet formülü	16
Şekil 2.	Kukoamin B iskelet formülü	16
Şekil 3.	Patateslerin kukoamin A içerikleri	41
Şekil 4.	Patateslerin kukoamin B içerikleri	43
Şekil 5.	Kukoamin A konsantrasyonunun DPPH· radikal süpürme aktivitesi ile ilişkisi	45
Şekil 6.	Kukoamin B konsantrasyonunun DPPH· radikal süpürme aktivitesi ile ilişkisi	46
Şekil 7.	Kukoamin A konsantrasyonunun FRAP değerleri ile ilişkisi	47
Şekil 8.	Kukoamin B konsantrasyonunun FRAP değerleri ile ilişkisi	47

RESİMLER DİZİNİ

Resim No	Sayfa
Resim 1. <i>Lycium chinense</i> bitkisi	144
Resim 2. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından tedarik edilen patatesler	22
Resim 3. Patates iç ve kabuk dokusu	255

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

DPPH	2,2 Difenil-1-Pikrilhidrazil
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FRAP	Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü
g	Gram
kg	Kilogram
LOD	Tespit Limiti
LOQ	Tayin Limiti
LyC	<i>Lycium chinense</i>
mg	Miligram
mL	Mililitre
MRM	Çoklu Reaksiyon İzleme
MS	Kütle Spektrometrisi
µg	Mikro-gram
µL	Mikro-litre
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UHPLC	Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

Simgeler

°C	Santigrat derece
----	------------------

ÖZET

Türkiye Menşeli Patates Türlerinin Antioksidan Tayinleri ve Kukoamin Analizleri

Patates (*Solanum tuberosum*), dünya genelinde yaygın olarak tüketilen önemli bir gıda ürünü olup, son yıllarda içeriğinde bulunan biyoaktif bileşikler nedeniyle beslenme ve sağlık açısından artan bir araştırma ilgisine konu olmaktadır. Bu çalışma, Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen Niğşah, Nahita, Çağlı ve Leventbey adlı yerli patates varyetelerinin antioksidan kapasitelerini ve sağlık açısından terapötik potansiyele sahip kukoamin A ve kukoamin B içeriklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yerli varyetelerin antioksidan aktiviteleri ve kukoamin analizleri iç ve kabuk doku olmak üzere iki ayrı kısımda incelenmiştir. Kukoamin miktarları ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi–tandem kütle spektrometrisi (UHPLC-MS/MS) ile belirlenmiş, örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri ise FRAP (Demir(III) indirgeme antioksidan gücü) ve DPPH· (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal süpürme aktivitesi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Tüm varyetelerde kabuk dokusunun iç dokuya oranla çok daha yüksek biyoaktif bileşen konsantrasyonuna sahip olduğu görülmüştür. Kukoamin A miktarı kabuk dokusunda ortalama 38.62 ± 0.69 µg/g kuru madde (KM) iken, iç dokuda 5.76 ± 0.25 µg/g KM seviyesinde kalmıştır. Benzer şekilde kukoamin B miktarları kabukta (81.59 ± 0.39 µg/g KM), iç kısma göre (8.07 ± 0.4 µg/g KM) yaklaşık 10 kat daha fazla saptanmıştır. Varyeteler arasında Niğşah, özellikle kukoamin B ve DPPH· radikal süpürme aktivitesi bakımından en zengin tür olarak öne çıkarken; Leventbey varyetesi kukoamin A ve FRAP değeri bakımından en yüksek sonuçları vermiştir. Kuru madde oranı ile biyoaktif bileşen miktarı arasında pozitif bir korelasyon olduğu, en yüksek kuru maddeye sahip Niğşah varyetesinin en güçlü antioksidan profili sunduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler, kukoaminlerin literatürdeki nöroprotektif ve anti-enflamatuar etkileriyle birleştğinde, yerli patates varyetelerimizin farmasötik ve nutrasötik açıdan stratejik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle kabuk dokusunda yoğunlaşan bu ikincil metabolitler, patatesin işlenmesi sırasında açığa çıkan kabuk atıklarının endüstriyel olarak geri kazanılması ve fonksiyonel ürün geliştirmede kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu tez çalışması, Türkiye menşeli patates varyetelerinin kukoamin içeriklerini ve doku bazlı dağılımlarını inceleyen literatürdeki ilk araştırma olma niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan Kapasite, Kukoamin A, Kukoamin B, Patates, UHPLC-MS/MS

ABSTRACT

Antioxidant Assay and Kukoamine Analysis of Potato Varieties Originating from Türkiye

Potato (*Solanum tuberosum*) is a major food staple consumed worldwide and has recently become the subject of increasing research interest regarding nutrition and health due to the bioactive compounds it contains. This study was conducted to determine the antioxidant capacities and the contents of kukoamine A and kukoamine B which possess therapeutic potential in native Turkish potato varieties named Niğşah, Nahita, Çağlı, and Leventbey. Within the scope of the study, the antioxidant activities and kukoamine analyses of these native varieties were examined in two distinct parts: the flesh and the peel tissues. Kukoamine levels were determined using Ultra-High Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (UHPLC-MS/MS), while the total antioxidant capacities of the samples were analyzed using FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) and DPPH[•] (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity assays. It was observed that the peel tissue in all varieties possessed a significantly higher concentration of bioactive components compared to the flesh tissue. While the average amount of kukoamine A in the peel tissue was 38.62 ± 0.69 µg/g dry matter (DM), it remained at a level of 5.76 ± 0.25 µg/g DM in the flesh tissue. Similarly, kukoamine B levels in the peel (81.59 ± 0.39 µg/g DM) were found to be approximately 10 times higher than in the flesh (8.07 ± 0.4 µg/g DM). Among the varieties, Niğşah stood out as the richest variety, particularly in terms of kukoamine B and DPPH[•] radical scavenging activity, whereas the Leventbey variety yielded the highest results for kukoamine A and FRAP values. A positive correlation was observed between the dry matter ratio and the amount of bioactive components; the Niğşah variety, which had the highest dry matter content, presented the strongest antioxidant profile. When combined with the neuroprotective and anti-inflammatory effects of kukoamines reported in the literature, these data indicate that native Turkish potato varieties hold strategic importance from pharmaceutical and nutraceutical perspectives. These secondary metabolites, which are particularly concentrated in the peel tissue, highlight the necessity of industrially recovering peel waste generated during potato processing and utilizing it in functional product development. This thesis study is the first research in the literature to examine the kukoamine content and tissue-based distribution of potato varieties originating from Türkiye.

Keywords: Antioxidant Capacity, Kukoamine A, Kukoamine B, Potato, UHPLC-MS/MS

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Dünyada en çok üretimi yapılan bitkilerden biri olan patates (*Solanum tuberosum*) zorlu iklim koşullarına karşı dayanıklı ve hemen hemen her bölgede yetiştirilebilen yıllık bir bitkidir (1). Yetiştirmedeki kolaylık, ucuz oluşu, birim alandan elde edilen ürün miktarının fazlalığı ve çeşitli kullanım alanlarının olması sebebiyle yaygın bir şekilde tüketilmektedir (2,3).

Patates üretimi ilk başlarda aile işletmeciliği ile yapılmaya başlanmıştır. Daha sonraki süreçte patates üretimi ülkemizin hemen hemen her ilinde ticari olarak yapılmakta olup; üretim özellikle Niğde, Konya, Nevşehir, Kayseri, İzmir, Aksaray ve Afyonkarahisar illerinde yoğunlaşmaktadır (2,4). Hazırlanan 2025 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Patates Ürün Raporunda en büyük patates ekim arazisine sahip olan ilimiz Niğde olarak belirtilmiştir (5). Niğde ilimizde yer alan Niğde Patates Araştırmaları Enstitüsü tarafından tescillenen yerli patates türlerimizden olan Nahita, Niğşah, Çağlı ve Leventbey türleri ülkemiz için önemlidir (5).

Patates mahsulü birçok ülkede genellikle yıl içerisinde bir ya da iki kez yetiştirilmektedir. Hasat sonrası elde edilen taze patatesler tüketiciler tarafından yalnızca 2-3 ay kullanılabilir (6). Yapılan çalışmalarda patates türüne göre değişiklik göstermekle birlikte düşük sıcaklıklarda (2-4 °C) depolanan patates yumrularının değişen koşullardan en az şekilde etkilendiği belirtilmiştir (7).

Patates, vücutta meydana gelen antioksidan koruma eksikliği durumunda gerçekleşen oksidatif stres denilen olayda reaktif oksijen veya azot türlerini (serbest radikalleri) etkisiz hale getirme yeteneği sayesinde, hücrelerde ciddi komplikasyonlara yol açabilecek oksidatif stresle mücadele eden ve yüksek antioksidan potansiyele sahip sayısız biyoaktif bileşiğe ev sahipliği yapar (8). Reaktif oksijen türleri (ROS), patojenik ve dejeneratif hastalıklarda rol oynayan bir dizi oksidatif reaksiyon yan ürünü olup, birçok hastalık ile bağlantılı olan enflamasyon sürecini aktive eder (9). Bu serbest radikaller, nöron hücre zarı ve mitokondri zarı gibi yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi içeren yapıları kolayca tahrip eder (10). Bunun sonucunda gelişen oksidatif stres; hücresel düzeyde yıkım, organ ve sistem bazlı sorunlar (bağışıklık sistemi zayıflaması, cilt bozuklukları, sinir sistemi problemleri, kalp ve damar sisteminde sorunlar) meydana getirebilir (11,12).

ROS'a karşı koruma antioksidanlar tarafından sağlanır. Antioksidanlar, düşük konsantrasyonda bile kolayca oksitlenebilir substratların oksidasyonunu önemli ölçüde geciktiren veya önleyen maddeler olarak tanımlanır ve diyetle önemli rol oynar. Özellikle serbest radikallerin insan vücudundaki varsayılan zararlı etkilerini önlemeye, yağların ve gıda maddelerinin diğer bileşenlerinin bozulmasını önleme etkisi bulunur (13).

ROS'a karşı koruma sağlayıcılar aynı zamanda ROS süpürücüler olarak da bilinir. Serbest radikalleri süpürme yeteneğine sahip antioksidanlar sentetik ya da doğal kaynaklı olabilir. Farklı sebzeler, yumrular, meyveler, yapraklar, yağlı tohumlar, tahıl ürünleri ve şifalı bitkiler; potansiyel olarak doğal antioksidan olan biyoaktif bileşik içeren kaynaklardır (9). Patateste insan sağlığı için faydalı olan temel antioksidanlardan olan fenolikler, antosiyaninler, flavonoidler ve karotenoidler bulunur (14).

Patates önemli makro nutrientler (karbohidrat ve protein) ve mikro nutrientlerin (vitamin C, potasyum, magnezyum) kaynaklarından birisidir (15). Patates; karbohidrat, protein, vitamin ve minerallerce zengin besleyici yapısının yanı sıra polifenoller, karotenoidler, fenolik bileşikler ve antosiyaninler gibi temel antioksidan bileşenleri bünyesinde barındırır. Bu özgün bileşimi sayesinde vücutta demir iyonlarını bağlama, kararsız bileşikleri indirgeme ve süperoksit süpürme gibi hayati fonksiyonları destekleyerek sağlığa önemli katkılar sunar (14,16,17).

Literatür için yeni çalışmalardan biri olan kukoamin, bir Çin bitkisi olan *Lycium chinense* (Goji Berry) kökünde bulunan doğal olarak oluşan biyoaktif bir spermin alkaloididir (18). Kukoaminin alt başlığı olan kukoamin A ve kukoamin B birbirlerinin yapısal izomerleridir (19) ve *Lycium chinense*'nin kuru kütlesinin ortalama %0,8'ini oluşturur (20). Önceki çalışmalar, kukoamin A ve kukoamin B'nin yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir (21). Aynı zamanda kukoamin A ve kukoamin B patates dahil olmak üzere bir dizi Solanaceae (Patlıcangiller) familyasının diğer üyelerinde de (domates, biber, patlıcan vs.) tanımlanmıştır (22). Çalışmaların çoğu patates kabuk dokusunun iç dokuya kıyasla daha yüksek oranda kukoamin içerdiğini göstermiştir (19).

Bu çalışmada, yerli patates türlerinden olan Niğşah, Nahita, Leventbey ve Çağlı türlerinin hem iç hem de kabuk dokularında kukoamin A ve kukoamin B varlığının belirlenmesi ve buna ek olarak antioksidan kapasite analizlerinin yapılması hedeflenmiştir. Literatürde önemli biyolojik aktivitelere sahip olduğu bildirilen kukoamin A ve kukoamin B'nin patates gibi kolaylıkla erişilebilir bir bitkisel besin içerisinde olması umut vericidir.

Asya toplumlarında analizleri gerçekleştirilen patates türlerine ek olarak, yerli çeşitlerimizin de literatüre kazandırılması oldukça önemlidir. Ayrıca, lkemizde yerli patates türlerinin kukoamin analizlerine ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu literatür boşluğundan yola çıkarak, yerli patates çeşitlerimizin biyoaktif bileşik profilinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında Niğşah, Nahita, Leventbey ve ağlı trlerimizde UHPLC-MS/MS (Ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi- tandem kütle spektrometrisi) ile kukoamin A ve kukoamin B varlığı tespit edilmiş ve miktar tayini yapılmıştır. Patateslerin i ve kabuk dokularında toplam kuru madde tayini, renk analizi, demir (III) indirgeme antioksidan gücü (FRAP) ve DPPH• (2,2 difenil-1-pikrilhidrazil) radikali giderme aktivitesi tayini yöntemleri kullanılarak toplam antioksidan kapasite analizleri gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Patates Hakkında Genel Bilgiler

Dünya genelinde bilinen 5000'den fazla türü olan patates bitkisi insan beslenmesi bakımından dünyada buğday, mısır ve pirinçten sonra üretimi en çok yapılan bitkisel ürünlerden birisidir (23–26). En çok yetiştirilen patates türü *Solanum tuberosum* L.'dir (27). Patates ve buğday, pirince kıyasla daha az suya ihtiyaç duyar ve aralarında patates en düşük karbon ayak izine sahip olanıdır. Patates, kızartma ve haşlama gibi farklı işleme yöntemleriyle tüketilebilen ve geniş bir yaş grubu tarafından yaygın olarak tercih edilen bir gıda ürünüdür. Üretiminin zahmetsiz olması, kolay erişebilir olması ve sert iklim koşullarına karşı dayanıklı olması nedeniyle dünya genelinde yetiştiriciliği yaygındır (14).

Dünya patates ekim alanlarının %29,9'u Çin'de, %11,3'i Hindistan'da, %9,8'i de Rusya'da bulunmakta olup, bu üç ülke dünya patates üretiminin %51'ini oluşturmaktadır. Sırayı takiben ABD ve Ukrayna da patates üretimi gerçekleştiren ülkeler arasındadır (28).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) patatesin önemine ve bu konudaki farkındalığa dikkat çekmek amacıyla 2008 yılını “Dünya Patates Yılı” olarak ilan etmiştir ve patatesi “Gizli Hazine” olarak tanımlamıştır (26, 27). Özellikle son yıllarda az gelişmiş ülkelerde patates tarımının artması adına birçok proje geliştirilmiştir (31).

Tarih boyunca fakirlerin ekmeği sayılan patatesin sofralarımıza girişinin 8000 yıl öncesi Peru ve Bolivya sınırlarında yer alan Titikaka Gölü'ne dayandığı tahmin edilmektedir (32). Göl çevresinde yetiştirilen patateslerin tarlaları günümüzde hâlâ mevcuttur. Peru mutfağında yer alan birçok yemeğin başrol oyuncusu olan patatesin özel bir çeşidi olan “Golden Potato” (altın patates) parlak sarı/altın rengi ile oldukça meşhurdur (16).

Nüfus artışı yaşanan ülkelerde tüketimin artması ile beraber son 5 yılda patates üretiminde ve tüketiminde artış yaşanmıştır. Verim ve ekim alanlarından ziyade üretimde yıllar geçtikçe artış devam etmiştir (5). Dünya patates ihracatında Fransa, Almanya ve Hollanda ilk sıralarda yer almaktadır. Değişen iklim koşulları sebebiyle hem dünyada hem de ülkemizde patates üretimi ve veriminde dalgalanmalar yaşanmaktadır. Aynı zamanda ülkemizde 2000'li yılların başlarında tespit edilen patates siğili (*Synchytrium endobioticum*) hastalığı sebebiyle bir süre mücadele edilmiştir (5). Bu süreçte patates üretiminde

dalgalanmalar meydana gelmiş; patates siğili hastalığına bağlı olarak üretimdeki azalma, insan ve hayvan beslenmesi ile gıda sanayisi üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır.

1850’li yıllarda Kafkasya yolu ile Türkiye’ye giriş yapan patatesin bölgelere göre yıl boyu ekimi mümkündür ve 2024 yılında toplam 1 milyon 957 bin dekar alanda patates ekimi yapılmıştır (2,33).

Türkiye’de kullanılan tohumluk patateslerin çoğu Hollanda, Almanya, Amerika gibi ülkelerden gelmektedir. Patateste sertifikalı tohum kullanmak verimi artırmaya yardımcı olur. Aynı zamanda tarım arazilerinin geleceğini ve ülke ekonomisini koruyan stratejik bir tercihtir (34). Patates, doğası gereği yumruyla (vejetatif) çoğaldığı için hastalıkları bir sonraki nesle taşıma riski en yüksek olan bitkilerden biridir. Sertifikasız ya da kaynağı bilinmeyen tohum kullanıldığında patateste gelişebilecek patates siğili, patates kist nematodları ve bakteriyel solgunluk gibi hastalıkların gelişme riski fazladır. Bu nedenle sertifikalı tohum kullanımı, verimi artırmasının yanında hastalıklardan korunma konusunda da etkili olmaktadır (35).

Dünya genelinde patates üretimi yapan ülkelerde neredeyse tamamı sertifikalı tohumlar ile yapılırken ülkemizde sertifikalı tohumluk kullanım oranı %25-30 civarındadır (3). Sertifikalı tohumluk patateslerin kullanım oranının bu denli düşük olmasının en büyük sebepleri arasında yerli patates çeşitlerinin az olması gelmektedir (3). Bu nedenle yerli patateslerimizin tescilli tohumluk patates üretiminin yaygınlaştırılması açısından önem arz etmektedir (36).

Patateslerin uzun süre depolanması sırasında patates yumrularının bozulması, su içeriğinin azalması, ağırlık kaybı, kuru madde oranının azaldığı, protein oranlarının değiştiği ve nişasta oranında farklılıklar görüldüğü rapor edilmiştir (37).

2.2. Besin Öğeleri ve Sağlık Açısından Önemi

Dünyada üretimi en çok yapılan bitkisel ürünlerden biri olan patates, dünya genelinde yüzlerce yıldır insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Patatesin kişi başı tüketim miktarı fazla olduğundan enerji ve besleyicilik açısından diyetle önemli yer tutan bitkisel gıdalardan birisidir (35, 36).

Patatesin besin değeri; tohumun genetiği, yetiştirildiği toprağın yapısı, aldığı güneş miktarı ve iklim koşulları gibi durumlardan etkilenmektedir (25).

Patates önemli makro nutrientler (karbohidrat ve protein) ve mikro nutrientlerin (vitamin C, potasyum, magnezyum) kaynaklarından birisidir (Tablo 1). Besin değeri açısından ön plana çıkan patates yumruları çeşitli biyoaktif bileşikler içermektedir. Yumrularının yaklaşık %70'lik büyük bir kısmını su oluşturmaktadır (15,40). Bununla beraber %20-30 nişasta, %2 protein, %2 diyet lifi, B1, B2, B3, B6 ve C vitaminleri ile potasyum, magnezyum ve fosfor içermektedir (6, 29).

