

JOURNAL of AGRICULTURE

ISSN: 2636-8757

[HTTPS://DERGIPARK.ORG.TR/TR/PUB/JA](https://dergipark.org.tr/tr/pub/ja)

INTERNATIONAL PEER REVIEWED JOURNAL

VOLUME
6

ISSUE
1

YEAR
JUNE, 2023





JOURNAL of AGRICULTURE

ISSN: 2636-8757

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ja>

(Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal)

CİLT/VOLUME

6

SAYI/ISSUE

1

YIL/YEAR

HAZİRAN/JUNE, 2023

agrijournal@hotmail.com

DergiPark
AKADEMİK

Dergimiz Hakkında/ About Our Journal

Journal of Agriculture, hakemli uluslararası bir dergidir ve 2018 yılında yayın hayatına başlamıştır. DergiPark bünyesinde açık erişimli olarak, tarım ve yaşam bilimleri alanında hazırlanmış araştırma ve derleme makalelerini yayınlamak üzere Mayıs-2018 yılında faaliyete başlamıştır. Derginin desteklediği diller Türkçe ve İngilizce'dir. Yılda 2 (iki) sayı yayımlanır. Dergiye gönderilen makaleler önce editör tarafından şekil ve içerik yönünden incelenir. Uygun olmayanlar sorumlu yazara geri gönderilir. Gönderilen makaleler yazarlar tarafından kaynaklar hariç olmak üzere intihale karşı kontrol edilmektedir. Yapılan kontrollerde benzerlik oranının %20'nin altında olması zorunludur. İntihal raporları incelenerek %20 üzerinde olan yayınlar reddedilir. Yayımlanması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur. Editörün onayladığı makaleler konu ile ilgili 2 (iki) hakeme gönderilir. Hakem incelemesi ve düzeltme süreci tamamlanan makaleler yayımlanır.

Journal of Agriculture is a refereed international journal and started its publication in 2018. DergiPark started its activities in May-2018 in order to publish research and compilation articles prepared in the field of agriculture and life sciences with open access. The languages supported by the journal are Turkish and English. 2 (two) issues are published annually. Articles submitted to the journal are first reviewed by the editor in terms of shape and content. Unsuitable ones are sent back to the responsible author. Submitted articles are checked against plagiarism by the authors, excluding the sources. It is mandatory that the similarity rate is below 20% in the controls. Publications over 20% are rejected by analyzing plagiarism reports. It is mandatory that the works to be published have not been published anywhere or sent to any journal to be published. Articles approved by the editor are sent to 2 (two) reviewers. Articles whose referee review and correction process are completed are published.

Amaç/Aim

Dergimiz bahçe bitkileri, bitki koruma, bitkisel ve hayvansal üretim, biyosistem mühendisliği, gıda mühendisliği, moleküler biyoloji ve genetik, peyzaj mimarlığı, su ürünleri, tarım ekonomisi, tarımsal mekanizasyon, tarımsal yapılar ve sulama, tarla bitkileri, toprak bilimi ve bitki besleme ve zootekni alanında hazırlanan araştırma ve derleme çalışmalarını Türkçe ve İngilizce dillerinde yayımlamayı amaç edinmiştir.

The articles that can be sent to the journal are horticulture, plant protection, plant and animal production, biosystem engineering, food engineering, molecular biology and genetic, landscape architecture, fisheries, agricultural economy, agricultural mechanization, agricultural structures and irrigation, field crops, soil science and plant nutrition and animal science. The journal aims to publish research and compilation studies in Turkish and English.

Kapsam/Scope

Journal of agriculture, Haziran ve Aralık aylarında yılda iki kez yayımlanan hakemli, akademik, bilimsel, uluslararası bir dergidir. Türkçe ve İngilizce makaleler kabul edilir ve çevrimiçi olarak yayımlanır.

Journal of agriculture is a refereed, academic, scientific, international journal published twice a year, in June and December. Turkish and English articles are accepted and are published online.



JOURNAL of AGRICULTURE

agrijournal@hotmail.com

ISSN: 2636-8757

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ja>

Cilt/Volume: 6 Sayı/Issue: 1 Yıl/Year: Haziran/June, 2023

Sahibi / Owner

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN / Assist. Prof. Dr. Barış EREN
Iğdir University, TURKEY, bariseren86@gmail.com

Baş Editör / Editor in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEMİREL
Iğdir University, TURKEY, fatih.demirel@igdir.edu.tr

Yardımcı Editör / Co Editor

Doç. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR / Assoc. Prof. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR Bingöl
University TURKEY, ozdemirfethiahmet23@yahoo.com

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN / Assist. Prof. Dr. Barış EREN
Iğdir University, TURKEY, bariseren86@gmail.com

Arş. Gör. Serap DEMİREL / Research Assistant Serap DEMİREL
Van Yüzüncü Yıl University, serap_comart@hotmail.com

Dil Editör / Language Editor

Doç. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR / Assoc. Prof. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR Bingöl
University TURKEY, ozdemirfethiahmet23@yahoo.com

Dr. Öğr. Üyesi Muhittin KULAK/ Assist. Prof. Dr. Muhittin KULAK Iğdir University,
TURKEY, muhyttynx@gmail.com

Arş. Gör. Ayşenur KALMER/ Research Assistant Ayşenur KALMER Van Yüzüncü Yıl
University TURKEY, aysenurkalmer@gmail.com

İstatistik Editör / Statistical Editor

Doç. Dr. Samet Hasan ABACI / Assoc. Prof. Dr. Samet Hasan ABACI Ondokuz Mayıs
Üniversitesi TURKEY, shabaci37@gmail.com

Dr. Cem TIRINK / Dr. Cem TIRINK
Iğdir University, TURKEY, cem.tirink@gmail.com



JOURNAL of AGRICULTURE

agrijournal@hotmail.com

ISSN: 2636-8757

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ja>

Cilt/Volume: 6 Sayı/Issue: 1 Yıl/Year: Haziran/June, 2023

Ulusal Editörler Kurulu / National Editorial Board

Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU
Atatürk Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Taki DEMİR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Lütfi BEHÇET
Bingöl Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa Rıza ÇANGA
Ankara Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Ali KAYGISIZ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Zafer TEL
İğdır Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Bahri KARLI
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. İsmet YILDIRIM
Düzce Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN
Bingöl Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Veli UYGUR S
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK
İğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Arzu ÜNAL
İğdır Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Behcet İNAL
Siirt Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR
Bingöl Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Mustafa Kenan GEÇER
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN
İğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEMİREL
İğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Fatih GÖKMEN
İğdır Üniversitesi, Türkiye

Dr. Asude ÇAVUŞ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye

Dr. Muhammed Said YOLCU Van Yüzüncü Yıl
Üniversitesi, Türkiye

Uluslararası Editörler Kurulu / International Editorial Board

PhD Mabrouk Elsabagh
Department of Nutrition and Clinical Nutrition /Veterinary Medicine, Egypt

PhD Ayman Elsabagh
Egypt

PhD. Jiban Shrestha
Nepal Agricultural Research Council, Nepal

PhD. Marija Saric-Krsmanovic
Serbia

PhD. Arash Hossein POUR
Iran



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

- 1. Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Ozmotik Strese Tepkisi** 1-10
Emine UYGUR GÖÇER*, Adnan AYDIN
- 2. Farklı Yöntemlerle Kurutulan Muz Halkalarının Renk Analizi** 11-25
Zehra YILDIZ*
- 3. Synthesis, Characterization of Biogenic Copper Nanoparticles and Their Therapeutic Activity** 26-35
Yılmaz KOÇAK*, Hamdullah SEÇKİN
- 4. Yemlik Keçiboynuzu Kırığının Yaş Şeker Pancarı Posasının Silolanabilirliğine Etkisi ve Metan Üretim Kapasitesi** 36-45
Aysel ALPHAN KAYNAR, Ali İhsan ATALAY*
- 5. Effects of *Ferula Rigidula* Plant Extract on Hyperglycemia, Hyperlipidemia and Pancreatic Tissue Oxidative Stress in Rats with Experimental Diabetes** 46-59
Ayhan BEYAZPOLAT, Ugur OZDEK, Yeter DEĞER



JOURNAL of AGRICULTURE

agrijournal@hotmail.com

ISSN: 2636-8757

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ja>

Cilt/Volume: 6 Sayı/Issue: 1 Yıl/Year: Haziran/June, 2023

DÜZELTME NOTLARI / CORRECTION NOTES

Düzeltilme Notu 1:

Journal of Agriculture Dergisi'nin 2022 yılı 5. Cilt 2. Sayısında yer alan "Kayseri İlinde Mevsimlik Tarım İşçilerinin Ekonomik ve Sosyal Sorunları", 5(2): 57-63. DOI: 10.46876/ja.1127908" referanslı makalede sorumlu yazar tarafından çalışmaya ilişkin Iğdır Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi'nde" sözlü sunum olarak sunulmuştur yazısı sehven girilmemiştir. Yazarın isteği ile "Makale 14-15 Nisan 2021 tarihlerinde Iğdır'da düzenlenen "Iğdır Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi'nde" sözlü sunum olarak sunulmuştur" şeklinde eklenmiştir.

Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Ozmotik Strese TepkisiEmine UYGUR GÖÇER^{1*} Adnan AYDIN² 

¹ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarla Bitkileri Bölümü, Iğdır,
Türkiye

² Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü,
Iğdır, Türkiye

Correspondence

Emine UYGUR GÖÇER, Iğdır
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla
Bitkileri Bölümü, Iğdır, Türkiye
E-mail: uyrgocer@gmail.com

Bu makalede etik kurulu onayına
gerek yoktur.

Makale daha önce herhangi bir yerde
sunulmamıştır.