Birçok patates çeşidi içerisinde yüksek miktarda askorbik asit (42 mg/100 g'a kadar) bulunabilir (26). Aynı zamanda bu oran yeni hasat edilmiş patateslerde 460 mg/kg (taze ağırlık) seviyesine kadar çıkabilmektedir (42).

Tablo 1. Patates içerisindeki önemli makro ve mikro besin öğeleri (BeBİS'den *, 39)

	100 gramda
Enerji	58.8 kcal
Su	63.7 g
Protein	1.6 g (%11)
Yağ	0 (%0)
Karbohidrat	12.5 g (%89)
Lif	1.0 g
A vitamini	1.0 µg
Folat	12 µg
C vitamini	15 mg
Sodyum	3.0 mg
Kalsiyum	7.0 mg
Potasyum	304.0 mg
Magnezyum	17.0 mg
Fosfor	25.0 mg

*: Beslenme Bilgi Sistemi

Kabuklu bir şekilde haşlanmış patates 93 kalori (389 kJ) enerji verir ve beraberinde erişkin bir bireyin günlük C ve B6 vitamini ihtiyaçlarının %16'sını, potasyum ihtiyacının %15'ini ve protein ihtiyacının %5'ini karşılamaktadır. Patates ayrıca iyi bir lif kaynağıdır. Bu özelliği ile vücutta kan lipid seviyesini düzenleme ve tokluk hissi verme gibi faydaları bulunmaktadır (14).

Yapılan bazı çalışmalar, orta boy büyüklükteki bir patatesin (yaklaşık 150-200 gram) günlük folat gereksiniminin %7-10 arasında karşıladığını belirtilmiştir (44). İçerdiği yaklaşık %31 oranında dirençli nişasta sayesinde ‘‘Nişastalı Sebzeler’’ kategorisinde yer alır (12, 41). Patatesin içeriğinde dirençli nişasta olması sebebiyle kalın bağırsaktan fermente edildiği zaman bağırsak pH seviyesini düşürdüğü ve faydalı kolonik bakterilerin çoğalmasını teşvik ederek prebiyotik görevi gördüğü gösterilmiştir (16).

Patates; karbohidrat, protein, vitamin ve minerallerce zengin besleyici yapısının yanı sıra polifenoller, karotenoidler, fenolik bileşikler ve antosiyaninler gibi temel antioksidan bileşenleri bünyesinde barındırır. Bu özgün bileşimi sayesinde vücutta demir iyonlarını bağlama, kararsız bileşikleri indirgeme ve süperoksit süpürme gibi hayati fonksiyonları destekleyerek sağlığa önemli katkılar sunar (14,16,17).

Patates yumruları kadar patates kabukları da fenolik asitler, antosiyaninler gibi temel polifenolce zengindir ve antimikrobiyal etkiye sahiptir (46). Patateslerin kabuk ve iç dokularındaki antioksidan miktarı değişmektedir (47). Yapılan çalışmalar sonucunda patates kabuğunun antioksidan içeriğinin iç kısmına oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur (22). Antioksidan özelliklere sahip patateslerin bazı kanser hücrelerinin büyümesini engellediği ve bu nedenle patatesin tedavi amaçlı kullanılabileceği ifade edilmiştir (48).

Kültürel farklılıklardan kaynaklı patates bitkisinin çeşitli tüketim biçimleri (haşlama, kızartma gibi) mevcuttur. Bu durum patatesin kalitesini ve besin içeriğinden faydalanma oranını etkileyebilir. Tıpkı diğer sebzeler, baklagiller ve tahıllarda olduğu gibi patatesin kalitesi de türüne, saklama koşullarına ve ısıtma işlemlere bağlı olarak değişebilir (44). Mineral içeriğindeki farklılıklarda toprak türü, toprağın pH seviyesi, sulama koşulları ve hava koşulları etki gösterebilir (28).

Pişmiş patates vücutta hızlı bir şekilde emildiğinden dolayı glisemik indeksi yüksek gıdalar arasında yer alır (49). Glisemik indeks değerinde glukoz referanstır ve 100 kabul edilir. Patatesin glisemik indeks değeri 87-90 arasındadır. Haşlama sonrasında bu değer 100'lere kadar çıkmaktadır (47, 48). Patateste besin değerleri arasında nişasta önemli ölçüde

bahsedilirken aslında patatesin protein değeri de göz ardı edilmemelidir. Biyolojik değeri 100 kabul edilen ve referans gösterilen yumurtaya göre, diğer temel bitkisel protein kaynaklarıyla (örneğin; 84 bitkisel değere sahip soya fasulyesi) kıyaslandığında 90 gibi nispeten yüksek bir biyolojik değere sahiptir (12, 49).

2.3. Patateste Bulunan Fitobesinler ve Antioksidan Kapasite

Genellikle fitokimyasallar olarak adlandırılan fitobesinler, bitkiler tarafından üretilen; yenilebilir sebze ve meyve içerisinde bulunan besin maddesi olmayan biyolojik aktif kimyasallardır (53). Meyve, sebze, tam tahıl ve baklagillerde 5000'den fazla fitokimyasal tanımlanmıştır, ancak fitobesinlerin büyük bir kısmı hâlâ bilim insanları tarafından keşfedilmeyi beklemektedir (53).

Fitobesinler; temel besin maddeleri (protein, yağ veya vitaminler) değildir fakat optimal sağlık ve kronik hastalıklardan (kanser, diyabet, kalp hastalıkları) korunmak için elzemdirler. Çoğunluğu alkaloidler, fenolik bileşikler, antosiyaninler, karotenoidler ve flavonoidler gibi fitokimyasallar içerirler (54–56). Bu bileşikler, bitkilerin kendini savunma mekanizmalarında, renklenmesinde, tadında ve kokusunda kritik rol oynar. Aynı zamanda fitokimyasalların yüksek serbest radikal süpürme aktivitesine sahip olduğu, bunun da kronik hastalık riskini ve yaşa bağlı nöronal dejenerasyonu azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir. İnsan sağlığı açısından ise güçlü antioksidan özellikleriyle bilinirler (57).

Yapılan in vitro çalışmalar patatesin antioksidan bileşikler açısından zengin olduğunu ortaya koymaktadır (53, 54). Patateste bulunan bu antioksidan kapasite, büyük oranda klorojenik asit gibi fenolik asitlerden ve antosiyanin türevi pigmentlerden kaynaklanmaktadır. Söz konusu bileşiklerin konsantrasyonu patatesin türüne, kabuk yapısına ve maruz kaldığı pişirme tekniklerine göre değişkenlik göstermektedir. Özellikle renkli iç dokuya (mor veya kırmızı) sahip patates çeşitlerinin, serbest radikalleri nötralize etme yeteneği bakımından beyaz iç dokuya sahip türlere kıyasla daha yüksek aktivite sergilediği gözlemlenmiştir (60).

Patatesin içinde bulunan polifenoller ve karotenoidler gibi bileşiklerin insan sağlığına çeşitli faydaları olmakla beraber; farklı tür ve renklerde olabilen patates çeşitlerinin beslenme profilleri ve insan vücuduna katkıları arasında önemli farklar bulunabilmektedir. Patates içerisinde bulunan fenolik asitler, flavonoidler ve antosiyaninler sağlığa birçok katkıları olan antioksidanlardır (61).

Patateslerin içerisinde olan antioksidan miktarları sabit değildir. Yetiştirilen bölge ve depolama koşulları (stres faktörleri) bu miktarı %60'a varan oranlarda artırabilmektedir. Çevresel strese karşı bir koruma mekanizması olarak antioksidan içerikte artış söz konusu olabilmektedir (17).

2.3.1. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler antioksidan olarak görev yaparlar ve serbest radikalleri süpürerek aldehit veya keton oluşumunu azaltırlar. Fenolikler bileşikler; doku hasarına, reaktif oksijen türlerine ve ateroskleroz (damar sertliği), diyabet, böbrek yetmezliği ve kanser gibi hastalıklara karşı koruma sağlar (62).

Patates, diğer birçok sebzeye kıyasla daha yüksek oranda fenolik bileşik içermektedir. İçerdiği fenolik madde miktarı patatesin yetiştirildiği iklim şartları, toprak türü, patates türüne ve rengine göre değişiklik göstermektedir. Aynı zamanda yapılan hasat öncesi ve sonrası uygulamalar da toplam fenolik miktarını etkilemektedir (26). Çoğunlukla koyu renk (kırmızı veya mor) patateslerin içerdiği toplam fenolik miktarı daha yüksektir (63).

Patates içerisinde bulunan fenolik bileşiklerden antosiyanin dışındaki fenoliklerin çoğu renksizdir (64). Yapılan çalışmaların çoğunda patates kabuğu ve korteks kısmında (kabuğun hemen altındaki tabaka) daha yüksek miktarda fenolik bileşik olduğu ve patatesin merkezine doğru gittikçe bu miktarın azaldığı belirlenmiştir (22, 24, 58).

2.3.1.1. Fenolik Asitler

Patates içerisinde en yaygın bulunan fenolik bileşikler fenolik asitlerdir (27). Toplam fenolik madde içeriği taze ağırlık başına gram gallik asit eşdeğeri (g GAE/kg) olarak ifade edildiğinde, patates 0.31–8.83 g GAE/kg toplam fenolik madde içeriğine sahiptir (59). Toplam fenolik bileşikleri %85-90 oranında klorojenik asit oluşturmaktadır (38, 59). Bitkilerin toplam fenolik madde miktarları incelendiğinde taze ağırlık bazında klorojenik asidin taze ağırlık bazında düşük oksidasyon potansiyeline sahip olduğu, bu bileşiğin serbest radikallere karşı belirgin bir antioksidan etki gösterdiği bilinmektedir (17). Beyaz ve sarı renk patateslerde kırmızı ve mor patateslere kıyasla daha yüksek oranda klorojenik asit bulunmaktadır (55, 57).

Klorojenik asit, bağırsaklarda glukozun kana geçiş hızını yavaşlatarak ani şeker yükselmelerini engeller ve bu mekanizma ile tip 2 diyabet riskini azaltmaya yardımcı olur

(23, 57). Hücre bazında oksidasyonu önleyerek dokuların daha uzun süre sağlıklı kalmasını sağlar. Damar sertliğine yol açan kronik iltihaplanmayı (inflamasyonu) azaltır. Nöronları (sinir hücrelerini) oksidatif hasara karşı koruyarak Alzheimer ve Parkinson gibi nörodejeneratif hastalıkların riskini azaltabileceği üzerine birçok çalışma bulunmaktadır (26).

Patatesin hem iç kısmında hem de kabuğunda polifenol bulunmaktadır fakat kabuk dokusu, iç dokuya göre iki kat daha fazla toplam polifenol içermektedir (66). Patates kabuğundan özütlenen fenolik içeriğin oksidatif hasara karşı antioksidan olarak görev yaptığı bildirilmiştir (59).

2.3.1.2. Flavonoidler

Flavonoidler, bitkiler dünyasında yaygın olarak bulunan bir polifenol grubudur (67). Aynı zamanda diyetimizdeki en önemli polifenol ve güçlü antioksidanlardan birisidir. Yenilebilir bitkilerdeki başlıca flavonoid sınıfları olan flavonoller, flavonlar, flavanoller, proantosiyanidinler ve flavanonlardır (68).

Besin yoluyla flavonoidler vücuda alındığında kandaki metabolit miktarı geçici olarak yükselir ve birkaç saatlik yarılanma ömrü içinde azalır. Canlı vücudunda emilen flavonoidler neredeyse bir gün içinde idrarla dışarı atılır, bu nedenle flavonoid içeren besinlerin düzenli olarak tüketilmesi gerekir (68). Gıdalara acı ve buruk tat vermeleri ve emilimlerinin çok yüksek olmaması sebebiyle flavonoidlerin bir süre gıdalardan uzaklaştırılması gerektiği düşünülmüştür. Ancak sonrasında yapılan çalışmalar flavonoidlerin kardiyovasküler hastalık ve yüksek tansiyon riskini azaltma, anti-alerjik, anti-inflamatuar ve anti-diyabetik etkiler gibi çeşitli faydalara sahip olduğunu ortaya koymuş ve bu bileşiklerin yeniden değer kazanmalarını sağlamıştır (60, 62).

Flavonoidler çoğunlukla beyaz patatesin iç kısmında bulunur ve kateşin ve epikateşin bu grupta yer alan başlıca bileşikler arasındadır. 100 gram taze ağırlıktaki bir patates içerisindeki flavonoid miktarı 30 µg'a kadar çıkabilir ki bu, kırmızı ve mor renkli patateslerdekinin neredeyse iki katıdır (24, 54). Farklı patates türlerinde flavonoid içeriği değişkenlik göstermektedir (17).

2.3.1.3. Antosiyaninler

Antosiyaninler, patatesin başlıca pigment grubudur (70). Antosiyaninler flavonoid grubuna ait, suda çözünebilir doğal renklendiricili polifenolik pigmentlerdir (7, 54). Her ne kadar beyaz patatesler tüketimde daha yaygın olsa da, mor ve kırmızı patatesler daha yüksek oranda antosiyanin içerir. Özellikle mor renk patateslerin içerisinde bulunan pelargonidin, peonidin, petunidin ve malvidin antosiyaninler çeşidinin hem "parmak izi" görevini görür hem de güçlü antioksidan aktiviteye sahiptir (42).

Patates kabukları iç kısma kıyasla daha yüksek oranda antosiyanin içermektedir. Mor patates kabuklarında 100 gramda 700-900 mg arasında, kırmızı kabuklarda ise 500 mg'a kadar antosiyanin bulunabilir. Patatesin iç kısmında ise 100 gramda 3 ile 40 mg arasında değişmektedir (13, 64). Bazı özel türlerde bu oran değişiklik gösterebilmektedir (60).

Yapılan çalışmalarda antosiyanin miktarı yüksek olan mor ve kırmızı renk patateslerin enflamasyonu azaltma, yüksek tansiyonu düşürme, yüksek insülin seviyelerini düşürme; kolon, meme, prostat, ağız ve mide kanseri gibi çok çeşitli kanser türlerinin önlenmesinde olumlu etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir (64). Mor ve kırmızı patateslerin beyaz patateslere kıyasla daha hızlı bir şekilde glisemik yanıt modülatörü (şeker dengeleyici) etki sağladığı görülmüştür (8).

Çalışmalarda iklim koşulları, toprak yapısı gibi faktörlerin patatesteki antosiyanin miktarını etkilediği, azot ve potasyum gübresi ilavesinin ise antosiyanin konsantrasyonunu neredeyse iki katına çıkarttığı belirtilmiştir (8).

2.3.1.4. Karotenoidler

Karotenoidler; bitkiler tarafından sentezlenen, bazı mantar ve bakterilerin kloroplast ve kromoplastlarında doğal olarak bulunan, yağda çözünen izoprenoid bileşiklerden olan önemli bir doğal organik pigment grubudur (12, 21). İnsanlar karotenoid sentezleme yeteneğine sahip değildir bu nedenle bu öncül maddeleri diyet yolu ile almak zorundadır (72).

Karotenoidler hücresel ve organel fonksiyonlarda önemli roller üstlenir ve aynı zamanda serbest radikalleri etkisiz hale getirerek güçlü bir antioksidan aktivite gösterir. Göstermiş olduğu güçlü antioksidan etkisi ile kardiyovasküler hastalıklar ve belirli kanser türleri dahil olmak üzere çeşitli kronik hastalıklara karşı koruma sağlayabilir (65, 66). Özellikle yaşa bağlı görülen ciddi görme bozukluğu ve görme kaybı ile ilişkili makula

dejenerasyonunun (sarı nokta hastalığı) önlenmesinde önemli roller oynaması bunlardan birisidir (65, 67).

Karotenoidler patatestе görülen temel antioksidan bileşiklerden birisidir (1). Taze ağırlık bazında toplam karotenoid içeriğinin 0.038–2.00 mg/100 g arasında değiştiği bildirilmektedir (59). Karotenoidler açık sarıdan koyu kırmızıya kadar değişen renklere sahip olup 750’den fazla farklı türü tanımlanmıştır. Koyu renk patates türleri beyaz renk patates türlerine göre yaklaşık 10 kat daha fazla karotenoid içermektedir (8). Ülkemizde çoğunlukla tüketilen patates beyaz, sarı-koyu sarı ve turuncu renklerdedir. Patatese bu renkleri veren karotenoidlerdir (68, 69). Patatesin iç dokusundaki beyaz renk, koyu sarı veya turuncu renk zeaksantinden; açık sarı renk ise luteinden kaynaklanmaktadır (25). Zeaksantin, luteine göre daha "kırmızımsı" bir tona sahiptir. Patates türlerine göre içerisinde yer alan antosiyanin ve karotenoid türleri Tablo 2’de yer verilmiştir (78–80).

Tablo 2. Patates içerisinde yer alan başlıca antosiyanin ve karotenoidler

Patates Rengi	Antosiyanin	Karotenoidler
Sarı		Viyolaksantin Anteraksantin Lutein Zeaksantin
Koyu sarı / Turuncu		Zeaksantin Anteraksantin
Krem		Viyolaksantin Lutein
Kırmızı	Pelargonidin (parlak kırmızı) Peonidin	
Mor	Malvidin Petunidin Delfinidin (eser miktarda) ve Peonidin	

Piştirme yöntemleri karotenoidlerin kaybına neden olabilir. Morris ve ark. (76) tarafından yapılan çalışmada, toplam karotenoid seviyelerinin yumru gelişiminin erken evrelerinde maksimum düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, haşlama, kızartma ve fırınlama gibi farklı piştirme yöntemleri ile patates çeşidi, karotenoid içeriğini önemli ölçüde etkilemektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda buharda piştirme sırasında karotenoid kaybının minimum, kızartma sırasında ise maksimum düzeyde olduğu bildirilmektedir (25). Aynı zamanda patates uygun koşullarda (2-4 °C, karanlık, serin bir ortam) saklandığı sürece toplam karotenoid miktarını büyük ölçüde koruyabilen bir bitkidir (25).

Patatesin toplam karotenoid içeriğinin büyük bir kısmını oluşturan lutein (%54 ila %93'ü), viyolaksantin ve anteraksantina kıyasla ısıya karşı daha dirençlidir. Ayrıca, koyu sarı ve turuncu renkli patateslerde bulunan zeaksantin de anteraksantine göre daha yüksek ısı stabilite gösterdiği bildirilmektedir (77).

Patates yumruları çeşitli renk skalasına sahiptir. Özellikle ülkemizde daha çok tüketilen yemeklik tür olan sarı patateslerin karotenoid içeriği beyaz olan sanayi türlerinden daha fazladır (21, 25). Patates renginin sarılığı karotenoid içeriği ile pozitif bir korelasyon göstermektedir (75). Aynı zamanda patates kabuğunun kuru ağırlığında maksimum 28 mg/kg, iç dokuda ise 9 mg/kg karotenoid mevcuttur. Bu sonuç patatesin kabuk kısmının iç kısmına kıyasla neredeyse 3 kat daha yüksek oranda karotenoid içerdiğini göstermektedir (25).

Karotenoid içeren meyve ve sebzelerin düzenli tüketiminin, oksidatif hasarla ilişkili kronik hastalık riskinin azaltılmasına yardımcı olduğu bildirilmektedir (72).

2.4. Fenolik Poliaminler: Kukoaminler

Son yıllarda, modern yaşamın beraberinde getirdiği oksidatif stres ile ilişkili hastalıkların artmasıyla birlikte doğal antioksidanlara yönelik ilgi giderek artmaktadır. Özellikle omurga yapısında iki farmakofora sahip ve çok yönlü biyolojik aktivite sergileyen bir fenolik poliamin olan kukoamin, terapötik açıdan umut verici bir adaydır.