Özet

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gıda üzerine birçok alanda kullanılır, ancak kurak ve tuzlu şartlara son derece hassastır. Kuraklık ve tuzluluk kültürü yapılan bitkilerin gelişimini ve üründen alınan verimi etkileyen önemli çevresel faktördür. Bu çalışma da amaçlanan fasulye genotiplerinde farklı tuz konsantrasyonları ve kuraklık dozunun tohum çimlenmesi, büyüme parametreleri üzerine etkilerini araştırmaktır. Çalışmada tuz olarak kontrol, 100 mM, 200 mM dozları NaCl uygulanırken kuraklık olarak %15 PEG 6000 uygulanmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulan bu araştırmada NaCl dozlarına göre çimlenme oranı %20-100, Radikula ağırlığı, 0.024-0.486 g, plumula ağırlıkları 0.061-0.611 g, radikula uzunlukları 0.663-5.100 cm arasında değişmektedir. %15 PEG uygulamasına göre ise çimlenme oranı %20-100 arasında radikula ağırlıkları 0.007-0.276 g, plumula ağırlıkları 0.012 -0.125 g ve radikula uzunlukları 1.523-5.162 cm arasında değişmiştir. Çalışma sonucunda PN055 genotipinin çalışmada kullanılan diğer genotiplere göre tuzluluk ve kuraklığa daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuraklık, Tuzluluk, Abiyotik stres, Çimlenme performansı

Response of some Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes to osmotic stress**Abstract**

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is used in many areas as food, but is extremely sensitive to arid and salty conditions. Drought and salinity are important environmental factors affecting the development of crops and the yield of the product. The aim of this study is to investigate the effects of different salt concentrations and osmotic stress created on seed germination and growth parameters in bean genotypes. In the study, control, 100 mM, 200 mM doses of NaCl and 15% PEG 6000 as drought were used. In this study, according to the NaCl doses which was established in three replications according to the randomized plots trial design, the germination rate was 20-100%, the radicular weight was 0.024-0.486 g, the plumule weight was 0.061-0.611 g and the radicular length was 0.663-5.100 cm. According to 15% PEG application, the germination rate was between 20-100%, radicular weights ranged from 0.007 to 0.276 g, plumule weights ranged from 0.012 to 0.125g, and radicular lengths ranged from 1.523 to 5.162 cm. As a result of the study, it was determined that the PN055 genotype was more resistant to salinity and drought than the other genotypes used in the study.

Key words: Drought, Salinity, Abiotic stress, Germination performance

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artışı yanında tarım alanlarının bilinçsiz kullanılması tarımsal üretimde önemli sorunlara neden olmuştur. Toprağın yapısı bozulmakta ve bitkilerin çeşitli streslere maruz kalması, birim alan veriminde azalmaya neden olmaktadır (Wang ve ark., 2000). Aşırı tuzluluk bitkide ozmotik stres sonucunda su alımını kısıtlarken hücrede yarattığı iyonik etki nedeniyle hücre içerisindeki iyon dengesini bozmakta ve toksik etkiye neden olmaktadır. Abiyotik stresler arasında yer alan tuz stresi, osmotik etkisi ile kullanılabilir su içeriğini kısıtlarken, aynı zamanda iyon içeriğinin toksik düzeye ulaşmasına neden olmaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Diğer bir abiyotik stres ise kuraklıktır. Kuraklık stresi ile suyun bitki bünyesine taşınmaması dokular arası su dengesini bozar ve turgor kaybı nedeniyle hücre büyümesini olumsuz etkilemektedir (Zengin, 2007; Amira, 2011).

Yemelik tane baklagiller, dünya ve Türkiye için bitkisel proteinin ana kaynağını oluşturan ekonomik değeri yüksek önemli kültür bitkileridir (Eren ve Keskin, 2021). Besin değerleri açısından zengin olmalarının yanında yetiştirildikleri toprağa havanın serbest azotunu bağlama özellikleri bulunduğu için sürdürülebilir tarımı teşvik etmesi ve tuzluluk oranı yüksek olan tropik ve subtropikal bölgelerde toprak verimliliğinin iyileştirilmesine katkıda bulunması ve insan beslenmesinde hayvansal kaynaklı proteinlerin yerine geçmesi yemelik tane baklagillerin önemini arttırmaktadır (Adak, 2014; Fidan ve Ekinçialp, 2017; Şakiroğlu ve ark., 2011). Baklagiller arasında en fazla yetiştirilme unvanına sahip fasulyenin anavatanı Meksika, Kolombiya, Orta ve Güney Amerika ülkeleri olduğu bilinmektedir (Şalk ve ark., 2008). Türkiye'ye ne zaman ve kimin tarafından getirildiği bilinmemekle birlikte 17. yy ülkemizde yetiştirildiği tahmin edilmektedir. Türkiye'de tarımı yapılan fasulyeler *Phaseolus vulgaris* türüne dahildir.

Tuzluluk, dünya çapında tarımsal verimliliği etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Türkiye'de toplam üretim alanın % 1.7'si yani 1.5 milyon hektar alanda tuzluluk problemi bulunmaktadır (Kaplan ve Kara, 2014; Çakmakçı ve ark., 2016). Kurak ve yarı kurak alanlarda, yetersiz ya da aşırı sulama ve denize yakınlık toprağın üzerinde aşırı miktarda tuz birikmesine sebep olmaktadır. Ayrıca, düşük yağış, yüksek buharlaşma oranı ve kötü su yönetimi bu alanlarda tuzlulukla ilgili sorunlara neden olabilir. Tuzluluk, bitkilerin suyu kullanma kabiliyetini azaltır ve büyüme hızının yanı sıra bitki metabolik süreçlerinde değişikliklere neden olur (Munns, 1993 ve 2002). Tuzlu koşullarda büyüyen bitkiler temel olarak üç şekilde strese maruz kalırlar; (1) kök bölgesinde su eksikliğine neden olan su potansiyelinin azalması, (2) Na⁺ ve Cl⁻ gibi iyonların fitotoksitesi ve (3) sürgün taşınımının da stres nedeniyle besin dengesizliği (Munns ve Termaat, 1986; Lauchli, 1986; Marschner, 1995; Doğru ve Çanavar, 2020). Bunların yanı sıra hormonal dengesizlikler, stoma açılımının azalması, transpirasyon kaybı, CO₂ alımının azalması, kloroz, büyüme ve gelişmenin azalmasına neden olmaktadır (Edreva, 1998; McKersie ve Leshem, 1994). Fasulye genel olarak tuzluluğa duyarlı bir kültür bitkisidir ve 2 dSm'nin altındaki toprak tuzluluk seviyelerinde verim kayıplarına uğraması nedeniyle verimin düşük olması beklenir (Läuchli, 1984). Bu şartlarda üretim yapabilmenin en önemli pratik ve ucuz yolu tuz stesine daha az duyarlı genotiplerin belirlenmesi ve kullanılması olacaktır.

Kuraklık, toprakta su miktarının düşmesi ve buna bağlı olarak ürün miktarının azaldığı bir dönem olarak tanımlanır. Bitkiler üzerindeki kuraklık stresi, hücre büyümesini olumsuz etkileyerek hücrelerin küçük kalmasına sebep olur ve bu durumda hücre çeperi sentezinde değişik durumlara neden olmaktadır (Ünal, 2019). Protein ve klorofil olumsuz etkilenirken tohumların çimlenme kabiliyetlerinin ortadan kalktığı tespit edilmiştir. Kurak koşullarda bitkiler terleme ile su kaybını en aza indirmek için stomalarını kapatırlar ve bunun sonucunda fotosentez düzeyinde önemli düşüşler ortaya çıkar (Tindaş, 2015).

Fasulye yetiştiriciliğinde 2 ds/m'in altında dahi önemli verim kayıpları gözlemlendiği bildirilmiştir (Gama ve ark., 2007). Kuraklığın fasulye bitkisinde yaprak alanı, yaprak, gövde ve kök yaş ağırlığı ile

yaprak, gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine önemli derecede olumsuz etkisinin olduğu bilinmektedir (Caşka Kılıçaslan ve ark., 2020). Türkiye fasulyede genetik çeşitliliği yüksek olan ülkeler arasındadır. Bu genetik çeşitlilik arasında tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklı fasulye genotiplerini tespit etmek, kuraklık ve tuzluluktan dolayı oluşacak verim ve kalite kayıplarının azalmasına yönelik bilimsel çalışmalara katkı sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Iğdır Üniversitesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Kullanılan genotipler yerel çeşitlerdir. Çalışmada kullanılan fasulye genotiplerine ait bilgiler tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan fasulye genotiplerine ait bilgiler
Table 1. Identity information of bean genotypes used in the study

Genotip No	Temin Edildiği Yer	
1	PN001	Edirne-Uzunköprü
2	PN007	Edirne-Uzunköprü
3	PN010	Pazar-Rize
4	PN025	Ovacık-Tunceli
5	PN031	Senir köyü-Gündoğmuş-Antalya
6	PN035	Kızıllöz yaylası-Kumluca-Antalya
7	PN038	Akman 98
8	PN040	Düdenköy-Elmalı-Antalya
9	PN041	Çobanise-Elmalı-Antalya
10	PN042	Elmalı-Antalya
11	PN055	Simav-Kütahya
12	PN059	Gürcistan

Araştırmada kontrol olarak saf su ve 100 ve 200 mM NaCl iki farklı tuz konsantrasyonu ve %15 PEG 6000 konsantrasyonu kullanılmıştır. Her petride 5 adet tohum kullanılmıştır. Tohumlar %5’lik sodyum hidroksit çözeltisinde 5 dakika sterilize edilmiş ve ardından steril saf su ile durulanmıştır. 11 cm çapında petri içersine iki adet çimlendirme kağıdı yerleştirilmiştir. Her petri kabına 5 ml ilgili çözeltisi eklenmiştir. Tohumlar yerleştirildikten sonra petri streç film ile sarılarak $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, karanlık ve sabit nem içeren iklimlendirme kabineye yerleştirilmiştir.

Çimlenen tohumları tespit etmek ve ölçümlerini yapmak için altı gün sonra çimlenme oranı (%), radikula ağırlığı (g), plumula ağırlığı (g), radikula uzunluğu (cm) belirlenmiştir. Petri kabından alınarak radikula, plumula ağırlıkları tartılmış ve radikula uzunlukları ölçülmüştür. Ölçümlerde 5 mm’nin üstündeki değerle dikkate alınarak belirlenmiştir. Çimlenme yüzdesi ise herhangi bir petri kabındaki çimlenen tohum sayısının toplam tohum sayısına bölünmesi ile elde edilmiş bu da 100 ile çarpılarak hesaplanmıştır (Cokkizgin, 2010; Tanveer ve ark., 2010).