Kukoaminler ile ilgili araştırmalar 2005'lere kadar dayanmaktadır. Literatürde son yıllarda yeniden ivme kazanmaya başlayan kukoamin, bir Çin bitkisi olan *Lycium chinense* (LyC) (Çin evlilik asması, Çin çay bitkisi, Çin kurt mersi, kurt mersini ve Çin çöl dikenini olarak da bilinir) veya *Lycium barbarum*'un kök kabuğunda bulunan, doğal olarak oluşan

biyoaktif bir spermin alkaloididir (Resim 1) (18, 73, 74). Solanaceae (Patlıcangiller) familyasına ait ünlü bir geleneksel Çin tıbbi bitkisi olan LyC, hem fonksiyonel bir gıda hem de bir ilaç olarak Asya toplumunda yaygın bir şekilde tüketilmektedir (83). Sadece ünlü bir geleneksel bitki değil, aynı zamanda çorbalar, pirinç lapası (congee), bitki çayları gibi sağlığı korumaya yönelik mutfaklarda yaygın olarak tüketilen işlevsel bir gıdadır (19).



Resim 1. *Lycium chinense* bitkisi

LyC'in kurutulmuş kabuğu geleneksel Çin tıbbında başta diyabet ve hipertansiyon olmak üzere bazı metabolik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (83). Aynı zamanda LyC'in özütünün hipoglisemik (kan şekerini düşürücü), hipotansif (tansiyonu düşürücü), hipolipidemik (kan yağını düşürücü), antioksidan ve antienflamatuvar dahil olmak üzere çeşitli farmakolojik aktivitelere sahip olduğu gösterilmiştir (81). LyC'in rolü yaygın olarak araştırılmış ve inflamasyonu inhibe ederek insülin direncini, lipid metabolizmasını, kemik metabolizmasını ve tümör ilerlemesini iyileştirmede faydalı etkiler gösterdiği doğrulanmıştır (82).

Yapılan bir çalışmada, LyC bitkisinde kukoamin miktarlarının yaşa bağlı olarak değişip değişmediği incelenmiştir. Yetiştirilen 1-10 yıllık LyC bitkileri incelendiğinde içeriğindeki kukoamin miktarlarında anlamlı bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, yetiştirme koşullarındaki farklılıkların kukoamin düzeylerini etkilediği bildirilmiştir. Organik madde ve besin elementleri (azot, fosfor, potasyum) açısından zengin topraklarda yetiştirilen LyC bitkisinde kukoamin düzeylerinin anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır (20). Bu bulgu ışığında, bitki yaşının kukoamin miktarı üzerindeki etkisi önemsiz kabul edilerek sonraki analizlerde yaş faktörü göz ardı edilmiştir. Dolayısıyla LyC

bitkilerinde kukoamin miktarının belirleyen temel unsurların yaş değil, bölgenin iklimsel özellikleri ve toprak yapısı olduğu sonucuna varılmıştır.

2.4.1. Kukoaminler: Keşfi, Kimyasal Yapısı ve Tıbbi Potansiyeli

Kukoamin ilk kez Funayama ve ark. tarafından 1980 yılında Japonya'da keşfedilmiştir (84). Asya coğrafyasında yoğun ilgi gören kukoamin, son yıllarda birçok bilim insanı tarafından araştırma konularına dahil edilmiştir.

Solanaceae (Patlıcangiller) ailesine ait LyC bitkisinin kök kabuklarından elde edilen ve Doğu tıbbında "Jikoppi" (Di Gu Pi) olarak bilinen ilaç, klinik olarak hipertansiyona karşı etkili bulunmuş; deney hayvanlarında ise tansiyon düşürücü, kan şekerini düşürücü, ateş düşürücü ve anti-stres ülser aktivitesi gösterdiği rapor edilmiştir (85). Yapılan bir çalışmada "Jikoppi" nin metanol ekstraktının (0.5 g/kg, damar yoluyla) farelerde belirgin bir tansiyon düşüşü sağladığı görülmüştür. Bu tansiyon düşürücü aktivite izlenerek örnek, ardışık kromatografi işlemlerine tabi tutulmuştur. Kolin ve betain ile birlikte, aktif bir fraksiyon elde edilmiştir. Bu fraksiyonun ileri kromatografik saflaştırılması sonucunda, farelerde belirgin tansiyon düşüşünü indükleyen amorf bir alkaloid olan kukoamin A izole edilmiştir.

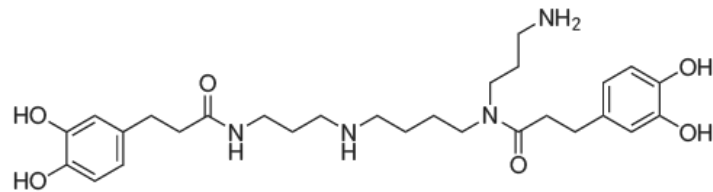
Kukoaminler, poliamin iskeletine konjuge olmuş fenolik asit birimlerinden oluşan özgün yapıları sayesinde, geleneksel flavonoidlerden farklı olarak multidisipliner bir biyolojik aktivite spektrumu sergilemektedir. Literatürde bu bileşiklerin, vasküler düz kas hücreleri üzerindeki gevşetici etkileri aracılığıyla kan basıncını regüle eden potansiyel hipotansif ajanlar olduğu kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Özellikle serbest radikal süpürme kapasiteleri ve lipid peroksidasyonunu inhibe etme yetenekleri sayesinde, nörodejeneratif hastalıklarda görülen oksidatif stres hasarına karşı nöroprotektif bir kalkan oluşturdukları gözlemlenmiştir (18, 78).

Spermin alkaloidi olan kukoaminin kukoamin A, kukoamin B, kukoamin C ve kukoamin D olmak üzere literatürde bilinen toplam 4 çeşit izomeri bulunmaktadır (87). LyC bitkisinin toplam kuru kütlelerinin yaklaşık %0,8'ini oluşturan kukoamin A ve kukoamin B, bu bitkinin ana kukoamin bileşenleri olarak belirlenmiş; kukoamin C ve kukoamin D izomerleri ile laboratuvar ortamında sentezlenerek yapısal olarak karakterize edilmiştir (19,87). Kukoamin C ve kukoamin D'nin gıdalarda varlığı hakkında literatürde çalışmalar oldukça kısıtlıdır.

2.5. Kukoamin A ve Kukoamin B

Oc1ccc(cc1)CC(=O)NCCCNCCCNCCCNCC(=O)CCc2ccc(O)c(O)c2

Şekil 1. Kukoamin A iskelet formülü



Şekil 2. Kukoamin B iskelet formülü

16

kukoamin A'ya çok benzeyen fakat farklı alıkonma süresine sahip olan başka bir pik gözlemlenmiştir. Kukoaminler çok sayıda amino grubu içerir ve bu amino grupları, HPLC'deki C₁₈ kolonlarına yapışma eğilimindedir. Amino gruplarının kolonla etkileşimi nedeniyle birbirine çok benzeyen iki izomerin (kukoamin A ve kukoamin B) kromatografik olarak net bir şekilde ayırt edilememesi söz konusu olmuştur. Bu izomerler, Kapiler Zon Elektroforezi (CZE) kullanılarak ayrılmış, yöntemin sağladığı UV sinyalinin (tespit edilebilirliğin) ve duyarlılığın artmasıyla birlikte daha net bir ayırım elde edilmiştir (91). Yakından incelediklerinde kukoamin A ile aynı moleküler formüle sahip izomeri olan (C₂₈H₄₂N₄O₆) kukoamin B keşfedilmiştir (17, 83).

Kukoamin A ve kukoamin B bileşikleri arasındaki tek fark, dihidrokaffeoilasyonun konumudur. Kukoamin A da, dihidrokafeik asitler spermin zincirinin en uçlarına (1, 12) bağlıdır. Kukoamin B'de ise, iki dihidrokaffeoil grubundan biri ortadaki bir N-atomuna bağlanarak dallanmış bir zincir yapısı oluşturur (18).

Yapılan çalışmalar, kukoamin A'nın antihipertansif, antienflamatuvar, antiseptik, antioksidan, antikanser ve nöroprotektif özelliklerini vurgulayarak terapötik potansiyellerini göstermiştir (18, 74). In vitro ve in vivo çalışmalar kukoamin A ve kukoamin B' nin aynı zamanda reaktif oksijen türlerini (ROS) süpürebildiğini ve antioksidan etki gösterdiğini ortaya koymuştur (9, 79, 84). Kukoamin A ve kukoamin B'nin oksidatif hasara karşı koruyucu etkiler gösterebildiğine dair çalışmalar bulunmakla birlikte, bu çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Daha yakın dönem araştırmalarda, bu bileşiklerin patates de dâhil olmak üzere Solanaceae familyasının diğer üyelerinde (örneğin domates ve biber) de tanımlandığı bildirilmiştir (22). Mevcut çalışmalar büyük ölçüde patatesin kabuk dokusunun iç dokuya kıyasla daha yüksek oranda kukoamin içerdiğini ortaya koymaktadır (13).

Xiao-Long Hu ve ark. yapmış olduğu in vitro hücre çalışmasında Kukoamin A'nın nöroprotektif (sinir koruyucu) etkisine yoğunlaşmıştır. Çalışma, SH-SY5Y olarak adlandırılan insan kaynaklı sinir hücreleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kukoamin A'nın H₂O₂ kaynaklı mitokondriyal zar potansiyeli kaybını iyileştirdiğini, apoptoz oranını %29'dan yaklaşık %6 seviyelerine (kontrol grubuna yakın düzeylere) düşürdüğünü ve mitokondriyal fonksiyonları koruduğunu göstermektedir. Aynı zamanda hücre içindeki zararlı ROS (serbest radikal) üretimini baskılamış, vücudun savunma enzimi olan SOD (süperoksit dismutaz) aktivitesini artırmış ve hücre zarı hasarının göstergesi olan MDA (malondialdehit) düzeyini düşürmüştür. Kukoamin A, vücudun ana savunma hattı olan SOD

enzim aktivitesini artırırken, hasar göstergesi olan MDA seviyesini düşürücü etki göstermiştir. Yani kukoamin A, hücreyi en başta oksidatif strese karşı güçlendirmiştir (10).

Zhiyuan Guan ve ark. tarafından yapılan çalışmada yumurtalıkları alınan (OVX) farelerde, menopoza sonrası osteoporozu taklit eden ciddi bir kemik kaybı oluşmuştur. Farelere kukoamin A (10 mg ve 20 mg dozları) verilmiş bunun sonucunda, bel omurları (L4) ve kaval kemiğinde (tibia) meydana gelen kemik yoğunluğu kaybı 12 hafta sonunda durmuştur. Çalışma sonucunda kemik oluşumunu gösteren OCN (osteokalsin) ve ALP (alkalen fosfataz) seviyeleri yükselmiştir ve kemik erimesine (yıkımına) neden olan TRAP ve CTX-II seviyeleri düştüğü gözlenmiştir (82).

Butts ve ark. tarafından yapılan çalışmada ise kukoamin A'nın kan basıncısını düşürücü etkisine yönelik çalışılmıştır. Çalışmada hipertansif ve normal sıçanlar kullanılmış ve sıçanlara kg başına 5 mg ve 10 mg oral (ağızdan) olarak kukoamin A 5 hafta boyunca verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde farklı dozlarda verilen kukoamin A miktarlarının kan basıncını düşürme üzerinde anlamlı bir etki göstermediği belirlenmiştir (94). Benzer çalışmayı yapan Zhao ve ark. daha yüksek dozlarda 20 mg ve 25 mg uygulamış ve anlamlı bir sonuç alamamıştır (83). Bu çalışmalar sonucunda Kukoamin A'nın oral yolla verilmesinin kan basıncını düşürmediği sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu farklı sonuçların, kukoamin A'nın uygulama yoluna (intravenöz veya oral) bağlı olarak biyoyararlanımının değişmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Kukoamin B için yapılan ilk insan faz I klinik çalışması ise Liu ve ark. tarafından yapılmıştır. Çalışmada; 18–45 yaş arası sağlıklı erkek ve kadınlardan oluşan, Vücut Kitle İndeksi (VKİ) 19–28 kg/m² aralığında, son 6 ayda çocuk sahibi olma planı bulunmayan, çalışma süresince etkin doğum kontrol yöntemlerini kabul eden ve gebelik testi negatif olan sağlıklı deneklerle 0.005–0.48 mg/kg aralığında 6 doz grubu oluşturulmuştur (0.02, 0.04, 0.08, 0.12, 0.24, ve 0.48 mg/kg). Her grup için 8 katılımcı, 6'sı kukoamin B grubu ve 2'si plasebo grubu olarak ayrılmıştır. Tek doz kukoamin B ve plasebo uygulaması 7 gün boyunca gözlenmiştir. Çalışma sırasında, bir önceki doz grubundaki deneklerin güvenilirlik ve farmakokinetik verilerine göre bir sonraki doza geçilmesine veya doz artırımının durdurulmasına karar verilmiştir. Uygulanan infüzyon öncesince ve uygulanan infüzyon (doz) sonrasında kan örnekleri ilk yarım saat, daha sonrasında ise saatte bir olacak şekilde alınmıştır. İdrar örnekleri ise hem uygulama öncesinde hem de uygulama sonrasında dört saatte bir olacak şekilde alınmıştır. Katılımcıların en az biri yan etki yaşamıştır. En sık

bildirilen olaylar arasında baş ağrısı, grip ve idrarda pozitif beyaz kan hücresi görülmesi olmuştur. Tüm yan etkilerin herhangi bir tedaviye gerek kalmaksızın kendiliğinden düzeldiği görülmüştür. Yapılan tek doz uygulamasında uygulanan doza bağlı olarak kukoamin B'nin plazma eliminasyon yarılanma ömrünün yaklaşık 1.61–4.24 saat arasında değiştiği gözlenmiştir. Aynı zamanda kukoamin B'nin kan plazmasında konsantrasyon oranı 0.43-0.47 arasında değişiklik göstermiştir. Bu bulgular doğrultusunda, kukoamin B'nin esas olarak plazmada dağılım gösterdiği belirlenmiştir (95).

Liu ve ark. tarafından yapılan çalışmada kukoamin B'nin enfeksiyonlara karşı gelişen sepsislere etkili bir tedavi ajanı olabileceği düşünülmüştür. Kunming (KM) fareleri (4–6 haftalık, 18–20 g ağırlığında, eşit sayıda erkek ve dişi) kullanılarak; vücutta çok yoğun miktarda bulunması durumunda bağışıklık sisteminde yüksek ateş, kan basıncının düşmesi, organ yetmezliği ve sepsis (kan zehirlenmesi) gibi klinik tablo oluşturan LPS (lipopolisakkarit) molekülünün kukoamin varlığındaki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. KM farelerine periton içi (karın içi) bir kez 60 mg/kg kukoamin B enjekte edilmiştir. Farelere 3 gün boyunca, her 8 saatte bir (günde 3 kez) daha düşük dozlar verilmiştir (1.25 mg/kg, 2.5 mg/kg ve 5 mg/kg). Sonuçlarda kukoamin B'nin, LPS molekülüne karşı yüksek bir afiniteye sahip olduğu belirlenmiştir. Kukoamin B'nin, LPS'ye bağlandığında bağışıklık hücreleriyle (makrofajlarla) temas etmesini engellediği ve böylece LPS'nin vücutta enflamasyonu önlediği tespit edilmiştir (89).

Yuan-Yuan ve ark. tarafından yapılan bir in vivo çalışmada 4 haftalık db/db (diyabetik) fareler kullanılmıştır. Çalışma 3 tedavi grubuna ayrılmıştır (kukoamin B tedavisi, metformin tedavisi ve rosiglitazon tedavisi). Diyabetik farelere 9 hafta boyunca 50 mg/kg/gün kukoamin B, 5 mg/kg/gün metformin ve 5 mg/kg/gün rosiglitazon tedavisi uygulanmıştır. Tedavi sonrasında kukoamin B-db/db, metformin-db/db ve rosiglitazon-db/db grupları arasında kan şekeri seviyesi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Metformin ve rosiglitazonun, tedavinin ilk haftasından itibaren kan şekeri artışını engellemede etkili olan hızlı hipoglisemik etkileri olduğu kaydedilmiştir. Buna karşın, kukoamin B'nin şeker düşürücü etkisi daha yavaş ve daha az güçlü olmuştur; şeker seviyesindeki belirgin düşüş ancak 7 haftalık tedaviden sonra fark edilmiştir. Rosiglitazon tedavisinde belirgin kilo artışı ve karaciğerde büyüme gözlenirken kukoamin ve metformin tedavisinde kilo artışı gözlemlenmemiştir (92).

Qian Zhao ve ark. yaptığı in vivo Faz 1 çalışmasına 12 sağlıklı gönüllü (erkek ve kadın karışık) katılmıştır. Gönüllülere damar yoluyla (intravenöz infüzyon) iki farklı doz (0.24 mg/kg veya 0.48 mg/kg) kukoamin B verilmiştir. Kan örnekleri doz öncesinden başlayarak, doz sonrası 25. saate kadar toplam 14 farklı zaman diliminde alınmıştır. İdrar örnekleri 48 saat boyunca belirli aralıklarla toplanmıştır. En az 168 kan ve 72 idrar örneği sorunsuz bir şekilde analiz edilmiştir. Verilen ilacın yaklaşık %25'i 48 saat içinde idrar yoluyla vücuttan atılmıştır. İlacın kalan kısmının muhtemelen karaciğerde metabolize edildiğini veya dışkı yoluyla atıldığını düşündürmüştür. Bu çalışma kukoamin B'nin damar yoluyla uygulandığında vücut tarafından kabul edilebilir profile sahip bir bileşik olduğunu göstermiştir (86).

Quan Zhao ve ark. ratlar üzerinde (150–180 g aralığında) yapmış olduğu bir başka çalışmada ratlar ilk 5 hafta HFDFr (yüksek yağlı ve yüksek fruktozlu diyet) ile beslenmiştir. 5.haftadan sonra 5 hafta boyunca kg başına gavaj yoluyla (ağız yoluyla gıda alamayan hastaların beslenmesini sağlamak amacıyla karın duvarından geçirilen esnek bir tüpün mideye yerleştirilmesi işlemi) 25 ve 50 mg/kg kukoamin verilmiştir. Çalışma sonunda kukoamin B'nin HFDFr (yüksek yağlı ve yüksek fruktozlu diyet) kaynaklı insülin direncine ve metabolik disfonksiyona karşı koruma sağladığı görülmüştür (96).

Mevcut çalışmalarda kukoaminlerin hipotansif (kan basıncını düşürücü), kronik inflamasyonu baskılayarak anti-inflamatuar, tümör büyümesini yavaşlatarak antikanser ve antiproliferatif, oksidatif stresi azaltarak nöroprotektif ve glukoz metabolizmasını düzenleyerek insülin direncini azaltmaya yardımcı etkiler gösterebildiği bildirilmektedir (18, 74, 75).

Güncel patent verileri (US 10,039,729 B2), kukoamin B'nin bakteriyel endotoksinleri (LPS) ve CpG DNA'yı doğrudan bağlayarak nötralize etme yeteneği sayesinde sepsis tedavisinde kritik bir ajan olduğunu doğrulamıştır (97). Bu bileşiklerin farmasötik kullanımını optimize etmek amacıyla geliştirilen yüksek saflıktaki tuz formları (US 9,365,504 B2), molekülün biyoyararlanımını ve stabilitesini artırarak klinik uygulama kapasitesini genişletmiştir (98). Endüstriyel ölçekli üretim süreçlerinde ise, poliamid bazlı katı faz ekstraksiyon yöntemleri (US 2015/0065752 A1) kukoaminlerin yüksek verim ve saflıkta izole edilmesine imkan tanıyarak standardizasyon sorunlarını ortadan kaldırmıştır (99). Söz konusu teknolojik ve tıbbi inovasyonlar, kukoaminlerin sadece geleneksel bir bitki

bileşeni değil, aynı zamanda çok hedefli anti-inflamatuar ve anti-enfektif stratejilerde öncü bir molekül grubu olduğunu ortaya koymuştur.

Literatürde zengin biyoaktif özelliklere sahip olan kukoamin A ve kukoamin B'nin patates gibi kolay erişebilir bir bitkisel besin içerisinde olması umut vericidir. Bu çalışmanın temel amacı, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak tüketilen stratejik bir besin olan patatesin, sadece bir karbohidrat kaynağı değil, aynı zamanda sağlığı koruyucu biyoaktif bileşikler içeren fonksiyonel bir gıda olduğunu ortaya koymaktır. Çalışmada, Türkiye menşeli yerli patates türleri olan Niğşah, Nahita, Çağlı ve Leventbey türlerinin literatürde "gizli hazine" olarak nitelendirilen kukoamin A ve kukoamin B içerikleri ile toplam antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Özellikle ülkemizdeki yerli varyetelerde kukoamin analizlerinin daha önce yapılmamış olması, bu çalışmayı özgün kılan ve literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlayan temel unsurdur. Araştırma kapsamında, patatesin iç dokusu ile kabuk kısmı arasındaki besinsel ve biyoaktif farklılıklar incelenerek, değerli ikincil metabolitlerin hangi dokuda (iç ve kabuk) yoğunlaştığının saptanması amaçlanmıştır. Ayrıca, fizikokimyasal özellikler ve antioksidan potansiyelin belirlenmesiyle, bu yerli türlerin farmasötik ve nutrasötik alanlardaki kullanım potansiyeline dair bilimsel bir temel oluşturulması hedeflenmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, yerli tohum kullanımının önemine vurgu yaparak, patatesin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin daha iyi anlaşılmasını ve bu alandaki verilerin uluslararası literatüre kazandırılmasını amaçlamaktadır.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Kullanılan Türler Hakkında Bilgiler

Bu tez çalışmasında, yerli patates türlerimizden olan Niğşah, Nahita, Çağlı ve Leventbey patatesleri kullanılmıştır. Patatesler T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2024 yılının Nisan ayında, her türden ikişer kilogram olacak şekilde tedarik edilmiştir (Resim 2).



Resim 2. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından tedarik edilen patatesler

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan patates türleri hakkında bazı bilgiler Tablo 3’de yer verilmiştir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan patates türleri hakkında bilgiler (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nden, 100)

	Kabuk rengi	İç doku	Yumru şekli	Nişasta oranı	Kullanım şekli
Nahita	Sarı	Açık sarı	Uzun oval	%10.2 – 11.7	Yemeklik
Niğşah	Sarı	Koyu sarı	Uzun oval	%13.0 – 15.0	Yemeklik
Çağlı	Sarı	Krem	Oval	%13.3 – 13.8	Yemeklik
Leventbey	Sarı	Açık sarı	Oval	%13.1 – 13.6	Yemeklik

3.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar

Tez çalışmasında kullanılan cihazların marka ve modelleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Kullanılan alet ve cihazlar

Desikatör	Labor Teknik Desikatör Vakumsuz 300 mm
Membran Filtre	0.22 µm, Ø 30 mm, Carl Roth, Almanya
Sebze soyacağı	IKEA dilimleme aparatı, İsveç
Hassas terazi	Schimadzu Aux-220, Japonya
ETÜV	Etüv BINDER ED-115, Almanya
UV-Vis Spektrofotometre	Thermo Scientific Evolution TM 201, ABD
Vorteks	Weightlab Instruments WN-2800, Çin
Manyetik karıştırıcı	Heidolph, MR 3001, Almanya
Spektrofotometre (renk analizi)	Linshang LS173, Çin
Liyofilizatör	Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen; Alpha 2-4 LSC basic, Almanya
Smoothie blender	Fakir Chop'N Blend Smoothie Blender Aqua, Almanya
Termomixer	Eppendorf Thermomixer, ABD
UHPLC-MS/MS (MRM)	Thermo Dionex Ultimate 3000 SRD-3400, C ₁₈ kolon, ABD 4000QTRAP AB Sciex, Almanya
Speed-Vac	Thermo Fischer SPD120, ABD
Santrifüj	Hettich micro 200R, ABD
-80°C buzdolabı	Thermo Fisher Scientific -80°C Freezer, ABD

3.3. Kullanılan Kimyasallar ve Çözücüler

Tez çalışmasında kullanılan kimyasallar ve çözücülerin bilgileri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Kullanılan kimyasallar ve çözücüler

Kimyasal/Çözücü Adı	Markası
Ultra Saf Su	Merck Milli-Q Reference A + system, Almanya
Formik Asit	VWR International, Almanya
Etanol	Merck, Etil Alkol, Saflık: ≥ 99.9 %, Almanya
Hidroklorik Asit (HCl)	Merck, 1L -1 mol/l - 1 N, Almanya
Demir III Klorür (FeCl ₃)	Kimyalab, Saflık: >96.00%, Türkiye
Sodyum Asetat Trihidrat (CH ₃ COONa.3H ₂ O)	Kimyalab, Saflık:99.00 – 101.00%, Kanada
Glasiyel Asetik Asit (CH ₃ COOH)	Saflık: Min. 99.80 %, Yoğunluk: 1.05 g/ml, Türkiye
TPTZ (2,4,6-tris-(2’ - piridil)-s-triazin) (C ₁₆ H ₁₂ N ₆)	Sigma-Aldrich, $\geq 99.0\%$ 1 gr, ABD
Demir II Sülfat (FeSO ₄)	Kimyalab, Saflık: 99.50-104.50 %, Almanya
DPPH· (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil radikali; C ₁₈ H ₁₂ N ₅ O ₆)	Sigma-Aldrich, ABD
Metanol	Carl Roth; ROTISOLV ® $\geq 99,95$ %, HPLC Ultra Gradient Grade, Almanya
Kukoamin A (%94)	PhytoLab, Almanya
Kukoamin B (%96)	PhytoLab, Almanya
IS-KuA-KuB mix (500 nM)	KuA-d8 DiHCl and KuB-d5 DiHCl (uluslararası standart), Almanya

3.4. Patateste Antioksidan Tayinleri

Bu tez çalışmasında, patates türlerinin antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde FRAP (Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü) ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikali süpürme aktivitesi yöntemleri kullanılmıştır.

3.5. Örneklerin Ekstraksiyonu

Örneklerin antioksidan aktivite analizleri için ekstraksiyon işlemi taze patatesler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, patateslerin hem iç hem de kabuk dokularına ekstraksiyon uygulanmıştır. Literatürde, fenolik bileşiklerin eldesi için etanolün en uygun çözücülerden biri olduğu bildirilmektedir (65). Her bir türden 4 gram taze örnek, 20 mL %80 etanolde blender yardımı (Fakir Chop'N Blend Smoothie Blender Aqua) ile homojenize edilmiştir (63). Örnekler filtre kağıdı ile süzülüp antioksidan tayinleri yapılmıştır.

3.6. Toplam Kuru Madde Tayini

Patatesler, sebze soyacağı kullanılarak yaklaşık 1 mm kalınlığında soyulmuştur (Resim 3). İç ve kabuk dokularından onar gram alınan örnekler 3 paralel halinde kurutma kaplarına konulup etüvde (BINDER ED-115) 105°C de 8 saat sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kurutma sonrası desikatörde soğutulup ardından ağırlık ölçümleri hassas terazide yapılmıştır.



Resim 3. Patates iç ve kabuk dokusu

3.7. Renk Analizi

Örneklerin iç ve kabuk dokularının renk ölçümleri taşınabilir kolorimetre (Linshang LS173) ile yapılmıştır. Sonuçlar L^* , a^* , b^* , hue açısı (h°), kroma ve ΔE değerleri olarak ifade edilmiştir (6).

3.8. FRAP (Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü) Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini

FRAP yöntemi, antioksidanların etkisiyle Fe(III)-TPTZ kompleksinin indirgenerek mavi renkli Fe(II)-TPTZ formuna dönüşmesi prensibini temel alır. Meydana gelen bu renk değişimi, 593 nm dalga boyunda maksimum absorbans değerinin ölçülmesiyle nicelendirilir. (80). Analizde standart olarak 1000 μM $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kullanılmış olup 500.0, 250.0, 125.0, 62.5, 31.3, 15.6 $\mu\text{g/mL}$ olmak üzere 6 farklı standart konsantrasyonunda çalışılarak standart eğri hazırlanmıştır (21). FRAP reaktifi 30 mM TPTZ (2,4,6-tri(2-pyridyl)-1,3,5-triazine), 300 mM pH 3.6 asetat tamponu, 20 mmol FeCl_3 ve 1000 μM $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kullanılarak hazırlanmıştır.

Örneklerin kabuk ve iç doku kısmından her biri üç paralel olacak şekilde 50 μL örnek ve 1.5 mL FRAP reaktifi tüplere eklenip vorteks edilmiştir. Aynı şekilde, kör ve standart için 50 μL çözücü (%80 etanol) ve 1.5 mL FRAP reaktifi içeren tüpler de hazırlanmıştır. Örnekler 37 °C'de karanlık ortamda 4 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda tüm örneklerin absorbansı 593 nm'de UV-Vis spektrofotometre ile ölçülmüştür. Bulunan absorbanslara karşılık gelen konsantrasyonlar grafiğe geçirilerek hesaplanmıştır (9). Sonuçlar mg/100 g Fe^{+2} cinsinden verilmiştir.

3.9. DPPH $\cdot$ (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil) Radikali Süpürme Aktivitesi Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini

DPPH $\cdot$ (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil) Radikali Süpürme Aktivitesi metodu ile antioksidan aktivite tayininde 100 μM metanolik DPPH $\cdot$ çözeltisi hazırlanmıştır. Örneklerin kabuk ve iç doku kısmından her biri üç paralel olacak şekilde ve 5 kat seyreltme yapılarak çalışılmıştır. 750 μL örnek ve 750 μL DPPH $\cdot$ çözeltisi tüplere eklenerek vortekslenmiştir. Kör çözelti olarak 750 μL çözücü (%80 etanol) ve 750 μL DPPH $\cdot$ çözeltisi içeren tüpler hazırlanmıştır. Örnekler 37 °C'de karanlık ortamda 40 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda tüm örneklerin absorbansı 517 nm'de spektrofotometre ile ölçülmüştür. Bulunan absorbanslara karşılık gelen konsantrasyonlar grafiğe geçirilerek hesaplanmıştır. Konsantrasyon absorbans grafiği çizilerek bütün örneklerin SC_{50} değeri (DPPH $\cdot$ radikalinin

miktarını/absorbansını yarıya indirmek için gerekli numune konsantrasyonu) hesaplanmıştır (58).

3.10. Kukoamin A ve Kukoamin B Miktarı Tayini

3.10.1. Numune Ön Hazırlığı

Çalışma kapsamında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından tedarik edilen Niğşah, Nahita, Çağlı ve Leventbey tür patateslerin kukoamin A ve kukoamin B miktarı tayinleri Friedrich-Alexander Universität Nürnberg Almanya Gıda Kimyası bölümünde yapılmıştır.

Uygun saklama koşullarında olan patatesler (2-4°C, karanlık ve serin bir ortam) üzerindeki topraktan arındırılmıştır ve temizlenmek için distile su ile yıkanmıştır. Kabukları sebze soyucu ile 1 mm incelikte kesilmiştir (oksidasyon durumuna karşı hızlı hareket edilmiştir). Her bir türün kabuk ve iç dokuları ayrı bir şekilde barkodlanıp falkonlara yerleştirilmiştir. Falkonlara yerleştirilen patatesler 2-3 gün -80 °C’de bekletilmiştir. Ardından örnekler liyofilize edilmiş ve analitik değirmende toz haline getirilmiştir.

Ekstraksiyon işlemi tüm örnekler için üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. 15 mL’lik falkon içerisine 0.2 gram örnek alınıp 5 mL ekstraksiyon çözücüsü eklenmiş (%1 formik asit içeren %80 metanol) ve vortekslenmiştir. Her örnek için (kabuklar dahil) 3 paralel çalışılmıştır (her örnekten toplam 6 falkon). Sonrasında çalkalamalı inkübatörde 20°C, 1000 rpm’de 30 dakika boyunca beş dakikada bir vortekslenerek çalkalanmıştır. Çalkalama işlemi sonrasında 25°C, 5000 rpm’de 12 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında üst faz (süpernatant) 20 mL’lik balon jojelere aktarılmıştır. Pelet üzerinde ekstraksiyon işlemi iki kez tekrarlanmıştır. Balon jojeler, işaret çizgisine kadar ekstraksiyon çözeltisi ile tamamlanmıştır. Elde edilen çözeltiler 0.22 µm membran filtreden süzülerek 2 mL’lik Eppendorf tüplerine aktarılmıştır.

Ölçüm yapılacak örnek çözeltileri için, 0.5 mL’lik Eppendorf tüplerine 50 µL ekstrakte edilmiş örnek alınmış ve üzerine 50 µL standart kukoamin A–kukoamin B karışımı (500 nM) eklenmiştir. Patates kabuk dokularından hazırlanan örnek çözeltilerine 15 kat seyreltme uygulanmıştır. Üst faz, SpeedVac cihazında 35 °C’de 1 saat süreyle kurutulmuştur. Kalan kalıntı üzerine 500 µL %1 formik asit (FA) eklenmiş ve tüpler 1 dakika boyunca vortekslenmiştir. Ardından, numuneler 25 °C’de 12 000 rpm’de 12 dakika santrifüj edilmiş ve üst faz analiz için viallere aktarılmıştır.

3.10.2. UHPLC-MS/MS ile Kukoamin A ve Kukoamin B Tayini

Yerli tür patateslerin kukoamin A ve kukoamin B analizleri için Saller ve ark. prosedürü takip edilmiştir (22). Analizler patateslerin hem kabuk hem de iç dokularına uygulanmıştır.

Analitler, 32 °C'de, C₁₈ kolon (150 × 2.1 mm, 1.8 µm parçacık boyutu) ve uygun bir ön kolon içeren bir Ultimate 3000 RS UHPLC sistemi kullanılarak ayrıştırılmıştır. Akış hızı 0.325 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Mobil faz, her ikisi de %0.2 FA içeren su (çözücü A) ve metanolden (çözücü B) oluşmaktadır. Gradyent akış programı şu şekildedir: 8 dk (%5 B); 0 dk (%5 B); 5 dk (%18 B); 15 dk (%18 B); 20 dk (%90 B); 30 dk (%90 B). Enjeksiyon hacmi 5 µL, otosampler sıcaklığı ise 10°C'dir.

Kütle spektrometrik tayini, elektropüskürtmeli iyonizasyon (ESI, AB Sciex, Darmstadt, Almanya) kaynağına sahip bir 4000 QTRAP kütle spektrometresi ile gerçekleştirilmiştir. Çoklu Reaksiyon İzleme (MRM) için şu parametreler uygulanmıştır: Pozitif iyonizasyon modu, kaynak sıcaklığı 500 °C; perde gazı 50 psig; nebulizatör gazı 60 psig; ısıtıcı gaz 75 psig; çarpışma gazı yüksek seviye; iyon sprej voltajı 5000 V, giriş potansiyeli 10 V olarak ayatlanmış ve kurutma gazı olarak nitrojen kullanılmıştır. MRM geçişleri ve bileşiğe özgü parametreler (çarpışma enerjisi, hücre çıkış potansiyeli vb.), standartların doğrudan infüzyon yöntemiyle analiz edilmesiyle optimize edilmiştir.

Validasyon için yöntemin doğrusallığı (lineerlik), hassasiyeti, doğruluğu ve kesinliği belirlenmiştir. Kukoamin A ve kukoamin B için %1'lik sulu FA içerisinde, ölçüm çözeltisinde 1mM kukoamin A-kukoamin B stok çözeltisinden (IS KuA-KuB mix) altı noktalı bir kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisi, analit ile iç standardın (IS) pik alan oranlarının, ilgili bileşiğin konsantrasyonuna karşı grafiğe geçirilmesiyle oluşturulmuştur.

Sonuçların değerlendirilmesi için LOD (Tespit Limiti) ve LOQ (Tayin Limiti) belirlenmiştir. LOD aralığı 0.4–5.3 ng/mL olarak belirlenmiş ve on farklı konsantrasyon seviyesi, kalibrasyon prosedürüne benzer şekilde analiz edilmiştir. LOQ değeri ise LOD'un 3 katı olarak belirlenmiştir.

3.11. İstatistiksel Analizler

Deney tasarımı 4 farklı yerli patates varietesi (Nahita, Niğşah, Çağlı ve Leventbey) ve bu türlerin 2 farklı kısmı (iç ve kabuk) bağımsız değişkenler olarak tanımlanmıştır. Her bir varyete için 6, her bir doku kısmı için 12 olmak üzere (3 paralel

şeklinde çalışılmıştır) toplam 24 gözlem üzerinden dengeli bir veri seti ile analizler SPSS versiyon 22.0 (Statistical Package for the Social Sciences) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler %5 anlamlılık düzeyinde analiz edilmiş; üç veya daha fazla grup için varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve anlamlı farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. İkili karşılaştırmalarda ise t-testi kullanılmıştır (Tablo 6). Kukoamin içerikleri ve antioksidan aktivite arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile belirlenmiştir.

Bağımsız Değişken 1 (Patates Türü): Analizde 4 farklı patates varyetesi (Nahita, Niğşah, Çağlı ve Leventbey) kullanılmıştır. Her bir varyete ve analiz türü için toplam 6 adet gözlem analize dahil edilmiştir.

Bağımsız Değişken 2 (Doku): Patates yumruları iki farklı doku (iç ve kabuk) ayrılarak incelenmiştir. Her bir doku ve analiz türü için toplam 12 adet veri girişi yapılmıştır.

Tablo 6. Deney analizleri veri seti

Gruplar Arası Faktörler			
		Tür Adı	Değer
Patates Türü	1.00	Nahita	6
	2.00	Niğşah	6
	3.00	Çağlı	6
	4.00	Leventbey	6
Doku	1.00	İç	12
	2.00	Kabuk	12

4. BULGULAR

4.1. Toplam Kuru Madde İçeriği

Toplam kuru madde analizi her bir türün iç ve kabuk dokularına uygulanmıştır. Yapılan iki yönlü varyans analizi öncesinde varyansların homojenliği test edilmiştir (Levene's $p=0.757$). Verilerin parametrik test varsayımlarını karşıladığı görülmüştür. Yapılan iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, patates yumrularının % toplam kuru madde (TKM) içerikleri üzerinde hem patates türü hem de doku kısmı istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir etkiye sahiptir ($p < 0.001$). Toplam kuru madde analizinin sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Patateslerin toplam kuru madde içerikleri

Patates Varyetesi	% Toplam Kuru Madde	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	20.12 ± 0.43^{bB}	23.79 ± 0.54^{aA}
Niğşah	23.97 ± 0.88^{aA}	23.31 ± 0.41^{aA}
Çağlı	17.57 ± 0.67^{cA}	17.41 ± 0.55^{cA}
Leventbey	17.95 ± 0.43^{cB}	22.65 ± 0.59^{bA}
Ortalama	19.90 ± 0.60^B	21.79 ± 0.52^A

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki, aynı satırda farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$).

Tanımlayıcı istatistiklere göre, toplam kuru madde içeriği bakımından Nahita ve Leventbey varyetelerinde kabuk dokusu üstünken ($p < 0.001$); Niğşah ve Çağlı varyetelerinde iç ve kabuk doku arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Nahita ve Leventbey varyetelerinde tür ve doku arasındaki interaksiyon (etkileşim) etkisinin de anlamlı bulunması, dokular arası kuru madde dağılım paterninin seçilen patates varyetesiye göre değiştiğini kanıtlamaktadır.