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen verilerin varyans analizi XLSTAT istatistik paket programında yapılmıştır. Ortalamalar post-hoc karşılaştırma testlerinden Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Çimlenme Oranı

Çimlenme oranları % 20 ile % 100 arasında bulunmuş olup en yüksek değer kontrol grubunda ve 100 mM tuz uygulamasında olduğu, en düşük değer ise % 15 PEG 6000 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Tuz uygulamalarının çimlenme oranı üzerine istatistiki olarak önemli etkisinin olduğu ve uygulanan tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranının düştüğü belirlenmiştir. Araştırmacılar, çimlenme döneminin bir bitki için önemli olduğunu ve bu dönemde bitkinin maruz kaldığı stres ve stres şartlarına verdiği tepkilerin türlere ve uygulama dozlarına göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Ünlükara ve ark., 2008; Özkorkmaz ve Yılmaz, 2017). Wignarajah (1990) tuz konsantrasyonunun artması osmatik basıncın azalmasına neden olduğunu ve osmatik basıncın azalmasının ise fasulye tohumlarına su girişini engellediğini belirtmiştir. Bazı fasulye genotiplerinde yapılan tuz konsantrasyonu çalışmasında, tuz stresinin çimlenme oranını, hızını ve indeksini azaltmasına karşılık çimlenme süresini arttırdığını kaydetmişlerdir (Kouam ve ark., 2017). Turhan ve Şeniz (2010) domates tohumlarına uyguladıkları tuz dozlarının çimlenme üzerine olumsuz etki yaptıklarını ve yine Turhan ve ark (2011) ıspanak tohumlarında yaptıkları tuz stresi çalışmasında çimlenmenin azaldığını gözlemlemişlerdir. Eroğlu 2007 yılında fasulye bitkisinde çimlenme oranını belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada fasulye tohumlarına 4 ayrı tuz dozu (0-50-100-150-200 mM) uygulamış ve incelenen bütün genotiplerde çimlenme oranının azaldığını ortaya koymuştur.

Çalışmada %15 PEG 6000 uygulamasına maruz bırakılan fasulye tohumları kontrol grubu ile kıyaslandığında kuraklık stresi artışıyla birlikte su alma oranı azaldığından dolayı çimlenme oranında düşüş gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar mısır ile çalışan Achakzai (2009) tarafından tespit edilirken farklı bitki tohumlarında çalışan başka araştırmacılar tarafından da kuraklık seviyelerinin tohumda çimlenme oranını düşürdüğü tespit edilmiştir (Toosi ve ark., 2014; Avcı ve ark., 2018).

Bu denemede çimlenme yüzdesi kuraklık ve tuzluluk düzeylerinden etkilenmiş ve stres düzeyinin artmasıyla çimlenme azalmıştır.

Tablo 2. Fasulye genotiplerine ait çimlenme oranları
Table 2. Germination percentage of bean genotypes

Genotipler	Çimlenme Oranı (%)			
	Kontrol	100mM NaCl	200mM NaCl	%15 PEG
PN001	80.0 abc	33.3 e	73.3 a-d	0.0 f
PN007	100.0 a	93.3 ab	100.0 a	60.0 cd
PN010	100.0 a	93.3 ab	100.0 a	100.0 a
PN025	93.3 ab	86.7 abc	73.3 a-d	33.3 e
PN031	100.0 a	80.0 abc	86.7 abc	66.7 bc
PN035	100.0 a	86.7 abc	100.0 a	86.7 abc
PN038	100.0 a	100.0 a	66.7 bc	26.7 e
PN040	100.0 a	80.0 abc	80.0 abc	86.7 abc
PN041	100.0 a	86.7 abc	100.0 a	60.0 cd
PN042	100.0 a	100.0 a	86.7 abc	93.3 ab
PN055	93.3 ab	100.0 a	100.0 a	100.0 a
PN059	100.0 a	73.3 a-d	40.0 de	0.0 f

Harflendirmeler, ortalama farklılıklarının P< 0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

3.2. Radikula Ağırlığı

Fasulye genotiplerine uygulanan kuraklık ve farklı dozlardaki tuz uygulamaları sonucu hem uygulamalar arasında hem de genotipler arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tuz uygulamaları (0, 100 ve 200 mM NaCl) ve %15 PEG 6000 uygulamaları altında çimlendirilen fasulye genotiplerinde kuraklık ve tuz uygulamalarının olumsuz etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmamızda radikula ağırlıklarının 0.007 g ile 0.605 g arasında değiştiği bulunmuş olup en düşük ağırlığa kuraklık uygulaması gerçekleştirilen genotiplerden PN038 sahip iken en yüksek ağırlığı ise kontrol grubundan PN055 genotipinin sahip olduğu belirlenmiştir. Tuz konsantrasyon miktarı yükseldikçe bitki su alım miktarını düşürmektedir bu da radikula yaş ağırlıklarının düşüşüne sebep olduğu ortaya konmuştur (Kızılgöçer ve ark., 2010; Oral ve ark., 2020). Tuz uygulaması altında çimlendirilen fasulyede (Kaya, 2011), kavunda (Kuşvuran, 2010), yem börülcesinde (Okçu, 2020) ve farklı diğer bitki türlerinde tuz uygulamasının radikula yaş ağırlığı üzerine olumsuz etkileri tespit edilmiştir.

Kibar ve ark. (2020) yılında yaptıkları çalışmada 4 farklı tuz dozunun (Kontrol, 50, 100, 200 mM NaCl) fasulyede çimlenme özelliklerine etkilerini gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda radikula ağırlıkları 0.08-0.32 g arasında bulunmuştur. Artan tuz uygulamaları ile azalan radikula ağırlıkları bizim çalışmamız ile uyum göstermektedir.

Radikula ağırlıkları bakımından genotiplerin kontrol uygulamasında 0.315-0.605 g arasında, PEG 6000 uygulamasında ise 0.007-0.276 g arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 3). Fasulyede radikula ağırlığının çevresel özelliklerden etkilenen bir özellik olduğu bildirilmiştir (Fidan ve Ekinicialp, 2017). Kurağa dayanıklılığın kök uzunluğu ve kök taze ağırlığı ile ilişkili olduğu, kurağa dayanıklı genotiplerin daha uzun köklere ve daha fazla kök taze ağırlığına sahip oldukları bildirilmiştir (Fidan ve Ekinicialp, 2017).

Tablo 3. Fasulye genotiplerinin taze radikula ağırlıkları

Table 3. Radicle fresh weights of bean genotypes

Genotipler	Radikula Ağırlığı (g)			
	Kontrol	100 mM NaCl	200 mM NaCl	%15 PEG 6000
PN001	0.315 f-i	0.037 tuv	0.110 p-t	0.000 v
PN007	0.394 bc	0.274 g-k	0.096 q-t	0.069 r-v
PN010	0.512 ab	0.254 h-l	0.132 n-r	0.129 n-r
PN025	0.545 a	0.321 e-h	0.205 k-n	0.230 jkl
PN031	0.500 ab	0.380 ef	0.130 n-r	0.036 tuv
PN035	0.497 ab	0.302 g-j	0.192 l-o	0.176 l-q
PN038	0.497 ab	0.240 i-l	0.040 s-v	0.009 uv
PN040	0.344 cde	0.289 g-j	0.073 r-v	0.132 n-r
PN041	0.500 ab	0.184 l-p	0.119 o-s	0.095 q-t
PN042	0.595 a	0.226 j-m	0.086 r-u	0.151 m-r
PN055	0.565 a	0.486 ab	0.140 n-r	0.130 n-r
PN059	0.593 a	0.235 jkl	0.046 s-v	0.000 v

Harflendirmeler, ortalama farklılıklarının $P < 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir

3.3. Plumula Ağırlığı

Plumula ağırlığı bakımından genotipler arasındaki farklılıklar ozmotik stres uygulamaları ve genotip x uygulama interaksyonu $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 4). Fasulye genotiplerinin kontrol uygulamasında 0.302-1.634 g arasında tuz uygulamalarında 0.061- 0.611 g ve PEG 6000 uygulamasında ise 0.03-0.125 g ağırlıkları arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmamızda en düşük plumula ağırlığına PEG uygulaması gerçekleştirilen PN007 genotipi sahip iken en yüksek plumula ağırlığına ise kontrol grubundan PN025 genotipi sahip olduğu tespit edilmiştir.

Okçu 2020 yılında yaptığı çalışmada yem bürölgesi tohumlarına farklı tuz seviyelerinin plumula gelişimine etkilerini incelemiştir. Çalışmadan elde ettiği sonuçlar 30 mM tuz uygulaması plumula uzunluğunu kayda değer anlamda artırmış ve bu seviyeden sonra giderek artan tuz uygulamalarının plumula uzunluğunu azalttığı belirlenmiştir. Radikula, plumula yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı seviyelerin sonuçları kontrol ile kıyaslandığında tüm parametrelerde ilk stresin 90 mM seviyesinde başladığı belirlenmiştir. Ortamda bulunan tuz seviyesine bağlı olarak incelenen parametrelerde artışlar ve azalışlar söz konusu olmuştur. Artan tuz seviyelerine bağlı olarak plumula ağırlıklarının azaldığına dair araştırmacı bulguları ile çalışma sonuçlarımız benzerdir. Çiftci ve ark. (2013) tarafından tuz konsantrasyonu arttıkça yaş sap ağırlıklarının etkilendiğini ve benzer sonuçları Ghoulam ve Fores (2001) ve Akbarimoghaddam ve ark. (2011)'nin çalışmalarında da görülmüştür. Tuz stresine maruz bırakılan pek çok bitkide, plumula yaş ağırlıklarında önemli azalmalar olduğu değişik araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Irshad ve ark., 2002).