Varyetelerde iç dokuda en düşük %TKM değerlerini Çağlı ve Leventbey varyeteleri almıştır ve varyeteler arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). En yüksek %TKM oranını iç dokuda Niğşah ($\%23.97 \pm 0.88$) varyetesi almıştır. Kabuk dokusunda en düşük %TKM değerini Çağlı ($\%17.41 \pm 0.55$), en yüksek %TKM değerini ise Nahita ($\%23.79 \pm 0.54$) ve Niğşah ($\%23.31 \pm 0.41$) varyeteleri almıştır. Varyetelerin kendi içerisinde iç ve

kabuk karşılaştırıldığında ise ~~Duncan testi sonuçları~~ Niğşah ($\%23.97 \pm 0.88$ ve $\%23.31 \pm 0.41$) ve Çağlı ($\%17.57 \pm 0.67$ ve $\%17.41 \pm 0.55$) varyetesinde anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Buna karşın Nahita ve Leventbey varyetelerinde iç ve kabuk dokuları arasında %TKM bakımından anlamlı fark belirlenmiştir ($p < 0.001$).

Niğşah ve Nahita varyeteleri, iç ve kabuk dokularında %20'nin üzerindeki kuru madde içerikleriyle kızartmalık ürünler (cips veya parmak patates) için uygun bir potansiyele sahiptir. Buna karşın, Çağlı varyetesi, hem iç hem de kabuk dokusundaki daha düşük %TKM değerleri ($\%17.57 \pm 0.67$ ve $\%17.41 \pm 0.55$) nedeniyle daha çok yemeklik veya haşlamalık tüketime uygun bir özellik göstermektedir (38).

Analiz edilen modelin açıklayıcılık katsayısı R^2 değeri 0.970 olarak saptanmıştır. Bu sonuç, patateslerin kuru madde miktarındaki değişimin %97 gibi çok yüksek bir oranının, seçtiğin bağımsız değişkenler (patates türü ve doku) tarafından açıklandığını gösterir. Modelin akademik geçerliliği oldukça yüksektir.

Veriler genel olarak değerlendirildiğinde sonuçlar, varyetelerin genetik yapılarının kuru madde depolama kapasitesi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Dokular arası %TKM farkları, kukoamin gibi suda çözünen biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyon verimliliğini de doğrudan etkileyebilecek bir parametredir.

4.2. Patateslerin Renk Değerleri

4.2.1. Patateslerin L, a, b*, ΔE , h° ve C^* Değerleri

Analiz sonuçlarından elde edilen L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik), b^* (sarılık-mavilik) ve ΔE değerleri sırasıyla Tablo 8, 9, 10 ve 11'de verilmiştir.

Tablo 8. Patates örneklerinin L* değerleri

Patates Varyetesi	L*	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	67.48 ± 0.44 ^{cA}	56.71 ± 0.41 ^{aB}
Niğşah	70.81 ± 0.59 ^{aA}	53.56 ± 0.52 ^{cB}
Çağlı	69.54 ± 0.55 ^{bA}	48.68 ± 0.52 ^{dB}
Leventbey	66.65 ± 0.89 ^{dA}	54.76 ± 0.07 ^{bB}
Ortalama	68.62 ± 0.61 ^A	53.42 ± 0.38 ^B

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Sonuçlara göre tüm varyetelerde iç dokudaki L* değeri kabuk dokuya göre yüksek çıkmıştır (p<0.05). İç dokuda en yüksek L* değerini Niğşah varyetesi (70.81 ± 0.59), en düşük L* değerini ise Leventbey varyetesi almıştır (66.65 ± 0.89). En yüksek L* değeri ile en parlak iç doku Niğşah varyetesinde belirlenmiştir. İç ve kabuk doku L* değeri açısından karşılaştırıldığında iç doku (68.62 ± 0.61), kabuk dokuya (53.42 ± 0.38) kıyasla daha yüksek sonuç vermiştir.

Tablo 8. Patates örneklerinin a* değerleri

Patates Varyetesi	a*	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	2.55 ± 0.11 ^{aB}	8.13 ± 0.27 ^{cA}
Niğşah	1.74 ± 0.06 ^{cB}	6.26 ± 1.29 ^{dA}
Çağlı	1.68 ± 0.10 ^{dB}	10.19 ± 0.70 ^{aA}
Leventbey	1.90 ± 0.21 ^{bB}	9.09 ± 0.69 ^{bA}
Ortalama	1.96 ± 0.12 ^B	8.41 ± 0.73 ^A

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Ölçülen a* değerlerinde tüm varyetelerde kabuk dokusunun iç dokuya kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Kabuk dokuda en yüksek a* değeri Çağlı varyetesinde (10.19 ± 0.70), en düşük değer ise Niğşah varyetesinde ölçülmüştür (6.26 ±

1.29). Çağlı varyetesi kabuk dokusunda en yüksek kırmızılık değerine sahip varyete olarak belirlenmiştir. İç ve kabuk doku a^* değeri açısından karşılaştırıldığında kabuk doku (8.41 ± 0.73), iç dokuya (1.96 ± 0.12) kıyasla daha yüksek sonuç vermiştir.

Tablo 10. Patates örneklerinin b^* değerleri

Patates Varyetesi	b^*	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	26.64 ± 0.12^{cA}	22.17 ± 0.86^{dB}
Niğşah	29.76 ± 0.48^{aA}	22.74 ± 0.63^{cB}
Çağlı	12.98 ± 0.45^{dB}	24.91 ± 1.17^{bA}
Leventbey	28.97 ± 1.06^{bA}	25.72 ± 1.29^{aB}
Ortalama	24.58 ± 0.52^A	23.88 ± 0.98^A

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Ölçülen b^* değerlerinde varyetelere ve doku tipine bağlı olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). İç dokuda en yüksek b^* değeri Niğşah varyetesinde (29.76 ± 0.48), en düşük değer ise Çağlı varyetesinde (12.98 ± 0.45) ölçülmüştür. Kabuk dokuda ise en yüksek b^* değeri Leventbey varyetesinde (25.72 ± 1.29), en düşük değer Nahita varyetesinde (22.17 ± 0.86) belirlenmiştir. Nahita, Niğşah ve Leventbey varyetelerinde iç dokunun b^* değerleri kabuk dokuya kıyasla daha yüksek bulunurken ($p < 0.05$), Çağlı varyetesinde kabuk dokunun daha yüksek b^* değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın varyetelere özgü renk pigmentlerinin dağılımı, özellikle karotenoid ve fenolik bileşiklerin dokuya bağlı değişiminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ortalama değerlere göre iç doku (24.58 ± 0.52) ve kabuk doku (23.88 ± 0.98) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).

Tablo 11. Patates örneklerinin ΔE değerleri

Patates Varyetesi	ΔE	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	1.11 ± 0.51^{aB}	2.23 ± 0.85^{aA}
Niğşah	0.60 ± 0.23^{bB}	2.32 ± 0.60^{aA}
Çağlı	0.58 ± 0.10^{bB}	2.21 ± 0.65^{aA}
Leventbey	1.67 ± 0.51^{aA}	1.94 ± 0.76^{aA}

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Çalışılan patates çeşitlerinin kabuk dokudaki renk değişimlerinin (ΔE) iç dokudaki değişimlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, varyetelerin dış yüzeylerinin çevresel etmenlere veya doğal pigmentasyona bağlı olarak daha heterojen bir renk yapısı sergilediğini ortaya koymuştur. Çağlı (0.58 ± 0.10) ve Niğşah ($0.60 \pm 0.23 \Delta E$) varyeteleri, iç dokuda en düşük ΔE değerlerini vererek daha yüksek renk stabilitesini ve homojenliğini sunan türler olarak öne çıkmıştır. Leventbey varyetesi, iç dokuda en yüksek renk farkına ($1.67 \pm 0.51 \Delta E$) sahip olmasıyla diğerlerinden ayrılmıştır. Kabuk dokusunda ise en belirgin renk değişimi Niğşah ($2.32 \pm 0.60 \Delta E$) varyetesinde saptanmıştır. Nahita, Niğşah ve Çağlı varyetelerinde iç ve kabuk dokuları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenirken, Leventbey varyetesinde iç ve kabuk dokuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Genel olarak iç dokular, kabuk dokularına kıyasla daha düşük ΔE değerleri ile daha stabil bir renk profili göstermiştir.

Patates örneklerinin hue açısı değerleri Tablo 12’de verilmiştir. Hue açısı sonuçları için yapılan Levene testinde anlamlılık $p=0.008$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.05 sınır değerinden küçük olduğu için, grup varyanslarının homojen olmadığı (eşit olmadığı) saptanmıştır. Bu durum, varyeteler arasında hue açısı değerlerinin değişkenlik gösterdiğine işaret etmektedir. Ayrıca, patates yumrularının hue açısı değerleri üzerinde hem patates varyetesinin hem de doku bölgesinin istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$).

Tablo 12. Patates örneklerinin hue açısı değerleri

Patates Varyetesi	h°	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	95.48 ± 0.27 ^{bA}	93.34 ± 0.18 ^{aB}
Niğşah	97.40 ± 0.48 ^{aA}	93.76 ± 0.54 ^{aB}
Çağlı	69.85 ± 0.35 ^{cB}	74.59 ± 0.36 ^{bA}
Leventbey	67.70 ± 0.34 ^{dB}	70.50 ± 0.91 ^{cA}
Ortalama	82.60 ± 0.36 ^A	83.04 ± 0.49 ^A

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Patates örneklerinin hue açısı sonuçları incelendiğinde, iç dokuda her varyetede birbirinden farklı değerler gösterdiği belirlenmiştir. Tür ve doku arasındaki interaksiyonun istatistiksel olarak anlamlı bulunması, dokular arası hue açısı değerinin seçilen patates varyetesiye göre değiştiğini ortaya koymaktadır ($p < 0.001$).

Patates varyeteleri arasında iç dokuda en yüksek hue açısı değerleri Niğşah (97.40 ± 0.48 h°) ve Nahita (95.48 ± 0.27 h°) varyetelerinde belirlenmiştir. Bu sonuçlar, söz konusu varyetelerin iç dokularında sarı tona daha yakın bir renk yapısının baskın olduğunu ortaya koymaktadır. İç dokuda en düşük hue açısı değerini Leventbey varyetesi (67.70 ± 0.34 h°) vermiştir. Bu durum, Leventbey varyetesinin iç dokusunda sarıdan turuncu tonlara doğru bir renk kaymasının bulunduğunu göstermektedir.

Patates varyeteleri arasında kabuk dokusunda en yüksek hue açısı değeri Niğşah varyetesinde (93.76 ± 0.54 h°) ölçülürken, bu değer Nahita varyetesi ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). En düşük hue değeri ise Leventbey varyetesinde (70.50 ± 0.91 h°) tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Leventbey varyetesinin kabuk dokusunda sarı tonlardan turuncu tonlara doğru bir renk kayması gösterdiğini düşündürmektedir.

Patates örneklerinin iç ve kabuk dokuları arasındaki en belirgin hue açısı farkı Çağlı varyetesinde bulunmuş olup, iç doku (69.85 ± 0.35 h°) ile kabuk doku (74.59 ± 0.36 h°) arasında yaklaşık 4.74 birimlik fark belirlenmiştir. Bu durum, Çağlı varyetesinin iç ve dış dokuları arasında belirgin bir renk tonu farklılığı sergilediğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasında hem patates varyetesinin hem de doku bölgesinin hue açısı değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$).

Ayrıca, varyete ile doku interaksiyonunun da anlamlı bulunması, dokuya bağlı renk değişiminin varyeteye göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Oluşturulan modelin yüksek açıklayıcılık düzeyine sahip olduğu belirlenmiş olup model hue açısı değerlerindeki toplam varyasyonun %98.3'ünü açıklamıştır ($p < 0.001$).

Patates varyetelerinin kroma değeri sonuçları için yapılan Levene testinde anlamlılık değeri $p=0.062$ olarak hesaplanmıştır ve verilerin parametrik test varsayımlarını karşıladığı görülmüştür. patates yumrularının kroma değeri üzerinde hem patates varyetesinin hem de doku bölgesinin istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0.001$). Hesaplanan kroma değeri sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 93. Patates örneklerinin kroma değeri sonuçları

Patates Varyetesi	C*	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	26.77 ± 0.11^{aB}	29.81 ± 0.48^{aA}
Niğşah	13.08 ± 0.45^{cB}	29.03 ± 1.05^{aA}
Çağlı	23.64 ± 0.70^{bA}	23.62 ± 0.45^{cA}
Leventbey	26.93 ± 0.81^{aA}	27.29 ± 1.15^{bA}
Ortalama	22.60 ± 0.51^B	27.43 ± 0.78^A

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Kroma değeri sonuçlarına göre en yüksek iç doku kroma değerlerini Leventbey (26.93 ± 0.81 C*) ve Nahita (26.77 ± 0.11 C*) varyeteleri paylaşmıştır. Elde edilen sonuçlar Leventbey ve Nahita varyetelerinin iç dokularında daha canlı ve doymuş bir renk yapısının bulunduğunu göstermektedir. En düşük iç doku kroma değerine ise Niğşah varyetesinde ölçülmüştür (13.08 ± 0.45 C*). Bu ölçüm, Niğşah varyetesinin iç dokusunda diğer varyetelere kıyasla daha düşük renk doygunluğu ve daha sönük bir renk görünümünün hâkim olduğunu düşündürmektedir.

En yüksek kabuk doku kroma değerine Nahita varyetesi (29.81 ± 0.48 C*), en düşük kabuk doku kroma değerine ise Çağlı varyetesi sahiptir (23.62 ± 0.45 C*). Nahita ve Niğşah varyetelerinde kabuk dokusundaki kroma değeri üstünken; Çağlı ve Leventbey varyetelerinde ise iç ve kabuk değerlerinde kroma değeri arasında anlamlı fark

bulunamamıştır ($p > 0.05$). Niğşah varyetesinde kabuk dokusu (29.03 ± 1.05 C*), iç dokudan (13.08 ± 0.45 C*) yaklaşık iki kat daha fazla kroma değerine sahiptir. Bu durum, Niğşah varyetesinin kabuk dokusunda daha canlı ve doygun bir renk yapısının hakim olduğunu, iç dokuda ise renk doygunluğunun daha düşük olduğunu göstermektedir. Çağlı varyetesinin iç (23.64 ± 0.70 C*) ve kabuk (23.62 ± 0.45 C*) kroma değerleri birbirine neredeyse tamamen eşittir. Toplam ortalamada kabuk dokusu (27.44 ± 0.78 C*), iç dokuya (22.60 ± 0.51 C*) göre daha yüksek bir renk doygunluğu sergilemektedir.

Kroma değerleri söz konusu olduğunda varyete, doku kısmı ve bu iki faktörün etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.01$) olduğu belirlenmiştir. Özellikle doku faktörünün anlamlılığı, kroma değerinin yumru içinden dışına doğru belirgin bir değişim gösterdiğini; etkileşim etkisi ise bu değişimin varyeteye özgü karakteristik bir eğilim sergilediğini ortaya koymaktadır.

Özellikle Niğşah varyetesi, iç dokuda sergilediği 13.08 ± 0.45 'lik düşük kroma değeri ile diğer varyetelerden (Nahita: 26.77 ± 0.11 C*, Çağlı: 23.64 ± 0.70 C*, Leventbey: 26.93 ± 0.81 C*) keskin bir şekilde ayrılarak en düşük renk canlılığını sergilemiştir. Bu durum, Niğşah varyetesinin iç dokusundaki yüksek kuru madde içeriğinin optik yansıma özelliklerini etkileyerek daha düşük renk doygunluğu ve daha mat bir görünüm oluşturabileceğini düşündürmektedir (100).

4.3. Patates Örneklerinin Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP)

Patates varyetelerinin kabuk ve iç dokularına ait Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) verileri Tablo 14'te verilmiştir. Elde edilen veriler patates türü, doku ve bu iki faktörün etkileşiminin FRAP değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye ($p < .001$) sahip olduğunu göstermektedir. FRAP sonuçlarının hesaplanmasında kullanılan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ standart eğrisi EK 1'de verilmiştir.

Tablo 1410. Patates örneklerinin FRAP değerleri (mg/100 g Fe²⁺)

Patates Varyetesi	Fe ²⁺ (mg/100 g)	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	17.42 ± 0.31 ^{bB}	26.31 ± 0.28 ^{cA}
Niğşah	15.66 ± 0.17 ^{cB}	27.88 ± 0.13 ^{bA}
Çağlı	23.45 ± 0.20 ^{aB}	24.51 ± 0.32 ^{dA}
Leventbey	16.90 ± 0.56 ^{bB}	32.55 ± 0.29 ^{aA}
Ortalama	18.36 ± 0.31 ^B	27.81 ± 0.25 ^A

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Çalışılan tüm varyetelerde kabuk dokusunun antioksidan gücü, iç dokudan belirgin şekilde yüksek bulunmuştur. Toplam ortalamada kabuk dokusu 27.81 ± 0.25 mg/100g Fe²⁺ değerine sahipken, iç doku 18.36 ± 0.31 mg/100g Fe²⁺ olarak ölçülmüştür. En yüksek FRAP değerleri, Leventbey varyetesinin kabuk dokusunda (32.55 ± 0.29 mg/100g Fe²⁺) saptanmıştır. En düşük değer ise Niğşah varyetesinin iç dokusuna (15.66 ± 0.17 mg/100g Fe²⁺) aittir.

Çağlı varyetesi, iç (23.45 ± 0.20 mg/100g Fe²⁺) ve kabuk (24.51 ± 0.32 mg/100g Fe²⁺) doku arasında antioksidan kapasite bakımından en homojen dağılım sergileyen çeşit olarak dikkat çekmektedir. Diğer varyetelerde ise iç ve kabuk dokuları arasındaki antioksidan aktivite farkının daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, Çağlı varyetesi iç dokuda en yüksek FRAP değerine sahip varyete olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında, patates varyetelerinin FRAP sonuçlarına yönelik elde edilen veriler patatesin kabuk dokusunun iç dokuya kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, kabuk dokusunda yoğunlaşan fenolik bileşiklerle ilişkilendirilebilir (27). Ayrıca, bitkinin çevresel stres koşullarına ve toprak kaynaklı etmenlere karşı korunma mekanizmasının bir sonucu olarak antioksidan bileşiklerin kabuk dokusunda daha fazla yoğunlaştığı düşünülmektedir.

4.4. Patates Örneklerinin DPPH· (1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil) Radikali Süpürme Aktivitesi

Örneklerin iç ve kabuk dokularına ait DPPH· sonuçları, SC₅₀ değeri (bir antioksidanın ortamdaki serbest radikallerin %50'sini gidermek için gerekli konsantrasyonu) cinsinden

Tablo 15'te verilmiştir. DPPH· (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikaline dayalı antioksidan analizlerinde kullanılan SC₅₀ (veya IC₅₀) değeri, diğer antioksidan parametrelerinden farklı şekilde yorumlanmaktadır. SC₅₀ değerinin düşük olması, antioksidan kapasitenin yüksek olduğunu göstermektedir. Çünkü bu değer, ortamdaki serbest radikallerin %50'sini gidermek için gerekli minimum örnek konsantrasyonunu ifade etmektedir (58).

Tablo 15. Patates örneklerinin DPPH· radikali süpürme aktivitesi

Patates Varyetesi	SC ₅₀ (mg/mL)	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	20.65 ± 0.47 ^{bA}	17.04 ± 0.24 ^{bB}
Niğşah	17.32 ± 0.00 ^{cA}	14.74 ± 0.00 ^{cB}
Çağlı	28.98 ± 0.18 ^{aA}	22.85 ± 0.43 ^{aB}
Leventbey	20.20 ± 0.69 ^{bA}	16.56 ± 0.96 ^{bB}
Ortalama	21.78 ± 0.33 ^A	17.79 ± 0.40 ^B

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p < 0.05).

Patates örneklerinin FRAP sonuçlarına benzer şekilde çalışılan tüm varyetelerde kabuk dokusunun DPPH· radikali süpürme aktivitesi (17.79 ± 0.40 SC₅₀), iç dokunun ortalama antioksidan kapasitesinden (21.78 ± 0.33 SC₅₀) belirgin şekilde daha yüksektir. Varyetelerin iç dokularına bakıldığında en düşük SC₅₀ değerinin (en yüksek antioksidan aktivite) Niğşah varyetesine ait olduğu (17.32 ± 0.00 SC₅₀) görülmektedir. Aynı zamanda Niğşah varyetesi kabuk dokusunda da SC₅₀ değerinde (14.74 ± 0.00 SC₅₀) düşük sonuç (yüksek antioksidan aktivite) vermiştir. Çağlı iç (28.98 ± 0.18 SC₅₀) ve kabuk dokuda (22.85 ± 0.43 SC₅₀) en yüksek SC₅₀ değerine (en düşük antioksidan aktivite) sahiptir.

4.5. Patates Örneklerinin Kukoamin A İçerikleri

Patates varyetelerinin iç ve kabuk dokularının kukoamin A içerikleri Tablo 16'da verilmiştir. Patates türü, doku ve etkileşim parametrelerinin tamamı istatistiksel olarak anlamlı (p<0.001) bulunmuştur. İstatistiksel değerlendirmede oluşturulan model, kukoamin A miktarındaki toplam varyasyonun %99.8'ini açıklamaktadır. Levene testi sonucunda

anlamlılık değeri $p = 0.007$ olarak belirlenmiş olup, bu değerin 0.05'ten küçük olması grup varyanslarının homojen olmadığını göstermektedir. Bu durum, varyeteler ve doku grupları arasında kukoamin A değerlerinin değişkenlik gösterdiğine işaret etmektedir.

Tablo 16. Patates örneklerinin kukoamin A içerikleri

Patates Varyetesi	Kukoamin A ($\mu\text{g/g KM}$)	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	7.12 ± 0.12^{bB}	35.60 ± 0.62^{cA}
Niğşah	7.25 ± 0.48^{bB}	48.22 ± 0.85^{bA}
Çağlı	0.07 ± 0.01^{cB}	17.03 ± 0.61^{dA}
Leventbey	8.60 ± 0.39^{aB}	53.66 ± 0.69^{aA}
Ortalama	5.76 ± 0.25^B	38.62 ± 0.69^A

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

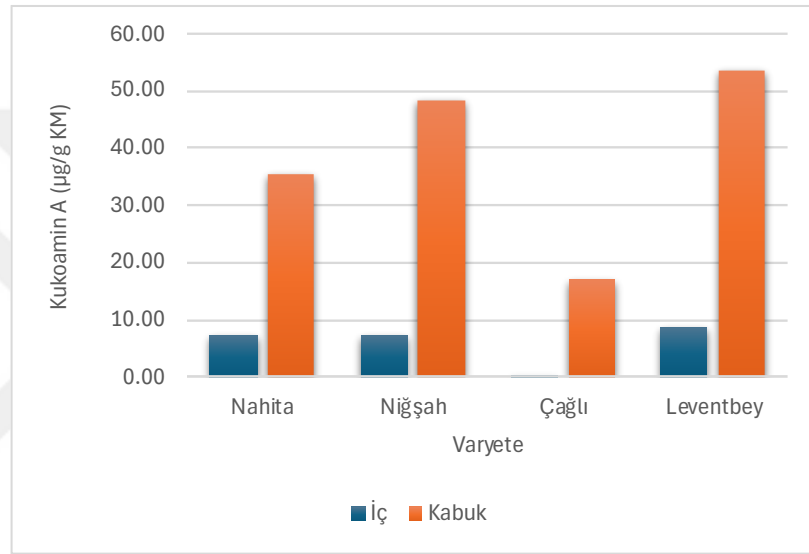
Patates varyetelerinin kabuk dokusundaki ortalama kukoamin A miktarı ($38.62 \pm 0.69 \mu\text{g/g KM}$), iç dokudan ($5.76 \pm 0.25 \mu\text{g/g KM}$) yaklaşık 6.7 kat daha fazladır. İç dokuda en yüksek kukoamin A değerine sahip varyete $8.60 \pm 0.39 \mu\text{g/g KM}$ ile Leventbey; en düşük kukoamin A değerine sahip varyete ise $0.07 \pm 0.01 \mu\text{g/g KM}$ ile Çağlı türüdür. Kabuk dokusunda en yüksek kukoamin A değerine sahip varyete $53.66 \pm 0.69 \mu\text{g/g KM}$ ile Leventbey; en düşük kukoamin A değerine sahip varyete ise $17.03 \pm 0.61 \mu\text{g/g KM}$ ile Çağlıdır.

Dört patates varyetesi iç dokuda içerdikleri kukoamin A bakımından 3 farklı gruba ayrılmıştır. Leventbey varyetesi iç dokuda $8.60 \pm 0.39 \mu\text{g/g KM}$ değeri ile kukoamin A içeriği en yüksek grubu oluşturmuştur. Niğşah ($7.25 \pm 0.48 \mu\text{g/g KM}$) ve Nahita ($7.12 \pm 0.12 \mu\text{g/g KM}$) varyeteleri istatistiksel olarak benzer değerler sergileyerek ikinci grubu oluşturmuştur. Çağlı varyetesinin iç dokusunda tespit edilen $0.07 \pm 0.01 \mu\text{g/g KM}$ değeri, varyeteler arasındaki en düşük seviyedir. Bu değer metotta belirtilen LOD (tespit limiti = 0.4 ng/mL) değerinin altındadır.

Dört patates varyetesi kabuk dokuda içerdikleri kukoamin A bakımından 4 farklı homojen gruba ayrılmıştır. Leventbey varyetesi iç dokuda $8.60 \pm 0.39 \mu\text{g/g KM}$ değeri ile

kukoamin A içeriği en yüksek grubu, Niğşah varyetesi kabuk dokuda $48.22 \pm 0.85 \mu\text{g/g KM}$ değeri ile ikinci grubu oluşturmuştur. Bunları sırasıyla kabuk dokuda $35.60 \pm 0.62 \mu\text{g/g KM}$ değeri ile Nahita varyetesi $17.03 \pm 0.61 \mu\text{g/g KM}$ değeri ile Çağlı varyetesi izlemektedir.

Türlerin iç dokularında analiz edilen kukoamin A miktarının azlığı, patatesin kukoamin içeriği ile ilgili yapılan literatür çalışmalarını destekler niteliktedir (10, 98). Kukoamin A içeriklerinin varyetelere ve doku bölgelerine göre dağılımı Şekil 3'te sütun grafiği olarak sunulmuştur.



Şekil 3. Patateslerin kukoamin A içerikleri

4.6. Patates Örneklerinin Kukoamin B İçerikleri

Kukoamin A'nın yapısal izomeri olan kukoamin B'ye ait içerik değerleri, patates varyeteleri ve doku bölgelerine göre Tablo 17'de sunulmuştur. İstatistiksel değerlendirmede oluşturulan model, kukoamin B miktarındaki toplam varyasyonun %99.5'ini açıklamaktadır. Levene testi sonucunda anlamlılık değeri $p=0.000$ olarak belirlenmiş olup, bu değerin 0.05'ten küçük olması grup varyanslarının homojen olmadığını göstermektedir. Bu durum, varyeteler ve doku grupları arasında kukoamin B değerlerinin değişkenlik gösterdiğine işaret etmektedir.

Tablo 17. Patates örneklerinin kukoamin B içerikleri

Patates Varyetesi	Kukoamin B ($\mu\text{g/g KM}$)	
	İç doku	Kabuk doku
Nahita	9.38 ± 0.50^{aB}	56.31 ± 0.30^{cA}
Niğşah	8.99 ± 0.56^{bB}	123.06 ± 0.43^{aA}
Çağlı	4.68 ± 0.06^{cB}	44.81 ± 0.20^{dA}
Leventbey	9.25 ± 0.48^{aB}	102.21 ± 0.66^{bA}
Ortalama	8.07 ± 0.40^B	81.59 ± 0.39^A

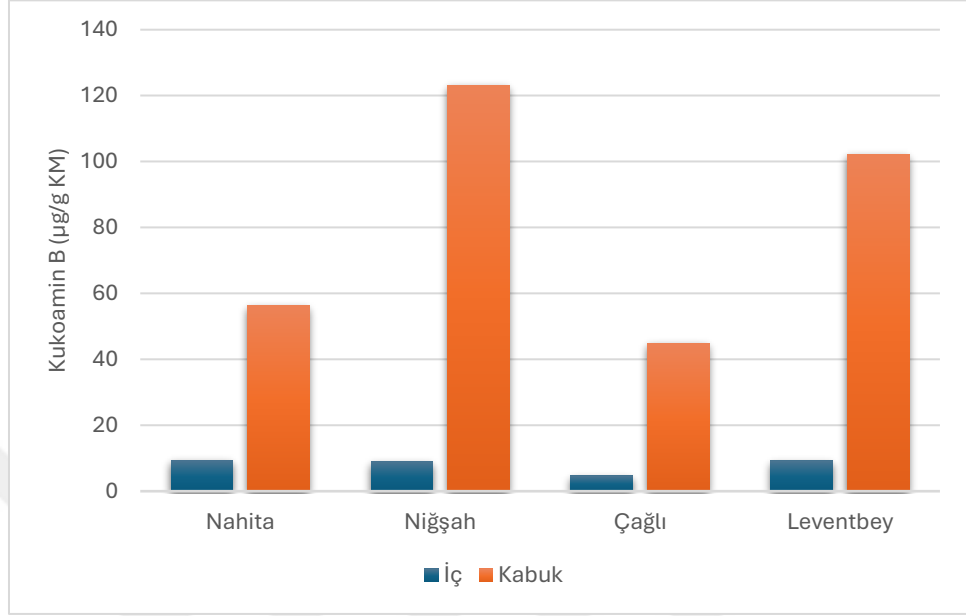
Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ise iç ve kabuk dokuları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Kukoamin A içeriğine benzer şekilde, varyetelerin kabuk dokularındaki kukoamin B değerleri ($81.59 \pm 0.39 \mu\text{g/g KM}$), iç doku değerlerine ($8.07 \pm 0.40 \mu\text{g/g KM}$) kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.01$). Kukoamin B bakımından iç dokuda en yüksek değerlere Nahita ($9.38 \pm 0.50 \mu\text{g/g KM}$) ve Leventbey ($9.25 \pm 0.48 \mu\text{g/g KM}$) varyeteleri; en düşük değere ise Çağlı ($4.68 \pm 0.06 \mu\text{g/g KM}$) varyetesi sahiptir. Kukoamin B bakımından kabuk dokuda en yüksek değer $123.06 \pm 0.43 \mu\text{g/g KM}$ ile Niğşah varyetesi iken; kabuk dokuda en düşük kukoamin B değeri $44.81 \pm 0.20 \mu\text{g/g KM}$ ile Çağlı varyetesine aittir.

Dört patates varyetesi iç dokuda içerdikleri kukoamin B değeri bakımından 3 farklı gruba ayrılmıştır. Nahita ($9.38 \pm 0.50 \mu\text{g/g KM}$) ve Leventbey varyeteleri ($9.25 \pm 0.48 \mu\text{g/g KM}$) iç dokuda birbirine yakın en yüksek kukoamin B değerlerini vermiştir. Niğşah varyetesi iç dokuda $8.99 \pm 0.56 \mu\text{g/g}$ kukoamin B değeri ile Nahita ve Leventbey varyetelerini takip eden güçlü bir tür olarak belirlenmiştir. Çağlı varyetesi ($4.68 \pm 0.06 \mu\text{g/g KM}$) ise iç dokuda en düşük kukoamin biriktiren varyete olarak belirlenmiştir.

Kabuk dokuda içerdikleri kukoamin B değeri bakımından 4 farklı grup oluşmuştur. Niğşah ($123.06 \pm 0.43 \mu\text{g/g KM}$) varyetesi kabuk dokuda en yüksek kukoamin B değerine sahip iken, Leventbey varyetesi kabuk dokuda $102.21 \pm 0.66 \mu\text{g/g KM}$ kukoamin B değeri ile ikinci grubu oluşturmuştur. Nahita varyetesi kabuk dokusunda $56.31 \pm 0.30 \mu\text{g/g KM}$ kukoamin B miktarı ile üçüncü grubu oluştururken, Çağlı varyetesi $44.81 \pm 0.20 \mu\text{g/g KM}$ değeri ile kabuk dokuda en düşük kukoamin B içeren varyete olarak belirlenmiştir.

Örneklerin Kukoamin B içeriklerinin varyetelere ve doku bölgelerine göre dağılımı Şekil 4'te sütun grafiği olarak verilmiştir.



Şekil 4. Patateslerin kukoamin B içerikleri

4.7. Patates Örneklerinin Kukoamin A ve Kukoamin B İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Farklı patates varyetelerinin kukoamin A ve kukoamin B içeriklerine ilişkin karşılaştırmalı analiz sonuçları Tablo 18'de sunulmuştur.

Tablo 1811. Patates varyetelerinin kukoamin A ve kukoamin B içerikleri

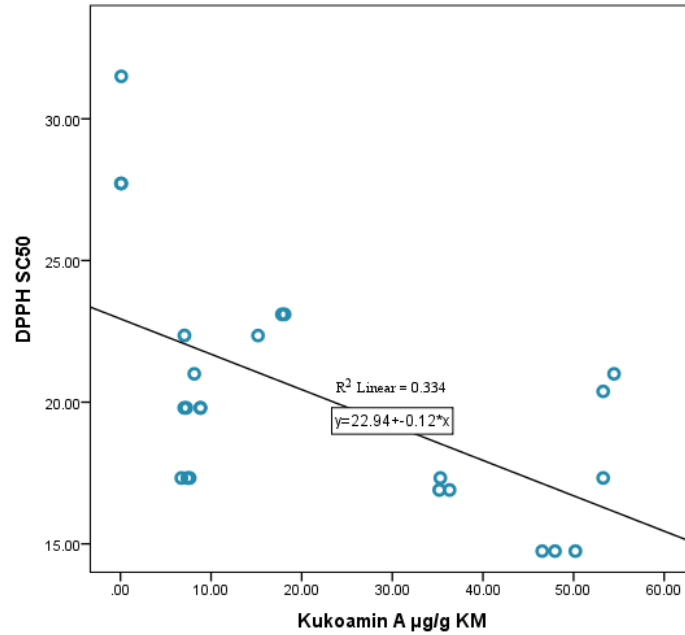
Doku				
	İç	Kabuk	İç	Kabuk
Patates Varyetesi	Kukoamin A ($\mu\text{g/g KM}$)		Kukoamin B ($\mu\text{g/g KM}$)	
Nahita	$7.12 \pm 0.12^{\text{bD}}$	$35.60 \pm 0.62^{\text{cB}}$	$9.38 \pm 0.50^{\text{aC}}$	$56.31 \pm 0.30^{\text{cA}}$
Niğşah	$7.25 \pm 0.48^{\text{bD}}$	$48.22 \pm 0.85^{\text{bB}}$	$8.99 \pm 0.56^{\text{bC}}$	$123.06 \pm 0.43^{\text{aA}}$
Çağlı	$0.07 \pm 0.01^{\text{cD}}$	$17.03 \pm 0.61^{\text{dB}}$	$4.68 \pm 0.06^{\text{cC}}$	$44.81 \pm 0.20^{\text{dA}}$
Leventbey	$8.60 \pm 0.39^{\text{aD}}$	$53.66 \pm 0.69^{\text{aB}}$	$9.25 \pm 0.48^{\text{aC}}$	$102.21 \pm 0.66^{\text{bA}}$
Ortalama	$5.76 \pm 0.25^{\text{D}}$	$38.62 \pm 0.69^{\text{B}}$	$8.07 \pm 0.4^{\text{C}}$	$81.59 \pm 0.39^{\text{A}}$

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler varyeteler arasındaki istatistiksel farklılıkları, aynı satırda yer alan farklı büyük harfler iç ve kabuk dokularında bulunan kukoamin A ve kukoamin B içerikleri arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

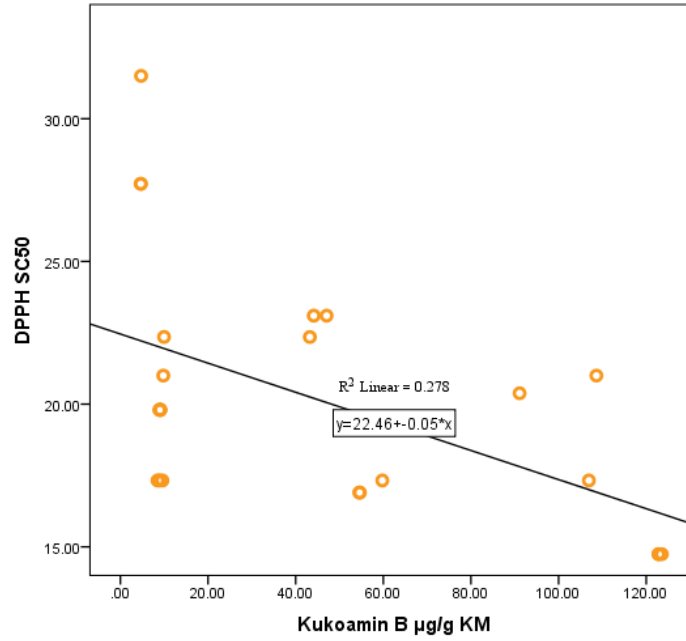
Kukoamin içerikleri üzerine yapılan çalışmalarda patates örneklerinde kukoamin B değerlerinin kuru ağırlık başına $157 \mu\text{g/g KM}$ seviyelerine kadar çıktığı, kukoamin A'nın ise $16 \mu\text{g/g KM}$ seviyelerinde olduğu belirtilmiştir (22). Mevcut çalışma bulguları, özellikle Niğşah varyetesinin kabuk dokusunda tespit edilen kukoamin B değerinin ($123.06 \pm 0.43 \mu\text{g/g KM}$) literatürle paralel olarak baskın bileşen olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışılan tüm varyetelerde kukoamin B içeriğinin kukoamin A içeriğinden hem iç hem de kabuk dokuda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunması literatür verileri ile uyumludur (19,22,101). Çalışılan örnekler arasında kukoamin içeriği bakımından varyeteler ve dokular arasında geniş bir varyasyon saptanmıştır. Özellikle Niğşah varyetesinin kabuk dokusu kukoamin B ($123.06 \pm 0.43 \mu\text{g/g KM}$) açısından, Leventbey varyetesi ise kukoamin A ($53.66 \pm 0.69 \mu\text{g/g KM}$) açısından en zengin genotipler olarak belirlenmiştir. Çağlı varyetesi hem iç hem de kabuk dokuda en düşük değerleri vermiş olup Çağlı varyetesinin her iki bileşikte de en düşük değerleri vermesi, varyeteler arası genetik farklılığın kukoamin sentezi üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

4.8. Kukoamin A ve Kukoamin B İçeriğinin Antioksidan Aktivite ile Korelasyonu

Patates örneklerinin kukoamin A ve kukoamin B içerikleri ile DPPH $\cdot$ serbest radikali giderme aktiviteleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla uygulanan doğrusal regresyon analizi sonuçları Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Çalışılan varyetelerdeki kukoamin A ve kukoamin B içerikleri ile DPPH $\cdot$ radikal süpürme aktivitesi (SC₅₀) arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif ilişkiler saptanmıştır ($p < 0.01$). Şekil 6'da yer alan regresyon eğrileri incelendiğinde; kukoamin A ($r = -0.578$; $R^2 = 0.334$) ve kukoamin B ($r = -0.528$; $R^2 = 0.278$) değerlerinin antioksidan aktivitedeki değişimin yaklaşık %28 ile %33'ünü açıklayabildiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu korelasyon katsayıları, kukoaminlerin antioksidan potansiyel üzerinde önemli bir paya sahip olduğunu göstermekle birlikte; toplam aktivite söz konusu olduğunda patatesten bulunan fenolik bileşiklerin ve sinerjik etkileşimlerin de potansiyel rolünü desteklemektedir.