Tablo 4. Fasulye genotiplerine ait plumula ağırlıkları

Table 4. Plumule weights of bean genotypes

Genotipler	Plumula Ağırlığı (g)			
	Kontrol	100 mM NaCl	200 mM NaCl	% 15 PEG 6000
PN001	0.469 hij	0.139 r-w	0.178 q-u	0.000 y
PN007	0.407 jkl	0.269 n-q	0.232 o-r	0.090 u-y
PN010	1.336 b	0.434 g-l	0.267 n-q	0.099 t-x
PN025	1.525 a	0.477 hij	0.312 mno	0.208 p-s
PN031	0.655 f	0.258 n-q	0.137 r-w	0.057 v-y
PN035	1.359 b	0.529 ghi	0.149 r-v	0.095 t-y
PN038	1.185 c	0.591 fg	0.114 s-w	0.016 xy
PN040	0.746 e	0.446 ijk	0.229 o-r	0.049 wxy
PN041	0.747 e	0.351 lmn	0.270 n-q	0.055 v-y
PN042	1.120 cd	0.366 klm	0.161 r-u	0.109 t-x
PN055	1.056 d	0.551 gh	0.272 n-q	0.106 t-x
PN059	0.302 m-p	0.192 qrst	0.041 wxy	0.000 y

Harflendirmeler, ortalama farklılıklarının $P < 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir

3.4. Radikula Uzunluğu

Tablo 5'de incelendiğinde fasulye tohumlarına uygulanan farklı tuz dozları ve kuraklık uygulamasının radikula uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.01$) bulunmuştur.

Çalışmada en uzun kök uzunluğu 10.00 cm ile kontrol grubundan PN038 genotipi en düşük kök uzunluğu ise 0.663 cm ile 200 mM tuz dozu uygulamasında PN007 genotipinde tespit edilmiştir.

Özdemir Dirik ve ark. 2018, tuzluluk seviyelerini değerlendirmek için kullanılan en önemli iki parametrenin radikula ve plumula uzunlukları olduğunu ve köklerin topraktan suyu alarak diğer bölgelerde kullanmak üzere tedarik ettiğini belirtmiştir. Bundan dolayı kök ve sürgün uzunluklarının tuzluluk ve kuraklık streslerine karşı davranışlarını ortaya koymada önemli bilgiler verebilmektedir. Farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda artan tuz seviyesinin hücre bölünme ve büyümesini negatif olarak etkilediği için kök uzunluğunun düşmesine sebep olduğu belirtilmiştir (Kaya ve Daşgan 2013; Özdemir Dirik ve ark. 2018). Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre genotiplerin kök uzunlukları %15 PEG 6000 ve 200mM tuz uygulamalarında önemli bir düşüş göstermiştir. Benzer bir araştırmada buğday genotiplerine uygulanan PEG 6000 (-5.0 bar) sonucunda kontrol uygulamasına göre kök uzunluklarında artış tespit etmişlerdir (Özdemir Dirik ve ark., 2018). Bu çalışmadan elde edilen bulgular ile çalışmamız sonucu elde ettiğimiz bulgular benzerlik göstermemiştir.

Tablo 5. Fasulye genotiplerine ait plumula uzunlukları

Table 5. Plumule lengths of bean genotypes

Genotipler	Radikula Uzunluğu (cm)			
	Kontrol	100 mM NaCl	200 mM NaCl	% 15 PEG 6000
PN001	5.375 f	1.000 t	0.944 t	0.000 u
PN007	6.233 e	2.107 lmn	0.933 t	2.167 lm
PN010	9.267 bc	3.091 ij	1.367 p-t	5.133 fg
PN025	9.107 c	1.154 rst	1.333 qrst	2.100 i-n
PN031	8.400 d	2.625 k	1.550 o-s	1.643 n-r
PN035	1.165 qrst	3.308 i	1.667 n-q	5.042 fg
PN038	10.000 a	2.833 jk	1.250 qrst	1.667 n-q
PN040	4.733 g	1.923 mno	1.300 qrst	5.313 f
PN041	8.500 d	1.846 m-p	1.067 st	5.333 f
PN042	9.533 bc	1.444 l-t	1.115 st	4.214 h
PN055	9.714 ab	4.900 fg	1.385 p-t	5.115 fg
PN059	6.533 e	2.500 kl	0.000 u	0.000 u

Harflendirmeler, ortalama farklılıklarının P< 0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir

4. SONUÇ

Kuraklık ve tuzluluk bitkilerin karşılaşılabileceği oldukça önemli stres faktörleridir. Bu faktörler tohumun çimlenmesine engel olabilecek ya da tohum çimlenmesini geciktirebilecek önemli bir kısıttır. Çalışmada genotiplere uygulanan % 15 PEG 6000 ve tuz konsantrasyonlarının incelenen tüm özellikler açısından olumsuz etki ettiği tespit edilmiştir. Çimlenme gelişimi açısından 12 farklı fasulye genotipinin birbirinden farklı olduğu ve uygulamalara farklı tepkiler gösterdikleri tespit edilmiştir. Çimlenme yüzdeleri göz önünde bulundurularak incelenen genotipler arasında PN055 genotipi kuraklık ve tuzluluk stresine toleranslı PN001 genotipinin ise duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda tuzluluk ve kuraklığa toleranslı fasulye genotipleri belirlenmiş ve bunu belirlemek amacıyla kullanılan parametrelerin uygunluğu ispatlanmıştır.

5. TEŞEKKÜRLER

Makaleyi geliştirmek için yaptıkları katkılardan dolayı isimsiz hakemlere teşekkür ederiz.

6. YAZAR KATKILARI

Yazarlar bu çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

7. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Achakzai, A. K. K. (2009). Effect of water stress on imbibition, germination and seedling growth of maize cultivars. *Sarhad Journal of Agriculture*, 25(2), 165-172.
- Adak, M. (2014). Türkiye’de yemeklik baklagillerin önemi, üretimi ve izlenen politikalar. *Tarım ve Mühendislik*, 103, 24-30.
- Qados, A. M. A. (2011). Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10(1), 7-15.
- Avcı, S., Şahan, S., & Kaya, M. D. (2018, April). Determination of salt-stress response in forage pea cultivars during germination and early seedling growth. In *2nd International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOT)*. Çeşme/İzmir, Turkey (pp. 88-94).
- Bayuelo-Jiménez, J. S., Debouck, D. G., & Lynch, J. P. (2002). Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. *Crop Science*, 42(6), 2184-2192.
- Kılıçaslan, S., Yıldırım, E., Ekinci, M., & Kul, R. (2020). Kuraklık stresinin fasulyede bitki gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi. *Erciyes University Journal of Institute Of Science and Technology*, 36(2).
- Cokkizgin, A., & Cokkizgin, H. (2010). Effects of lead (PbCl₂) stress on germination of lentil (*Lens culinaris* Medic.) lines. *African Journal of Biotechnology*, 9(50), 8608-8612.
- Çakmakçı, T., Şahin, Ü., Kuşlu, Y., Kızıloğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş., & Okuroğlu, M. (2016). Van ili tarım alanlarında temiz ve atık su kaynaklarının yönetimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 662-667.
- Çifci, E. A., Kurt, P. Ö., & Yağdı, K. (2013). Farklı tuz konsantrasyonlarının tritikale çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 1-12.
- Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 11-34.
- Doğru, A., & Canavar, S. (2020). Bitkilerde tuz toleransının fizyolojik ve biyokimyasal bileşenleri. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 8(1), 155-174.
- Edreva, A., Yordanov, I., Kardjieva, R., & Gesheva, E. (1998). Heat shock responses of bean plants: involvement of free radicals, antioxidants and free radical/active oxygen scavenging systems. *Biologia plantarum*, 41(2), 185-191.
- Eren, B., & Keskin, B. (2021). Iğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Doğal Yonca (*Medicago Sativa* L.) Genotiplerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 19-26.
- Eroğlu, İ. (2007). *Tuz stresinin bazı fasulye (Phaseolus vulgaris L.) kültür çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkileri* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Fidan, E., & Ekincialp, A. (2017). Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Farklı Seviyelerdeki Tuz Stresine Gösterdikleri Tepkilerin İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Journal of Agricultural Sciences (YYU J Agr Sci)*, 27(4).
- Gama, J., & Gaber, M. M. (Eds.). (2007). *Learning from data streams: processing techniques in sensor networks*. Springer Science & Business Media.