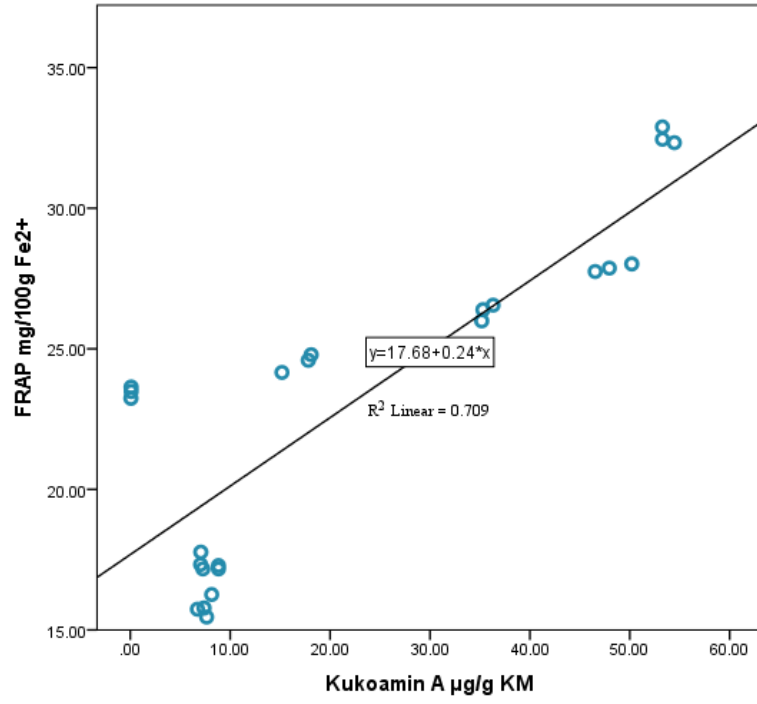


Şekil 5. Kukoamin A konsantrasyonunun DPPH $\cdot$ radikal süpürme aktivitesi ile ilişkisi

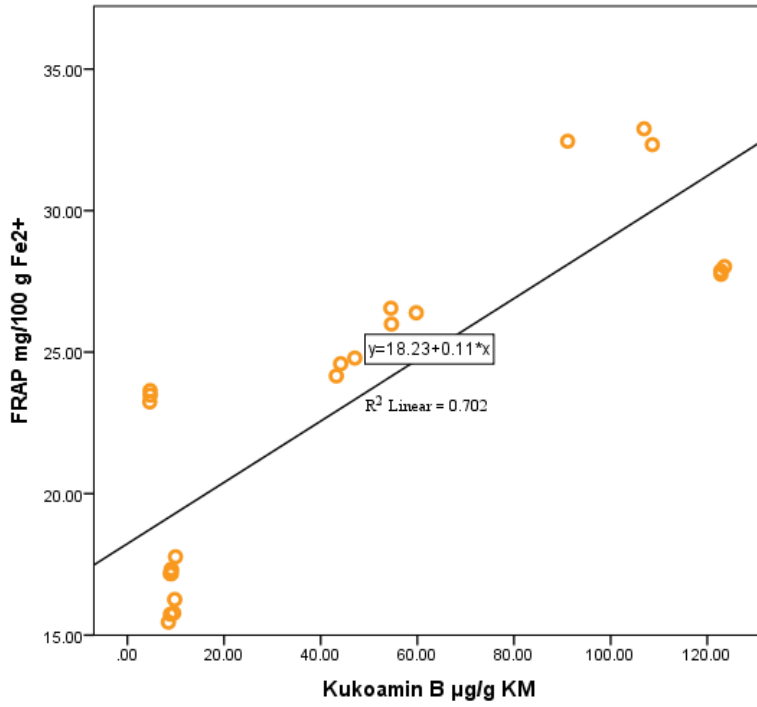


Şekil 5. Kukoamin B konsantrasyonunun DPPH· radikal süpürme aktivitesi ile ilişkisi

Patates örneklerinin kukoamin içerikleri ile demir indirgeme antioksidan güçleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla yapılan korelasyon analizi sonucunda kukoamin A ($R^2 = 0.709$) ve kukoamin B ($R^2 = 0.702$) içerikleri ile FRAP değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 7 ve Şekil 8). Bu bulgular, kukoaminlerin patates matrisinde elektron transfer mekanizmasına dayalı antioksidan aktiviteye önemli ölçüde katkı sağladığını ve bu sistemde etkin rol oynayan temel biyoaktif bileşenler arasında değerlendirilebileceğini düşündürmektedir.



Şekil 7. Kukoamin A konsantrasyonunun FRAP değerleri ile ilişkisi



Şekil 8. Kukoamin B konsantrasyonunun FRAP değerleri ile ilişkisi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Eskiden yalnızca karın doyurucu bir besin olarak görülen patates, günümüzdeki bilimsel gelişmeler sayesinde kansere, kalp hastalıklarına ve görme bozukluklarına karşı koruyucu etkiler gösteren biyoaktif bileşenleriyle öne çıkan bir gıda olarak değerlendirilmektedir. Bu biyoaktif bileşenlerden biri olan kukoamin, sağlık üzerindeki potansiyel etkilerine rağmen literatürde sınırlı düzeyde araştırılmış bileşikler arasında yer almaktadır. Türkiye’de yetiştirilen yerli patates çeşitlerinin iç ve kabuk dokularındaki kukoamin A ve kukoamin B içeriklerinin araştırıldığı bu tez çalışması; Türkiye menşeli patates türlerinden olan Nahita, Niğşah, Çağlı ve Leventbey yerli varyetelerinin kukoamin profillerini literatüre kazandıran ilk araştırma olma niteliği taşımaktadır.

Literatürde kukoamin bileşikleri özellikle Asya toplumunda kullanılmakta olan LyC bitkisi ile özdeşleşmiş olup (102), bu bileşiklerin biyolojik aktiviteleri bu tür üzerinden yoğun olarak rapor edilmiştir. LyC ile patatesin kesişme noktası aynı familyaya (Solanaceae, Patlıcangiller) ait olması ile başlamıştır. LyC’de tanımlanan kukoamin bileşiklerinin ardından aynı familyaya ait patates, domates, patlıcan ve biber gibi türlerde de bu bileşikler araştırılmıştır. Bu familya içerisinde LyC’den sonra en yüksek kukoamin içeriklerinin patates örneklerinde belirlendiği görülmüştür. Patates kabuklarında kukoamin içeriğinin iç dokuya kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (103).

İç ve kabuk dokularda yapılan %TKM analizine göre, hem iç hem de kabuk dokuda yüksek değerler gösteren Nahita (iç doku: 20.12 ± 0.43 ; kabuk doku: 23.79 ± 0.54) ve Niğşah (iç doku: 23.97 ± 0.88 ; kabuk doku: 23.31 ± 0.41) varyetelerinin, yüksek kuru madde içerikleri nedeniyle kızartmalık kullanım açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Varyetelerin kabuk dokularında yüksek %TKM değerleri gösteren Nahita (23.79 ± 0.54) ve Niğşah (23.31 ± 0.41) örneklerine paralel olarak, literatürde de kukoaminlerin dış etkilere karşı savunma mekanizmalarının yoğunlaştığı kabuk dokusunda, iç dokuya kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu bildirilmektedir (13).

Patateslerin iç ve kabuk dokularındaki kuru madde oranının, kukoaminler gibi suda çözünabilen sekonder metabolitlerin dağılımı ve birikimi üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Kukoaminlerin hidrofilik karakteri, bu bileşenlerin nem içeriği yüksek iç veya kabuk dokularında daha kolay çözünmelerine ve difüze olmalarına neden olabilir. Ancak kabuk gibi kuru maddesi yüksek dokularda bu bileşiklerin saptanması, dokunun

yoğunluğundan ziyade kukoaminlerin bu bölgedeki genetik ekspresyonunun (sentez miktarının) daha yüksek olmasıyla açıklanabilir (76).

Varyetelere yapılan renk analizi sonuçlarına göre, tüm varyetelerde L* değeri iç dokuda kabuk dokuya kıyasla daha yüksek, a* (kırmızılık) değeri ise kabuk dokuda iç dokuya kıyasla daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte b* değerlerinde Çağlı varyetesi hariç diğer tüm varyetelerde iç doku kabuk dokuya kıyasla daha yüksek değerler gösterirken, Çağlı varyetesinde kabuk dokuda daha yüksek b* değeri ölçülmüştür. Kukoamin A ve kukoamin B miktarlarının daha yüksek ölçüldüğü kabuk dokularda genel olarak düşük L*, yüksek a* ve düşük b* değerleri gözlenmiş olup (Çağlı varyetesindeki b* değeri istisna olmak üzere), bu durum renk parametreleri ile biyoaktif bileşik dağılımı arasında olası bir ilişkiye işaret etmektedir.

Patateslerin kukoamin içerikleri varyeteler bazında incelendiğinde; Niğşah varyetesi toplam kukoamin içeriği (özellikle kukoamin B: $66.02 \pm 0.49 \mu\text{g/g KM}$) bakımından en zengin tür olarak öne çıkarken, Leventbey varyetesi kukoamin A ($31.13 \pm 0.54 \mu\text{g/g KM}$) açısından en yüksek değeri vermiştir. Çağlı varyetesinin her iki bileşikte de en düşük değerleri sunması, kukoamin sentezinin genetik arka plan ve varyete özelliklerine değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasının en dikkat çekici sonuçlarından biri kukoaminlerin dokusal dağılımıdır. Kukoamin A miktarı kabuk dokusunda, iç dokuya oranla yaklaşık 6.7 kat daha fazla bulunmuştur. Benzer şekilde kukoamin B değerleri de kabukta ($81.59 \pm 0.39 \mu\text{g/g KM}$), iç kısma ($8.05 \pm 0.4 \mu\text{g/g KM}$) göre önemli derecede yüksektir. Bu durum fenilamit grubuna dahil olan kukoaminlerin bitki savunma sistemindeki kritik rolü ile açıklanabilir. Toprak altındaki patojenlere (mantar, bakteri, böcek) doğrudan maruz kalan patates yumrusu, bu ikincil metabolitleri en dış katmanda yoğunlaştırarak iç dokuyu koruyan kimyasal bir bariyer oluşturmaktadır (101, 102). Bu bulgu, patatesin besinsel değerinden maksimum düzeyde faydalanmak için kabuğuyla tüketiminin veya kabukların sanayide yan ürün olarak geri kazanılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Antioksidan etki potansiyeline sahip kukoaminler için uygulanan antioksidan tayin yöntemleri (FRAP ve DPPH) benzer eğilimler göstermiş olup her iki analiz sonucunda da antioksidan aktivitenin, iç dokuya kıyasla kabuk dokusunda anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Kukoamin A ($r_{KuA} = -0.578$, $p < 0.01$) ve kukoamin B ($r_{KuB} = -0.528$, $p < 0.01$) ile DPPH radikali süpürme aktivitesi (SC_{50}) arasındaki negatif korelasyon,

bileşen miktarı arttıkça serbest radikal süpürme kapasitesinin arttığını göstermiştir. Özellikle FRAP analizinde saptanan yüksek korelasyon katsayıları (kukoamin A için $R^2 = 0.709$; kukoamin B için $R^2 = 0.702$), kukoaminlerin demir indirgeme gücü üzerindeki belirleyici rolünü desteklemektedir. Korelasyon analizi sonuçları patateslerin kukoamin içerikleri ile antioksidan aktivite verileri (DPPH ve FRAP) arasında yüksek düzeyde korelasyon katsayıları elde edilmiş olup, bu durum kukoamin bileşiklerinin antioksidan aktiviteye önemli katkı sağladığını göstermektedir.

Mevcut araştırma bulgularının geliştirilmesi amacıyla gelecek çalışmalarda patateslerin fenolik bileşen kompozisyonunun daha detaylı olarak ortaya konulması, özellikle farklı fenolik asitler ve flavonoid gruplarının ayrıntılı şekilde profillenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca farklı çevresel koşulların, hasat zamanlarının, depolama şartlarının ve işleme proseslerinin kukoamin içerikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi, bu bileşiklerin oluşum ve stabilite mekanizmalarının anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Patates, işlenmesi sırasında yüksek miktarda atık oluşması nedeniyle gıda işleme endüstrisi açısından önemlidir. Patates işleme prosesleri sonucunda toplam ürünün yaklaşık %6-10'u oranında patates kabuğu atığı oluşmaktadır. İşlenmiş patates ürünlerinin üretimi sırasında atık olarak ortaya çıkan patates kabukları, fenolik bileşikler açısından önemli bir kaynak teşkil etmektedir (106). Patates kabuk atıklarının antioksidan özellik gösteren fenolik bileşiklerin geri kazanımında kullanılması, ekonomik fayda sağlamanın yanı sıra çevresel yükün ve sanitasyon sorunlarının azaltılmasına da katkı sağlayabilir. Ayrıca bu atıkların doğrudan bertaraf edilmesi yerine, "Kukoamin Ekstraksiyon Üniteleri" aracılığıyla farmasötik veya kozmetik hammadde üretimine yönlendirilmesi, çevresel yükü minimize ederken yüksek bir ekonomik değer yaratacaktır. Özellikle liyofilizasyon yöntemiyle standardize edilen kabuk tozlarının; nöroprotektif ve anti-enflamatuvar özellikleri sayesinde fonksiyonel unlar, zenginleştirilmiş fırıncılık ürünleri veya kapsüllenmiş diyet takviyeleri olarak ekonomiye kazandırılması mümkündür.

Yaşanan iklim değişiklikleri ve kuraklık koşullarıyla birlikte gıdaya erişimin zorlaşabileceği göz önünde bulundurulduğunda, kolaylıkla yetiştirilebilen bir besin olan patatesin verimliliği üzerinde daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Marketlerde yaygın olarak bulunan yabancı çeşitler yerine yerli patates türlerinin kullanımının yaygınlaştırılması, ülke ekonomisi ve sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Yerli tohumların tescil süreçlerinde ise yalnızca verim ve hastalık direnci değil, bu çalışmada

ortaya konulan biyoaktif profil verilerinin de önemli kalite kriterleri arasında değerlendirilmesi önerilmektedir.

Yerli patates türlerimizin kukoamin içeriklerinin belirlendiği bu tez çalışması, küresel iklim değişikliği ve gıda güvencesi sorunlarının giderek önem kazandığı günümüzde, yerli gen kaynaklarının korunmasının yalnızca biyolojik çeşitlilik ve tarımsal verimlilik açısından değil, aynı zamanda toplum sağlığını destekleyen fonksiyonel gıda bileşenlerine erişim bakımından da önemli bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Yerli patates varyetelerimizin barındırdığı bu özgün biyoaktif potansiyel, geleneksel ıslah yöntemlerinin ötesine geçilerek moleküler düzeyde yapılacak ileri çalışmalarla desteklenmeli; böylece yerli türlerimiz sadece sofralarımızdaki temel bir karbonhidrat kaynağı olarak değil, geleceğin önleyici tıp ve sürdürülebilir beslenme stratejilerinin merkezinde yer alan stratejik birer sağlık bileşeni olarak konumlandırılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

1. Abed MM, Demirhan B (2018). Patates bitkisine (*Solanum tuberosum* L.) genel bir bakış. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology* 1(1): 1-9.
2. Şahin K (2003). Ahlat ilçesinde patates üretimi ve sorunları üzerine bir araştırma. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences* 13(2): 81-88.
3. Öztürk E, Polat T (2017). Tohumluk patates yetiştiriciliği ve önemi. *Alinteri Journal of Agriculture Science* 32(1): 99-104.
4. Yegül Z (2022). Patates ürün raporu (Yayın No. 356). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Ankara [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>. [Erişim tarihi: 1 Şubat 2026].
5. Yegül Z (2024). Patates ürün raporu (Yayın No. 399). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Ankara [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>. [Erişim tarihi: 1 Şubat 2026].
6. Cin H (2022). Farklı depolama koşullarında depolanan taze patates örneklerinin kalite parametrelerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale
7. Öztürk E, Polat T, Tarakçı S (2016). Depolamanın bazı patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitlerinin fiziksel özelliklerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 47(2): 89-94.
8. Mishra T, Raigond P, Thakur N, Dutt S, Singh B (2020). Recent updates on healthy phytoconstituents in potato: a nutritional depository. *Potato Research* 63(3): 323-343.
9. Arshad A, Iqbal H, Siddiqa A, Zulfiqar T, Tareen MB, Amna D, Domínguez R (2021). Comparative study of potato (*Solanum tuberosum* L.) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): evaluation of proximate composition, polyphenol content, mineral and antioxidant activities. *Applied Sciences* 11(24): 11844.
10. Hu XL, Gao LY, Niu YX, Tian X, Wang J, Meng WH, Zhao QC (2015). Neuroprotection by Kukoamine A against oxidative stress may involve N-methyl-D-aspartate receptors. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) General Subjects* 1850(2):287-298.
11. Yılmaz İ (2010). Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres. İnönü Üniversitesi

Tıp Fakültesi Derg.isi 17(2):143–53.

12. Özyurt M, Demirci BÇ, Kurutaş EB, Demirhan İ (2023). Yaygın olarak tüketilen *helianthus tuberosus*, *zingiber officinale* ve *raphanus sativus* var. *niger* bitkilerinde in vitro antioksidan enzim kapasitesi ve oksidatif stres düzeylerinin belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology 11(11):2110–5.
13. Piletska EV, Burns R, Terry LA, Piletsky SA (2012). Application of a molecularly imprinted polymer for the extraction of kukoamine a from potato peels. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60(1):95-99.
14. Dinç S, Kara M, Arslanoğlu ŞF (2014). Patates ve sağlık. Türkiye Tohumcular Birliğidergisi 14:7–9.
15. Furrer AN, Chegeni M, Ferruzzi MG (2018). Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals and human health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 58(1): 146-168.
16. Beals KA (2019). Potatoes, nutrition and health. American Journal of Potato Research 96(2): 102-110.
17. Brown CR (2005). Antioxidants in potato. American Journal of Potato Research 82(2): 163-172.
18. Funayama S, Zhang GR, Nozoe S (1995). Kukoamine B, a spermine alkaloid from *Lycium chinense*. Phytochemistry 38(6): 1529-1531.
19. Li YY, Di R, Baibado JT, Cheng YS, Huang YQ, Sun, H, Cheung HY (2014). Identification of kukoamines as the novel markers for quality assessment of *Lycii* Cortex. Food Research International 55: 373-380.
20. Li Y, Zeng S, Li F, Xie H, Chahel AA, Yang T, Wang Y (2020). Variation of kukoamine a (KuA) and B (KuB) contents and related meteorological factors for Cortex *Lycii* radices of different areas. Biochemical Systematics and Ecology 88: 103985.
21. Hadjipavlou Litina D, Garnelis T, Athanassopoulos CM, Papaioannou D (2009). Kukoamine A analogs with lipoxygenase inhibitory activity. Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry 24(5): 1188-1193.
22. Saller J, List C, Hübner H, Gmeiner P, Clark T, Pischetsrieder M (2023).