- Ghoulam, C., & Fares, K. (2001). Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed science and technology*, 29(2), 357-364.
- Irshad, M., Yamamoto, S., Eneji, A. E., Endo, T., & Honna, T. (2002). Urea and manure effect on growth and mineral contents of maize under saline conditions. *Journal of Plant nutrition*, 25(1), 189-200.
- Kaplan, M., & Kara, R. (2014). Silaj Sorgum'da Bazı Fizyolojik Özelliklerin Verim Uzerine Etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(3), 20-31.
- Kaya, E. (2011). Erken bitki gelişme aşamasında kuraklık ve tuzluluk streslerine tolerans bakımından fasulye genotipinin taranması. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, 212.
- Kızılgöçü, F., Yıldırım, M., & Akıncı, C. (2010). Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin tuzluluğa tepkilerinin belirlenmesi 1. *Diyarbakır*, 1, 24-26.
- Kibar, B., Şahin, B., & Kıemde, O. (2020). Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Tuz ve Putresin Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4), 2315-2327.
- Kouam, E. B., Ndo, S. M., Mandou, M. S., Chotangui, A. H., & Tankou, C. M. (2017). Genotypic variation in tolerance to salinity of common beans cultivated in Western Cameroon as assessed at germination and during early seedling growth. *Open Agriculture*, 2(1), 600-610.
- Kuşvuran, Ş. (2010). Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana*.
- Läuchli, A. (1984, December). Responses and adaptations of crops to salinity. In *Symposium on Tomato Production on Arid Land 190* (pp. 243-246).
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd (eds) Academic Press. *New York*, 15-22.
- Mekersie, B. D., & Ya'acov, Y. L. (1994). Oxidative stress. Stress and stress coping in cultivated plants.
- Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.
- Munns, R., & Termaat, A. (1986). Whole-plant responses to salinity. *Functional Plant Biology*, 13(1), 143-160.
- Melih, O. K. C. U. Yemlik Börülce (*Vigna unguiculata* L. Walp)'de Tuzluluk Stresinin Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(1), 669-676.
- Oral, E., Altuner, F., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2019). The impact of salt (NaCl) stress on germination characteristics of gibberellic acid pretreated wheat (*Triticum Durum* Desf.) seeds. *Applied Ecology And Environmental Research*, 17(5), 12057-12071.
- Dirik, K. Ö., Saygılı, İ., Özkurt, M., & Sakin, M. A. (2018). Bazı Yerel Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Ozmotik Stres Altında Erken Gelişme Dönemindeki Kuraklık Toleransının Belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(2), 95-101.
- Özkorkmaz, F., & YILMAZ, N. (2017). Farklı tuz konsantrasyonlarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve börülcede (*Vigna unguiculata* L.) çimlenme üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 196-200.
- Moghaddam, P. R., Feizi, H., & Mondani, F. (2011). Evaluation of tomato production systems in terms of energy use efficiency and economical analysis in Iran. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(4), 58-65.
- Şakiroğlu, M., İlhan, D., Kaya, M. M., Demirözoğlu, O., Uluçay, O., & Eren, B. (2011). Moleküler Veriler Işığında *Medicago sativa* L. Tür Kompleksinin Mevcut Durumu. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 32-42.
- Salk, A., Arin, L., Deveci, M., & Polat, S. (2008). Bean Growing., Special Vegetable'da. Namık Kemal Üniversitesi, Agric. Fac., Depart. *Horticulture*, 164.
- Tanveer, A., Rehman, A., JAVAID, M., Abbas, R. N., Sibtain, M., Ahmad, A. U. H., ... & Aziz, A. (2010). Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(1), 75-81.
- Tındaş, İ. (2015). *Patatesin kuraklık toleransının düzenlenmesinde rol alan MiRNA'ların belirlenmesi* (Master's thesis, Niğde Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Toosi, A. F., Bakar, B. B., & Azizi, M. (2014). Effect of drought stress by using PEG 6000 on germination and early seedling growth of *Brassica juncea* Var. Ensabi. *Sci P Ser A Agron*, 360-363.
- Turhan, A., & Şeniz, V. (2010). Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Domates Genotiplerinin Çimlenmesi Üzerine Etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 11-22.
- Turhan, A., Kuşçu, H., & Şeniz, V. (2011). Effects of different salt concentrations (NaCl) on germination of some spinach cultivars. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 65-77.
- Ünal, Z. (2019). Bazı abiyotik streslerin prolinle desteklenen turuğgil anacı çöğürleri üzerine morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal etkileri.
- Ünlükara, A., & Öztürk, Y. Ç. A. (2008). Farklı Yıkama Oranlarında Sulama Uygulamalarının Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris*) Gelişimine ve Besin Maddesi İçeriğine Etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2008(2), 51-60.
- Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O., & Altman, A. (2000, July). Biotechnology of plant osmotic stress tolerance physiological and molecular considerations. In *IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding 560* (pp. 285-292).
- Wignarajah, K. (1990). Growth response of *Phaseolus vulgaris* to varying salinity regimes. *Environmental and Experimental Botany*, 30(2), 141-147.
- Zengin, F. K. (2007). Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) pigment içeriği üzerine bazı ağır metallerin etkileri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(2), 6-12.

Farklı Yöntemlerle Kurutulan Muz Halkalarının Renk Analizi

Zehra YILDIZ* 

* Tarsus Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Mühendislik Temel Bilimleri
Bölümü, Mersin, Türkiye

Correspondence

Zehra YILDIZ, Tarsus
Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Mühendislik
Temel Bilimler Bölümü,
Mersin, Türkiye
E-mail: zyildiz@tarsus.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Anamur (Dwarf Cavendish) çeşidine ait muz halkaları güneşte, gölgede ve güneş enerjili raflı kurutucuda kurutulmuştur. Kurutma süresi boyunca renk parametrelerinin en iyi güneş enerjili raflı kurutucuda korunduğu belirlenmiştir. Güneş enerjili raflı kurutucuda kurutma öncesi uygulanan ön işlemin etkisini belirlemek için muz halkaları farklı daldırma çözeltilerinde belirlenen daldırma sürelerinde bekletilmiştir. Güneş enerjili kurutucuda kurutma üzerine daldırma süresi, daldırma çözeltisi türü, çözelti derişimi ve güneş enerjili kurutucuda kurutma süresinin renk parametreleri üzerine etkileri her defasında tek düzey etken deneysel tasarım yöntemi ile incelenmiştir. Renk parametreleri olarak kroma değeri, hue açısı, kahverengileşme indeksi ve toplam renk değışimi seçilmiştir. Daldırma ön işleminin güneş enerjili kurutucuda kurutulan muz halkalarının renk kaybını engelleyerek toplam renk değışimi, kroma değeri ve hue açısına olumlu katkısı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Muz, Daldırma, Kroma, Güneş enerjili kurutucu, Hue açısı

Color Analysis of Dried Banana Rings by Different Methods

Abstract

In this study, Anamur (Dwarf Cavendish) variety banana rings were dried in the sun, in the shade and a solar tray dryer. It was determined that the color parameters were best preserved in the solar dryer during the drying period. In order to determine the effect of the pretreatment applied before drying in the solar tray dryer, the banana rings were kept in different blanching solutions for the blanching time. Then, in order to determine the effects of pretreatment applied before drying, the banana rings were immersed in different blanching solutions and then dried in the solar tray dryer. The effects of blanching time, type of blanching solution, solution concentration and drying time in solar dryer on color parameters were investigated with a single-level factor experimental design method on drying in solar dryer. Chroma value, hue angle, browning index and total color change were chosen as color parameters. It has been determined that the blanching pretreatment has a positive contribution to the total color change, chroma value and hue angle by preventing the color loss of the banana rings dried in the solar dryer.

Key words: Banana, Blanching, Chroma, Hue angle, Solar dryer

1. GİRİŞ

Meyveler genel olarak, otsu ve yaprağı yenen bitkiler, baharatlar ve sebzeler iklim koşulları uygun olduğu durumda güneş altında kurutulmaktadır. Güneşte doğal kurutma ekonomik ve geleneksel bir kurutma yöntemi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Güneş altında kurutma yönteminde kurutma havasının ısıtılması ve hava sirkülasyonunun maliyeti yoktur. Güneş ışınımı suyu buharlaştıracak ısı sağlarken, rüzgar nemin sirkülasyonuna yardım ederek prosesi hızlandırır. Güneşte kurutmada dış atmosfer sıcaklığı 30°C ve üzerindeki sıcaklıklarda gıdanın sıcaklığı, genellikle dış atmosfer sıcaklığından 5-15°C aralığında daha fazla olmaktadır. Güneşte kurutma süresi, ürünün özelliği ve kurutma koşullarına bağlı olarak genellikle 3-4 gün veya daha uzun sürmektedir. Örneğin üzüm ve kayısı 3-4 hafta da kurumaktadır (Fikre, 2010). Ayrıca kurutulacak ürün açık havada güneş altında iklim koşullarına bağlı olarak kurutulduğunda, istenmeyen bazı maddelerle (kir, toz, haşare vb.) ürün kirlenebilirken, kurutma için çok fazla alan ve süre gerekmektedir (Özbek ve ark., 2021; Elik ve ark., 2022). Güneş altında kurutmada güneş ışını doğrudan ürüne etki ettiği için besin değerleri ve duyuşal özellikler olumsuz etkilenmektedir. Bu sebeple, güneş enerjisinden dolayı olarak yararlanılan, kapalı hacimde kurutma sağlanan güneş enerjili kurutucular kullanılmaktadır. Güneş toplaçlarına sahip kurutucularda hava sıcaklığı dış ortamdan daha yüksek olup, hava nemi daha azdır (Lingayat ve ark., 2017). Güneş enerjili kurutucular, güneş altında kurutmaya göre daha az kurutma alanına ihtiyaç duyar. Güneş enerjili kurutucularda kurutma işlemi çevreden izole edilmiş kapalı kabinde gerçekleştiğinden güneşin doğrudan kurutulacak ürüne teması engellenmiş olur. Böylece kurutulacak üründe meydana gelebilecek kayıplar (renk ve duyuşal özelliklerin değişimi, besin değerlerinde azalma) önlenir ve daha kısa sürede kurutma sağlanabilir (Seerangurayar ve ark., 2019).

Güneş enerjili kurutucularda kurutma işleminden önce uygulanacak ön kurutma teknikleri ile ürün özellikleri iyileştirilebilmektedir. Kimyasal ön işleme, ısı ön işleme ve ozmotik dehidrasyon gibi kurutma öncesi işlemler genellikle kuru gıdanın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini iyileştirmek için kurutma öncesi uygulanır (Silva ve ark., 2022). Kurutma ön işlemi, ürünün kurutucuya girmeden önce nem içeriğinin düşürülmesi ile kurutucu yükünü azaltması, daha düşük sıcaklıkta daha kısa sürede kurutma işleminin gerçekleşmesi, renk, tat, doku ve besin değerlerinin korunması veya artırılması, mikroorganizma aktivitelerinin engellenmesi ile raf ömrü uzun ürünler için gerçekleştirilen işlemlerdir (Gürel ve ark., 2016). Ön kurutma işlemleri; haşlama, kükürtleme, tuzlama, daldırma ve ozmotik dehidrasyondur (Özler ve ark., 2004; Taiwo ve Adeyemi, 2009; Romano ve ark., 2010; Yokuş, 2014).

Daldırma ve ozmotik dehidrasyon iki farklı ön kurutma işlemi olup, çözültide işleme yöntemi olarak düşünülebilir. Ozmotik dehidrasyon ve daldırma işlemleri, ürünün rengi ve dokusuna etki etmektedir. Daldırma işlemi, ozmotik dehidrasyondan önce uygulanabilmektedir (Moreno ve ark., 2000). Daldırma işlemi, daha çok sebzelere uygulanan son ürünün renk değişiminde istenmeyen sonuçlara sebep olan enzimleri inaktive ederek biyokimyasal değişimleri durduran bir ön işlemdir. Meyveler için daldırma işlemi uygulanırken ürün genellikle asidik çözültilere daldırılır. Meyvelerin kurutma ve depolama sürecinde özellikle renk değişimlerini önlemek amacıyla askorbik asit, sitrik asit, malik asit gibi asitler, tokoferoller, sistein gibi doğal antioksidanlar ve etil oleat gibi çözültüler kullanılmaktadır (Romano ve ark., 2010; Gürel ve ark., 2016). Daldırma işlemi, sıcak daldırma gibi yüksek sıcaklık kısa süre (HTST) ve soğuk daldırma gibi düşük sıcaklıkta yüksek süre (LTLT) de uygulanan bir ön kurutma tekniğidir. LTLT daldırma işlemi esnasında örnekte dayanıklılık artar ve büzülme azalır. 50-70°C sıcaklık aralıklarında yaklaşık bir saat kadar sürede gerçekleştirilir. HTST daldırma işlemi kaynama sıcaklığına yakın sıcaklıklarda birkaç dakika uygulanan bir daldırma işlemidir. Bu uygulama ile yüzeydeki mikrobiyolojik yük azalır (Fikre, 2010). Ozmotik dehidrasyon kurutma prosesinde, yüksek sıcaklık kurutma esnasında karşılaşılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler

daha azdır. Ozmotik dehidrasyon da öncelik besin değerlerini korumak olup, duyuşsal ve fonksiyonel özellikleri geliştirmek için kullanılır (Nowakunda ve ark., 2004; Silva Júnior ve ark., 2017). Ozmotik dehidrasyon yöntemi, nem oranının yaklaşık %50'si uzaklaştırıldığı için kurutma yönteminden ziyade yarı kurutma yöntemi ya da kurutma ön işlemleri olarak değerlendirilir (Koirala, 2012; Günaydın ve ark., 2022). Ozmotik olarak dehidre edilen örneklerin renk, doku ve aroma gibi duyuşsal özellikleri ve su alma yeteneği yüksek olduğu belirtilmiştir (Nowakunda ve ark., 2004; Silva Júnior ve ark., 2017). Ozmo-aktif madde olarak meyveler için çoğunlukla su da kolayca çözünebilen şekerler (dekstroz, sakkaroz, esmer şeker, mısır şurubu, laktoz, bal ve maltodekstrin) kullanılmaktadır (Kamiloğlu ve ark., 2021). Meyvelerin kurutulmasında şeker, bal, meyve suyu, limon suyu, askorbik ve sitrik asit gibi çözeltiler kullanılabilir (Abano ve Sam-Amoah, 2011).

Güneş enerjili kurutucuda kurutmadan önce uygulanan ön işlem sırasındaki su kaybına bağlı olarak kurutucunun su uzaklaştırma yükü azalmakta, örnekler kurutucuya daha yüksek kuru madde oranında girmektedir. Böylece ön işlem, kurutma süresini kısaltmakta ve kurutucu performansını arttırmaktadır (Nowakunda ve ark., 2004; Silva Júnior ve ark., 2017; Aktaş ve ark., 2019). Bu çalışmada, muz halkaları kururken renk değişimi üzerine farklı güneşte kurutma yöntemlerinin, ön işlemin ve ön işlem koşullarının etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Meyvenin rengi, ürün tazelik göstergesi açısından ürün seçiminde en önemli dış faktörlerden birisidir (Çetin, 2019; Polat ve ark., 2020). Kurutma sırasında meyvede, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları gerçekleşmesi ile ürünün rengi değişmektedir (Özbek ve ark., 2021). Bu sebeple çalışmada kurutma yöntemi, ön işlem, çözeltiler türü, çözeltiler derişimi ve daldırma süresi gibi değişkenlerin muz halkalarının görünüşü en çok belirleyen kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi gibi renk parametreleri üzerine etkileri kurutma süresi boyunca belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Ön işlemin güneş enerjili kurutucuda renk parametrelerine etkisini belirlemek için deneyler, her defasında tek düzey etken deneysel tasarım yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde her defasında diğer etken düzeyleri sabit tutulurken, yalnızca bir etkenin düzeyi belirli bir aralık boyunca değiştirilerek sistem yanıtı gözlenir. En iyi yanıtı sağlayan etken düzeyi, o etkenin optimum düzeyini araştırmak için yapılacak olan deneylerde sabit tutulur. Bu işlem sırayla bütün değişkenler için tekrarlanır (Yıldız, 2011). Bu çalışmada, güneş altında, gölgede ve güneş enerjili raflı kurutucu gibi farklı kurutma yöntemlerinin kurutma süresi boyunca renk parametrelerine etkisi belirlenmiştir. Şekil 1' de verilen özel olarak imal edilmiş çok raflı doğal taşınımlı güneş enerjili kurutucu kullanılmıştır. Kurutucuda yer alan toplaktan dolayı kurutucu kabinindeki sıcaklık dış atmosfer hava sıcaklığından daha yüksektir. Güneş ışını camdan geçip, kurutucunun ısı iletimini ve emilimini yoğunlaştıran siyah boya ile boyanmış delikli saçtan oluşan iç kaplaması tarafından emildiği için güneş enerjili kurutucudaki sıcaklık her zaman ortam sıcaklığından daha yüksek olur. Güneş ışınının absorbe edilmesi ile kaplama tarafından daha düşük frekanslarda kızılötesi dalgalar yayılır ancak camdan dışarıya geçmez ve kurutucunun içini daha sıcak olur (Silva ve ark., 2022)

Bu çalışmada, her defasında tek düzey etken deneysel tasarımına göre farklı güneş kurutma yöntemleri ve daldırma işlemleri uygulanarak kurutulan muz halkalarının renk analizi yapılmıştır. Deneysel tasarıma göre öncelikle muz halkaları güneş altında, gölgede ve güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda muz halkalarının renk değişiminin en az olduğu kurutma yönteminin güneş enerjili kurutucu olduğu için sonraki deneylerde kurutma yöntemi olarak güneş enerjili kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında renk değişimine ön işlemin etkisini belirlemek için ön işlem uygulanmış ve uygulanmamış muz halkaları güneş enerjili raflı kurutucuda kurutulmuştur. Ön işlem olarak soğuk daldırma yöntemi seçilmiştir. Muz

halkaları güneş enerjili raflı kurutucuda kururken ürün renginin korunmasına soğuk daldırma ön işleminin olumlu etkisi bulunmuştur. Daha sonra daldırma çözeltisi türü, çözelti derişimi ve daldırma süresi gibi faktörlerin güneş enerjili kurutucuda muz halkalarının kururken meydana gelen renk değişimine etkisi belirlenmiştir. Güneş enerjili kurutucuda muz halkalarının renk değişimine daldırma işleminin etkisini her defasında tek düzey etken yöntemi ile belirlemek için öncelikle sabit daldırma süresi ve sabit çözelti derişiminde, daldırma çözeltisi türünün değişimi incelenmiştir. Bu işlem diğer değişkenler olan çözelti derişimi ve daldırma süresi için de tekrarlanarak en uygun daldırma çözeltisi türü, en uygun çözelti derişimi ve en uygun daldırma süresi bulunmuştur.



Şekil 1. Çok Raflı Doğal Konvektif Güneş Enerjili Kurutucu
Figure 1. Multi-Shelf Natural Convective Solar Dryer

Deneylerde kurutma işlemi için muz halkaları güneş altında, gölgede ve çok raflı güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Kurutma süresi boyunca raflı güneş enerjili kurutucuda muz halkalarının renk parametreleri taze muz halkalarının (kontrol grubu) rengine daha yakın olduğu için kurutma yöntemi olarak raflı güneş enerjili kurutucuda deneylere devam edilmiştir.

2.1. Daldırma İşlemi

Daldırma çözeltisinin sıcaklığı 50°C olup, muz halkalarının dilim kalınlığı 4 mm'dir. Daldırma çözeltileri olarak isolab chemicals marka %99.7 saflıkta sitrik asitten ağırlıkça/hacimce (a/h) derişim biriminde hazırlanmış sitrik asit çözeltisi (%5, a/h), isolab chemicals marka sakarozdan hazırlanmış sakaroz asit çözeltisi (%5, a/h) ve kontrol çözeltisi (su) kullanılmıştır. Renk parametrelerinin en az değiştiği daldırma çözeltisi sitrik asit çözeltisi olup, çözelti derişiminin etkisini belirlemek için derişim %0-7.5 (a/h) arasında değiştirilmiştir. Daldırma süresi 0 dk, 30 dk ve 60 dk olarak seçilmiştir.

2.2. Renk Analizi

FRU marka WR18 kolorimetre renk analiz ölçüm cihazı ile L, a* ve b* renk parametreleri ölçülmüştür. Ölçülen L, a* ve b* değerleri ürün hakkında tek başına bir anlam ifade etmezken bu değerler kullanılarak renk değeri açısından önemli olan kroma, kahverengileşme indeksi, toplam renk değişimi ve hue açısı hesaplanmıştır. L parlaklık değeri olup, sıfır (0) değeri beyazlığı ifade ederken, 100 değeri siyahlığı ifade etmektedir. a* ve b* renk değerleri -60 ile +60 aralığında değer almaktadır. a* negatif değeri, yeşil rengi belirtirken, pozitif değeri kırmızı rengi belirtir. b* pozitif değeri sarı rengi belirtirken, negatif değeri ise mavi rengi belirtir (Polatçı ve Taşova, 2017; Polatçı ve ark., 2018).