- Identification and quantification of kukoamine A and kukoamine B as novel μ -opioid receptor agonists in potato and other solanaceous plants. *Food Chemistry* 427:136637.
23. Gibson S, Kurilich AC (2013). The nutritional value of potatoes and potato products in the UK diet. *Nutrition Bulletin* 38(4): 389-399.
 24. Zaheer K, Akhtar MH (2016). Potato production, usage, and nutrition-a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56(5): 711-721.
 25. Lachman J, Hamouz K, Orsák M, Kotíková Z (2016). Carotenoids in potatoes – a short overview. *Plant Soil and Environment* 62(10):474–81.
 26. Akyol H, Riciputi Y, Capanoglu E, Caboni MF, Verardo V (2016). Phenolic compounds in the potato and its byproducts: An overview. *International Journal of Molecular Sciences* 17(6): 835.
 27. Singh B, Singh J, Singh JP, Kaur A, Singh N (2020). Phenolic compounds in potato (*Solanum tuberosum* L.) peel and their health-promoting activities. *International Journal of Food Science & Technology* 55(6): 2273-2281.
 28. Yılmaz H, Demircan V, Erel G (2006). Bazı önemli patates üreticisi illerde patates üretim maliyeti ve gelirinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi* 1(1): 22-32.
 29. FAO (2022). *World Food and Agriculture Statistical Yearbook 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Pages: Sayfa: 65-167.
 30. Karsan A, Gül M (2017). Patates üretim maliyetleri ve karlılığındaki değişim: Niğde ili örneği. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology* 5(5): 530-535..
 31. Altıntaş B (2024). Patates yetiştiriciliği ve bunun dünya tarımındaki yeri ve önemi. Yüksek lisans tesi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Beslenme Anabilim Dalı, Bursa.
 32. De Jong H (2016). Impact of the potato on society. *American Journal of Potato Research* 93(5): 415-429.
 33. Yegül Z (2025). Patates ürün raporu (Yayın No. 415). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Ankara [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>. [Erişim tarihi: 1 Şubat 2026].

34. Çakır E (2008). Türkiye’de patates siğili etmeni *synchytrium endobioticum*'un ırklarının belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Ankara.
35. Çakır E, Demirci F (2013). Bazı bitki aktivatörlerinin Patates siğil hastalığı [*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Per.]'na etkileri. Bitki Koruma Bülteni 53(4):239-250.
36. Dumanoglu D, Öztürk G (2016). Patates (*Solanum tuberosum* L.) tarımı ve önemi. Mas Journal of Applied Sciences 1307–1315.
37. Kara K (1996). Değişik sürelerde depolanan patates çeşitlerinin bazı özellikleri üzerine bir araştırma. Gıda 21(3): 215-225.
38. Cerit İ, Demirer A, Bülbül E, Yaman M, Güngör ŞN, Demirkol O (2020). Thiols and their uses in the food industry. Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology 8(5): 1027-1038.
39. Kadakoğlu B, Karlı B (2022). Afyonkarahisar ilinde patates üretiminin ekonomik analizi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 25(3): 581-588.
40. Monro J, Mishra S (2009). Nutritional value of potatoes: digestibility, glycemic index, and glycemic impact. In: Jaspreet S, Kaur L (Eds.), Advances In Potato Chemistry and Technology. Academic Press, San Diego, Pages: Sayfa: 371-394.
41. Günel E, Çalışkan ME, Kuşman N, Tuğrul KM, Yılmaz A (2005). Nişasta ve şeker bitkileri üretimi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11(15), 377-396.
42. Lachman J, Hamouz K, Musilová J, Hejtmánková K, Kotíková Z, Pazderů K, Cimr J (2013). Effect of peeling and three cooking methods on the content of selected phytochemicals in potato tubers with various colour of flesh. Food Chemistry 138(2-3): 1189-1197.
43. Erhardt J (2010). Beslenme Bilgi Sistemi (BeBiS)[Nutrition Information System] 7.1 full version. Entwickelt an der Universität Hohenheim, Stuttgart. [Erişim tarihi: 1 Şubat 2026].
44. Navarre DA, Goyer A, Shakya R (2009). Nutritional value of potatoes: vitamin, phytonutrient, and mineral content. In: Singh J, Kaur L (Eds.), Advances in Potato

Chemistry and Technology. Academic Press, San Diego, Pages: Sayfa: 395-424.

45. Bibi S, Navarre DA, Sun X, Du M, Rasco B, Zhu MJ (2019). Beneficial effect of potato consumption on gut microbiota and intestinal epithelial health. *American Journal of Potato Research* 96(2): 170-176.
46. Mäder J, Rawel H, Kroh LW (2009). Composition of phenolic compounds and glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine during commercial potato processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(14): 6292-6297.
47. Liqin Y, Tao C, Yun L, Shaohong F, Lan L, Mingchao X, Yingze N (2016). A comparative study on total anthocyanin content, composition of anthocyanidin, total phenolic content and antioxidant activity of pigmented potato peel and flesh. *food science and technology research*. 22 (2): 219-226.
48. Han JS, Kozukue N, Young KS, Lee KR, Friedman M (2004). Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home-processed and commercial potato foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(21): 6516-6521.
49. Jansky S, Navarre R, Bamberg J (2019). Introduction to the special issue on the nutritional value of potato. *American Journal of Potato Research* 96(2): 95-97.
50. Memiş E, Şanlıer N. GLİSEMİK İNDEKS VE SAĞLIK İLİŞKİSİ. 2009;2:17–27.
51. Memiş E, Şanlıer N (2009). Glisemik indeks ve sağlık ilişkisi. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi* 24(17): 27.
51. Çiftçi S, Özel HG (2017). Besinlerin glisemik indeks değerinin hesaplanmasında kullanılan beş farklı yöntemin değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi* 4(3): 225–233.
52. McGill CR, Kurilich AC, Davignon J (2013). The role of potatoes and potato components in cardiometabolic health: A review. *Annals of Medicine* 45(7): 467-473.
53. Santos APM Dos, Mateus ML, Aschner M (2024). Oranges, potatoes and phytonutrients; why are they good for human health. *HYTONutrients* (Karachi, Pakistan) 3: 120–35.
54. Arman G, Mutlu AA (2025). Fitobesinler, nutrasötikler ve gıda takviyelerinin fonksiyonel besin kavramıyla ilişkisi. *The Journal of Academic Social Science* 171(171): 472-482.

55. Sahani G, Ghadage P, Raj AS, Prakash A, Mohammed F (2023). *Solanum tuberosum* L.: A review on traditional use, phytochemistry, pharmacological aspects, and health benefits. *Ann Phytomed* 12(1): 339-345.
56. Li X, Lin J, Chen B, Xie H, Chen D (2018). Antioxidant and cytoprotective effects of kukoamines A and B: comparison and positional isomeric effect. *Molecules* 23(4):973.
57. Çimen MBY (1999). Flavonoidler ve antioksidan özellikleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 19(5): 296-304.
58. Valcarcel J, Reilly K, Gaffney M, O'Brien NM (2015). Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid content in sixty varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown in Ireland. *Potato Research* 58(3): 221-244.
59. Xu J, Li Y, Kaur L, Singh J, Zeng F (2023). Functional food based on potato. *Foods* 12(11): 2145.
60. Coruk KS, Baltacıoğlu H (2022). Determination of the effect of different drying methods on the physicochemical properties of potato powder using multivariate analysis. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(7): 1300-1307.
61. Visvanathan R, Jayathilake C, Chaminda Jayawardana B, Liyanage R (2016). Health-beneficial properties of potato and compounds of interest. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(15): 4850-4860.
62. Xu B, Chang SK (2008). Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry* 110(1): 1-13.
63. Kılıç EE, Kesen S (2025). Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 40(1): 172-180.
64. Navarre DA, Brown CR, Sathuvalli VR (2019). Potato vitamins, minerals and phytonutrients from a plant biology perspective. *American Journal of Potato Research* 96(2): 111-126.
65. Singh PP, Saldaña MD (2011). Subcritical water extraction of phenolic compounds from potato peel. *Food Research International* 44(8): 2452-2458.

66. Jaromír L, Karel H, Matyáš O (2016). Colored potatoes. In: Singh J, Kaur L (Eds.), *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Academic Press, San Diego, Pages: Sayfa: 249-281.
67. Søltøft M, Nielsen J, Holst Laursen K, Husted S, Halekoh U, Knuthsen P (2010). Effects of organic and conventional growth systems on the content of flavonoids in onions and phenolic acids in carrots and potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(19): 10323-10329.
68. Terahara N (2015). Flavonoids in foods: A review. *Natural Product Communications* 10(3): 521-528.
69. Carvalho IS, Cavaco T, Carvalho LM, Duque P (2010). Effect of photoperiod on flavonoid pathway activity in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) leaves. *Food Chemistry* 118(2): 384-390.
70. Lewis CE, Walker JR, Lancaster JE, Sutton KH (1998). Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77(1): 45-57.
71. Li S, Li J, Sun Y, Huang Y, He J, Zhu Z (2019). Transport of flavanolic monomers and procyanidin dimer A2 across human adenocarcinoma stomach cells (MKN-28). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67(12): 3354-3362.
72. Wang J, Wu Y, Yu J (2026). The carotenoids metabolism during tomato fruit ripening: insights into multi-level regulatory network. *BMC Plant Biology* 26:456.
73. Jovanović S, Davidović S, Miljković A, Atanacković Krstonošić M, Sazdanić D, Mikulić M (2019). Supplementation with three macular carotenoids in patients with early stage age-related macular degeneration. *Medicinski Pregled* 72(9-10): 291-296.
74. Kotikova Z, Hejtmankova A, Lachman J, Hamouz K, Trnkova E, Dvorak P (2007). Effect of selected factors on total carotenoid content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Soil and Environment* 53(8): 355.
75. Breithaupt DE, Bamedi A (2002). Carotenoids and carotenoid esters in potatoes (*Solanum tuberosum* L.): new insights into an ancient vegetable. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(24): 7175-7181.
76. Morris WL, Ducreux L, Griffiths DW, Stewart D, Davies HV, Taylor MA (2004).

- Carotenogenesis during tuber development and storage in potato. *Journal of Experimental Botany* 55(399): 975-982.
77. Tierno R, Hornero Méndez D, Gallardo Guerrero L, Lopez Pardo R, Galarreta JIR (2015). Effect of boiling on the total phenolic, anthocyanin and carotenoid concentrations of potato tubers from selected cultivars and introgressed breeding lines from native potato species. *Journal of Food Composition and Analysis* 41: 58-65.
 78. Burgos G, Auqui S, Amoros W, Salas E, Bonierbale M (2009). Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. *Journal of Food Composition and Analysis* 22(6): 533-538.
 79. Kita A, Bąkowska Barczak A, Hamouz K, Kułakowska K, Lisińska G (2013). The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 32(2): 169-175.
 80. Brown CR (2005). Antioxidants in potato. *American Journal of Potato Research* 82(2): 163-172.
 81. Wang X, Hu J, Ma L, Han Z, Liu J, Lu Z, Di D (2025). Ultrasound-assisted deep eutectic solvent extraction of kukoamine A and kukoamine B from *Lycii* cortex. *Phytochemistry Letters* 66: 136-143.
 82. Luo L, Guan Z, Jin X, Guan Z, Jiang Y (2023). Identification of kukoamine a as an anti-osteoporosis drug target using network pharmacology and experiment verification. *Molecular Medicine* 29(1): 36.
 83. Zhao Q, Li L, Zhu Y, Hou D, Li Y, Guo X, Gong K (2020). Kukoamine B ameliorate insulin resistance, oxidative stress, inflammation and other metabolic abnormalities in high-fat/high-fructose-fed rats. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity* 13:1843-1853.
 84. Funayama S, Yoshida K, Konno C, Hikino H (1980). Structure of kukoamine A, a hypotensive principle of *Lycium chinense* root barks. *Tetrahedron Letters* 21(14): 1355-1356.
 85. Wagner H, Bauer R, Melchart D, Xiao PG, Staudinger A (2011). Cortex *Lycii* radices Digupi. In: Wagner H, Bauer R (Eds.), *Chromatographic Fingerprint Analysis of*

Herbal Medicines: Thin-layer and High Performance Liquid Chromatography of Chinese Drugs. Springer, Vienna, Pages: Sayfa: 509-519.

86. Zhao Q, Li L, Wang Z, Jiang J, Dong K, Chen S, Hu P (2016). Ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry assay for determination of kukoamine B in human blood and urine. *Journal of Chromatography B* 1031: 8-14.
87. Karigiannis G, Mamos P, Balayiannis G, Katsoulis I, Papaioannou D (1998). Simple fragment syntheses of all four isomers of the spermine alkaloid kukoamine. *Tetrahedron Letters* 39(28): 5117-5120.
88. Zhang Y, Cheng Z, Wang C, Ma H, Meng W, Zhao Q (2016). Neuroprotective effects of kukoamine a against radiation-induced rat brain injury through inhibition of oxidative stress and neuronal apoptosis. *Neurochemical Research* 41(10): 2549-2558.
89. Liu X, Zheng X, Wang N, Cao H, Lu Y, Long Y, Zheng J (2011). Kukoamine B, a novel dual inhibitor of LPS and CpG DNA, is a potential candidate for sepsis treatment. *British Journal of Pharmacology* 162(6): 1274-1290.
90. National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. [Erişim tarihi: 1 Şubat 2026].
91. Li YY, Di R, Hsu WL, Huang YQ, Sun H, Cheung HY (2015). Sensitivity improvement of kukoamine determination by complexation with dihydrogen phosphate anions in capillary zone electrophoresis. *Electrophoresis* 36(15): 1801-1807.
92. Li YY, Stewart DA, Ye XM, Yin LH, Pathmasiri WW, McRitchie SL, Sumner SJ (2019). A metabolomics approach to investigate kukoamine B-A potent natural product with anti-diabetic properties. *Frontiers in Pharmacology* 9: 1575..
93. Hu XL, Guo LP, Song Q, Zhang Q, Chen Y, Wang J, Zhao QC (2015). Kukoamine B, an amide alkaloid, protects against NMDA-induced neurotoxicity and potential mechanisms in vitro. *Neurochemistry International* 87: 66-76.
94. Butts CA, Hedderley DI, Martell S, Dinnan H, Middlemiss Kraak S, Bunn BJ, Lill RE (2022). Influence of oral administration of kukoamine A on blood pressure in a rat hypertension model. *PLoS One* 17(5): e0267567.
95. Liu H, Zhao Q, Yuan Y, Wang Z, Wang T, Tian W, Hu P (2024). First-in-Human

- Safety, Tolerability, and Pharmacokinetics of Single-Dose Kukoamine B Mesylate in Healthy Subjects: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Phase I Study. *Infectious Diseases and Therapy* 13(2): 361-371.
96. Zhao Q, Li L, Zhu Y, Hou D, Li Y, Guo X, Gong K (2020). Kukoamine B ameliorate insulin resistance, oxidative stress, inflammation and other metabolic abnormalities in high-fat/high-fructose-fed rats. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity* 13: 1843-1853.
 97. Zheng J, Liu X, Zheng X, Zhou H, Cao H, Wang N, Lu Y (2013). Methods for extracting kukoamines and compositions containing the same. U.S. Patent Application No. 13/638,966. U.S. Patent and Trademark Office, Washington, DC.
 98. Zheng J, Zheng X, Liu X, Zhou H, Wang N, Cao H, Huang M (2016). Kukoamine and its derivatives for the prevention and treatment of hyperlipidemia and diabetes and a method for the preparation thereof. U.S. Patent No. 9,365,504. U.S. Patent and Trademark Office, Washington, DC.
 99. Cheung HY, Li YY, Di R (2015). Methods for increasing kukoamine content in plants. U.S. Patent No. 9,012,687. U.S. Patent and Trademark Office, Washington, DC.
 100. Wilson JH, Lindsay AM (1969). The relation between specific gravity and dry matter content of potato tubers. *American Potato Journal* 46(9): 323-328.
 101. Parr AJ, Mellon FA, Colquhoun IJ, Davies HV (2005). Dihydrocaffeoyl polyamines (kukoamine and allies) in potato (*Solanum tuberosum*) tubers detected during metabolite profiling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(13): 5461-5466.
 102. Cardoso SM (2019). The antioxidant capacities of natural products. *Molecules* 24(3):492.
 103. Umadevi M, Kumar PS, Bhowmik D, Duraivel S (2013). Health benefits and cons of *Solanum tuberosum*. *Journal of Medicinal Plants Studies* 1(1): 16-25.
 104. Pihlanto A (2017). Potato and other root crops. In: Yahia EM (Ed.), *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, Pages: Sayfa: 1195-1214.
 105. Murniece I, Kruma Z, Skrabule I, Vaivode A (2013). Carotenoids and phenols of

organically and conventionally cultivated potato varieties. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* 4(5): 342-348.

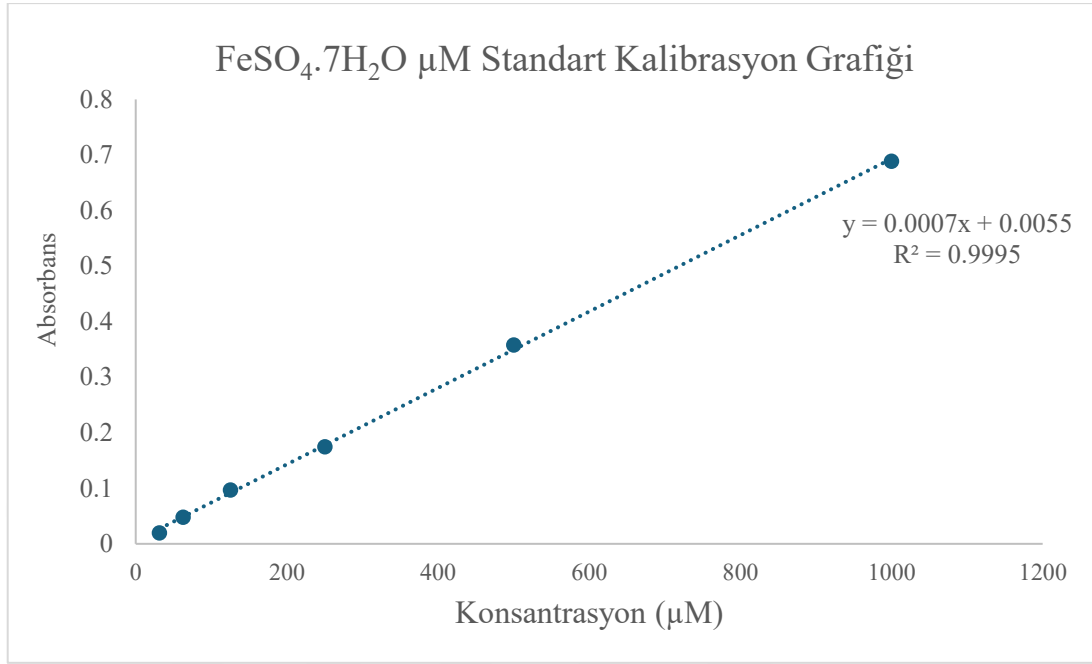
106. Galhano dos Santos R, Ventura P, Bordado JC, Mateus MM (2016). Valorizing potato peel waste: an overview of the latest publications. *Reviews in Environmental Science and BioTechnology* 15(4): 585-592.





EKLER

EK 1. FRAP tayininde kullanılan kalibrasyon grafiği



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İrem ÇETECİ

Uyruğu : T.C.

Doğum Tarihi :

Telefon (İş) :

E-Posta : :

Yazışma Adresi (İş)

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Lisans	Bayburt Üniversitesi	2021
Lise	Samsun Bafra Anadolu Lisesi	2017

YABANCI DİL

İngilizce

Almanca