Kroma değeri (K), eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (Altuntaş ve ark., 2020).

$$K = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (1)$$

Hue renk açısı (h), a^* ve b^* nin pozitif veya negatif olma durumuna göre eşitlik (2)'den eşitlik (5)'e kadar olan uygun denklem seçilerek hesaplanmıştır (Çetin ve ark., 2019).

$$H = \arctan(b/a), (a > 0 \text{ ve } b \geq 0) \quad (2)$$

$$H = 180 + \arctan(b/a), (a < 0 \text{ ve } b \geq 0) \quad (3)$$

$$H = 180 + \arctan(b/a), (a < 0 \text{ ve } b < 0) \quad (4)$$

$$H = 360 + \arctan(b/a), (a > 0 \text{ ve } b < 0) \quad (5)$$

Toplam renk değişim değeri (ΔE), eşitlik 6 ile hesaplanmıştır (Polatçı ve ark., 2018).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (6)$$

2.3. İstatiksel Analiz

Çalışma süresince, bütün kurutma deneyleri 3 defa tekrarlanmıştır. Muz halkalarının kurutulması işleminde uygulanan işlemlerin renk parametreleri üzerine etkileri %95 güven aralığında varyans analizinden (ANOVA) yararlanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu, istatistiksel açıdan önemli bulunan değerler Tukey testi ile $p < 0.05$ önem derecesine göre belirlenmiştir. Sonuçlar, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Muz dilimlerinin güneş altında açık havada (GK), gölgede kurutma (GÖK) ve güneş enerjili kurutucuda (GEK) kurutulması süreci boyunca renk parametrelerindeki (RP) değişimi, standart sapmaları (STD) ve tek yönlü karşılaştırma testi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı kurutma yöntemlerinde renk parametrelerinin değişimi
Table 1. Change of color parameters in different drying methods

RP	Kurutma Süresi (sa)±STD						
	Taze	1	2	3	4	5	
K	28.28±0.23 ^b	47.68±0.85 ^a	50.13±0.22 ^a	49.51±0.01 ^a	54.40±0.39 ^a	56.83±0.22 ^a	
GK	H	94.53±0.18 ^b	85.07±0.01 ^a	84.51±0.32 ^a	86.18±0.02 ^{ab}	85.04±0.03 ^a	84.85±0.05 ^a
	ΔE	0.00±0.00 ^b	20.66±0.13 ^a	24.30±0.05 ^a	27.77±0.10 ^a	32.13±0.35 ^a	31.63±0.22 ^a
K		29.00±0.36 ^b	33.39±0.89 ^b	37.62±0.29 ^{ab}	47.15±0.14 ^a	43.88±0.15 ^a	42.42±0.29 ^a
GÖK	H	90.39±0.13 ^a	87.45±0.02 ^b	88.02±0.02 ^{ab}	86.60±0.08 ^b	85.70±0.08 ^{bc}	84.18±0.13 ^c
	ΔE	0.00±0.00 ^a	7.48±0.06 ^b	11.63±0.13 ^b	19.24±0.05 ^b	19.32±0.02 ^b	20.52±0.36 ^b
K		28.89±0.25 ^a	29.06±0.92 ^a	39.31±0.44 ^a	39.25±0.19 ^a	38.34±0.91 ^a	35.94±0.44 ^a
GEK	H	88.69±0.15 ^a	86.45±0.01 ^{ab}	87.23±0.67 ^a	85.06±0.02 ^b	83.44±0.02 ^c	84.89±0.06 ^b
	ΔE	0.00±0.00 ^b	14.11±0.04 ^{ab}	20.91±0.17 ^a	24.91±0.11 ^a	23.95±0.05 ^a	30.58±0.34 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Hunter renk parametreleri L^* , a^* ve b^* renk kaybının belirlenmesinde öncelikle ürünlerdeki kalite kontrol için başvurulan değerlerdir (Maskan, 2001). Muz halkaları beyaz sarı arasında renk tonuna sahip olduğundan özellikle L^* ve b^* renk değerleri önemlidir. a^* değerindeki negatif yönde meydana gelen artış yeşilliğin arttığını göstermektedir. b^* değerinin azalması sarılıktan uzaklaşma anlamına gelir. L^* değerindeki azalış esmerleşme reaksiyonlarına ve daha mat görünüme işaret etmektedir (Sezer ve Demiröven, 2015; Turgut ve Topuz, 2020).

Oksitlenmenin en fazla görüldüğü meyve rengi olan beyaz rengin hakim olduğu ürünlerde diğer kurutma yöntemlerine göre kurutma süresi boyunca ürün daha uzun süre havayla temas ettiği kurutma yönteminde daha fazla okside olduğu görsel olarak gözlemlenmiştir. Bu oksitlenme diğer yöntemlere kıyasla ürünün daha fazla kahverengileşmesine sebep olur (Alibas ve ark., 2021). Kurutma sırasında meydana gelen kararma; enzimatik olmayan kahverengileşme, melonoidler, maillard reaksiyonu ve karamelizasyon gibi nedenlere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda L^* ve b^* değerlerinde azalma, a^* değerinde artış meydana gelir. Kurutma sonrası kırmızılaşma ile kroma ve hue açısının azalması muzların daha nötral (daha az doyumluk/pigmentasyon) olmasına neden olmuştur. Muz halkaları kururken pigmentasyon nedeniyle rengi sarımsı beyazdan grimsi kırmızı renge doğru değişir (Silva ve ark., 2022). K, H ve ΔE gibi renk parametreleri kurutulmamış ürüne göre L^* , a^* ve b^* değerlerinin değişmesiyle farklılaşmaktadır.

Kurutulmuş ürünlerin son kalite değerleri hakkında kroma değeri önemli bir fikir vermektedir (Polatçı ve Taşova, 2020). Kroma değeri, rengin saflığını veya doyumluğunu göstermektedir. Soluk renklerde kroma değerleri düşerken canlı renklerde ise kroma değeri yükselmektedir (Mutlu ve Ergüneş, 2008). Çizelge 1'e göre, kroma değerleri kurutma süresi ile değişmiştir. Bunun nedeni a^* ve b^* değerlerindeki değişimdir. Kroma değerindeki en fazla değişim güneşte kurutma da en az değişim güneş enerjili kurutucuda olmuştur. Güneşte kurutmada kroma değeri kurutma süresi ile artmıştır. Gölgede kurutma da kroma değerinde ilk üç saatte kadar artmış son iki saatte de önemli bir değişim görülmemiştir. Güneşte kurutmada kroma değeri bir saat sonra 28.28'den 47.68'e yükselmiştir. Gölgede kurutmada kroma değeri 29.00'den 47.15 değerine üç saat sonunda yükselmiştir. Gölgede kurutmada güneşte kurutmaya göre kroma değerinin daha fazla korunduğu görülmektedir.

Hue açısı, renk tonunu ifade etmektedir. a^* ve b^* değerlerinin 360° lik bir renk dairesi içerisinde 0° açı değeri, kırmızı-mor, 90° açı değeri sarı rengi, 180° açı değeri mavimsi-yeşil, 270° açı değeri ise mavi rengi göstermektedir (Altuntas ve ark., 2020). Hue açısındaki düşüş, a^* ve b^* değerlerindeki düşüş ile beraber kahverengileşmeyi göstermektedir (Turgut ve Topuz, 2020). Hue açısındaki düşüş ürün renginde meydana gelen kararmalar sonucu rengin sarıdan uzaklaşmayı göstermektedir (Darvishi ve ark., 2014; Turgut, 2022; Uysal ve Özkal, 2022). Hue açısı 90 değeri sarılığın ifade etmektedir. Hue değerinin 0 ile 90 arasında olması kırmızı rengi belirtirken 90 ile 180 arasında olması yeşil rengi belirtmektedir (Şelem ve ark., 2021). Güneşte kurutmada, gölgede kurutmada ve güneş enerjili kurutucu da hue açısı kurutma süresi boyunca değişmiş ancak ilk saatte hue açısı tazeye göre azaltırken ilerleyen süre boyunca görülen azalma daha az olmuştur. Güneş enerjili kurutucuda diğer kurutma yöntemlerine ve taze örneğe göre hue açısındaki değişim daha az olmuştur. Bu sonuç, güneş enerjili kurutucuda sarılık değerinin daha iyi muhafaza edildiğini göstermektedir.

ΔE değeri, kurutma süresince ürün renginin referans alınan noktadan uzaklaşmasını gösterir (Zorlugenç ve Fenerlioğlu, 2012). ΔE değeri, taze ürünün renk değerlerine göre kurutma şartlarının etki ettiği toplam renk farklılık değerini belirlemek için kullanılmaktadır. Toplam renk değişimi kurutma süresi boyunca artarken en az renk değişim gölgede kurutma yönteminde en fazla renk değişimi ise güneşte kurutma yönteminde gerçekleşmiştir.

Üç farklı kurutma yöntemi ile kurutulan muz halkalarının kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından üç farklı kurutma yöntemi arasında kurutma süresi boyunca anlamlı bir fark olduğu söylenebilir.

Çizelge 2. Farklı kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi

Table 2. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of samples dried with different drying methods

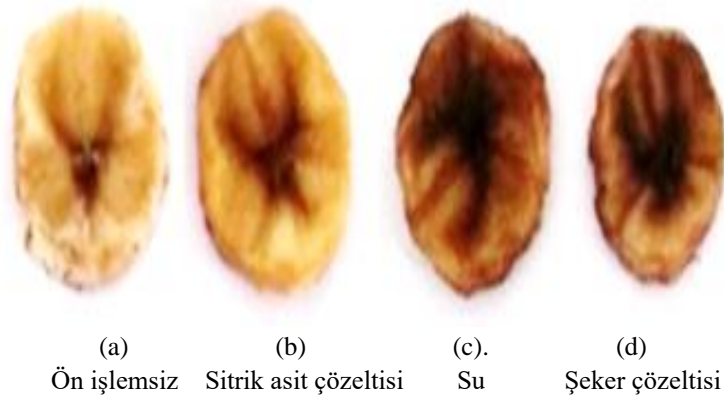
	Varyans Kaynağı	SS	Df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
K	Gruplar Arasında	677.1599	5	135.432	2.315732	0.108352	3.105875
	Gruplar İçinde	701.8013	12	58.48344			
	Toplam	1378.961	17				
H	Gruplar Arasında	87.03131	5	17.40626	6.528908	0.003736	3.105875
	Gruplar İçinde	31.99235	12	2.666029			
	Toplam	119.0237	17				
ΔE	Gruplar Arasında	1554.221	5	310.8442	10.08116	0.000566	3.105875
	Gruplar İçinde	370.0101	12	30.83418			
	Toplam	1924.231	17				

$p < 0.05$

Farklı güneş kurutma yöntemlerinde kurutulan muz halkaları renk açısından incelendiğinde, kuruma süresinin uzaması ile kroma değerinin ve toplam renk değişiminin arttığı görülmüştür. Muz için hue açısındaki azalma, pigmentasyon göstergesi olup ürünün kırmızımsı tona sahip olduğunu belirtir (Silva ve ark., 2022). Kurutma süresi boyunca muz halkalarının hue açısı ve kroma değerlerindeki en az değişimin olduğu kurutma yöntemi güneş enerjili kurutucu olduğu için bundan sonraki deneylerde kurutma yöntemi olarak güneş enerjili kurutucu seçilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan güneş enerjili kurutucu ile yapılan bir çalışmada, güneş enerjili raflı kurutucuda, ortalama hava sıcaklığı güneşli havaya göre 5.74 °C ve gölgedeki havaya göre 14.3 °C daha fazla olduğu diğer taraftan havanın neminde ise dışarıdaki güneşli havaya göre %8.35 ve gölgedekine göre %28.82 daha az olduğu ortaya konmuştur. Güneş enerjili kurutucu da kurutma işlemi gölge ve güneş altında kurutmaya göre daha kısa sürede gerçekleşirken, hijyenik kalitesi daha üstün ve daha gevrek kuru ürünler elde edildiği belirlenmiştir (Yıldız ve Gökayaz, 2020).

Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresince ön işlemin etkisini belirlemek için muz halkaları farklı çözeltilere daldırılmıştır. LTLT daldırma işlemi 50°C’den 70°C’ye kadar sıcaklıklarda ve bir saat kadar sürede gerçekleştirildiği için sıcaklık 50°C ve daldırma süresi 30 dk olarak belirlenmiştir (Fikre, 2010). Daldırma çözeltileri su, %5 sitrik asit çözeltisi ve %5 şeker çözeltisi seçilmiştir. Bu daldırma çözeltilerinden birine muz halkaları 50°C ve 30 dk daldırıldıktan sonra güneş enerjili kurutucu da kurutulmuştur. Ön işlem uygulanmamış muz dilimleri de güneş enerjili kurutucu da kurutulmuştur. Daldırma işlemi uygulanmayan ve uygulanan muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi sonundaki renk değişimi Şekil 2’de görülmektedir. Sitrik asit çözeltisinin renk değişimine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Sitrik asitte daldırılmış muz halkalarında b^* renk değeri daha yüksek olup, sarı renk tonu daha fazladır. Sitrik asit çözeltisi istenmeyen enzimleri inaktive ederek fenolik bileşen kaybını düşürür ve ürünün renginde önemli bir değişime neden olmayabilir (Martinez ve ark., 2013). Çizelge 3’de kurutulan muz halkalarının renk tonunu gösteren hue açısı değerleri dikkate alındığında, bu değerlerin taze muz halkalarınınkine yakın olduğu ancak ürün rengindeki doyumluğu belirten kroma değeri arttığı için ürün renk tonunda meydana gelen değişim maskelenmekte ve ürünlerdeki renk değişimi

göz ile doğru olarak ayırt edilememektedir (Şahin ve ark., 2012). Bu sebeple sadece Şekil 2 değerlendirilerek en iyi daldırma işleminin hangisinin olduğunu belirlemek doğru olmayacaktır. Şekil 2 ve Çizelge 3 dikkate alındığında kurutulmamış muzun beyaz-sarımsı renginin en iyi muhafaza edildiği daldırma çözeltisinin sitrik asit çözeltisi olduğu söylenebilir.



Şekil 2. Daldırma işlemi uygulanan ve uygulanmayan muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi sonundaki renk değişimi

Figure 2. Color change of dipped and non-dipped banana rings at the end of drying time in solar dryer

Ön işlemsiz (Ö), su (S), sitrik asit çözeltisi (SA) ve şeker çözeltisi (Ş) gibi farklı daldırma çözeltilerinde işlenen muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi ile renk parametrelerinin değişimi Çizelge 3’de verilmiştir. Ayrıca, Çizelge 3’de daldırma çözelti türünün renk parametrelerine etkisi tek yönlü karşılaştırma testine göre güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca farkları verilmiştir.

Çizelge 3. Daldırma çözelti türünün renk parametreleri üzerine etkisi

Table 3. Effect of blanching solution type on color parameters

RP		Kurutma Süresi (sa)±STD					
		0	1	2	3	4	5
Ö	K	28.89±0.51 ^a	29.06±0.85 ^a	39.31±0.37 ^a	39.25±0.67 ^a	38.34±0.66 ^a	35.94±0.41 ^a
	H	88.69±0.13 ^a	86.45±0.02 ^a	87.23±0.00 ^a	85.06±0.00 ^a	83.44±0.01 ^a	84.89±0.03 ^a
	ΔE	0.00±0.00 ^b	14.11±0.52 ^b	20.91±0.05 ^a	24.91±0.21 ^a	23.95±0.94 ^a	30.58±0.91 ^a
S	K	20.99±0.06 ^c	26.64±0.45 ^{bc}	28.18±0.73 ^b	44.34±0.66 ^a	37.25±0.25 ^{ab}	41.19±0.63 ^a
	H	83.48±0.02 ^a	75.48±0.00 ^a	70.91±0.05 ^a	63.59±0.00 ^{ab}	75.85±0.01 ^a	62.99±0.00 ^b
	ΔE	7.52±0.78 ^c	18.11±0.62 ^{bc}	20.61±0.35 ^b	21.32±0.92 ^b	26.81±0.92 ^{ab}	39.21±0.27 ^a
SA	K	36.49±0.61 ^b	48.07±0.95 ^a	47.04±0.44 ^{ab}	54.15±0.37 ^a	51.71±0.77 ^a	57.59±0.61 ^a
	H	87.17±0.09 ^a	86.78±0.01 ^a	85.61±0.08 ^a	85.76±0.06 ^a	83.67±0.01 ^a	80.15±0.03 ^a
	ΔE	4.95±0.26 ^b	7.06±0.83 ^b	13.29±0.68 ^{ab}	14.80±0.70 ^a	13.03±0.85 ^a	22.53±0.74 ^a
Ş	K	24.59±0.91 ^b	35.12±0.20 ^a	34.84±0.34 ^{ab}	44.36±0.29 ^a	41.42±0.70 ^a	40.22±0.06 ^a
	H	75.93±0.02 ^a	58.44±0.03 ^{ab}	53.22±0.03 ^b	64.23±0.06 ^a	65.79±0.06 ^a	71.95±0.01 ^a
	ΔE	13.34±0.08 ^b	22.18±0.53 ^b	24.89±0.51 ^b	24.69±0.34 ^b	42.39±0.82 ^a	43.75±0.01 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Kroma değerleri kurutma süresinin artması ile tazeye göre arttığı Çizelge 2’de görülmektedir. Benzer bir çalışma da muz dilimlerinin sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyonla kurutulması sırasında, kurutulan muz dilimlerinde kroma değeri ham muzdan daha yüksek bulunmuştur (Waliszewski ve ark., 1999). Başka bir çalışmada ayva dilimleri farklı ön işlemlerle kurutulmuş ve kurutma süresiyle kroma değerinin arttığı belirtilmiştir (İcier ve ark., 2013). Taze örneğe göre kroma değerindeki en fazla değişim suya daldırıp üç saat güneş enerjili kurutucu da kurutulan muz halkalarında görülmüştür. Kroma değerindeki en az değişim ise daldırma işlemi uygulanmayan muz halkalarında olmuştur.

Hue açısı ürünün rengini gösteren bir renk parametresi olup, kurutma boyunca değeri 53.22 ile 88.69 arasında değişmiştir. Hue açısının azalışı sarıdan kırmızı renge geçişi göstermektedir. Hue açısında taze ürüne ve kurutma süresine göre en az değişim sitrik asit çözeltisine daldırılan ve daldırma uygulanmayan muz halkalarında görülmüştür. Şekerli çözeltiye daldırma ozmotik dehidrasyon etkisi ile kurutma hızını artırırken kararma ile beraber renk parametreleri olumsuz etkilenmiştir. Şeker çözeltisine daldırılan muz halkalarında kararmayla beraber hue açısında tazeye göre ilk kurutma süresinde önemli düşüş gözlenmiştir. Şeker çözeltisine daldırılan muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda geçirdiği iki saatten sonra hue açısı artmıştır. Kurutma sırasında renk pigmentlerinin bozulması ve meydana gelen enzimatik olmayan reaksiyonlar ürünü karartmaktadır (Maskan, 2001; Silvia ve ark., 2022; Uysal ve Özkan, 2022). Kahverengileşme miktarında artışın sebebi, kırmızılığın artması, parlaklık ve sarılığın azalmasıdır (Baini ve Langrish, 2009). Parlaklığın artması öncelikle b* de önemli bir azalma ve a* da daha düşük bir azalmadan kaynaklanmaktadır. Hue açısı 90’nın üzerinde olan meyveler sarıdan yeşile doğru bir renk de olurken 90 altında olanlar turuncu-kırmızı renklere yakındır. İşlem sırasında çoğu dilim L* değerindeki azalış ile uçuk sarıdan koyu sarıya renk olarak parlaklığı azalmıştır (Waliszewski ve ark., 1999; Silvia ve ark., 2022; Turgut, 2022). Ön işlem uygulandıktan sonra kurutulan örneklerin parlaklık değerleri tazeye göre istatistiki açıdan daha yakın olarak bulunmuştur (Aksut ve ark., 2022).

Toplam renk değişimi en az sitrik asit çözeltisine ve en fazla şeker çözeltisine daldırılan muz halkalarında olmuştur. Kurutma sırasında renk parametrelerinin muhafaza edilmesi üzerine en fazla olumlu etki sitrik asit çözeltisine daldırılıp güneş enerjili kurutucu da kurutulan örneklerde olduğundan daldırılma işlemi için en uygun çözelti olarak sitrik asit çözeltisi seçilmiştir. Üründe oluşabilecek enzimatik değişimler ve renk esmerleşmelerini önlemek için uygulanan çeşitli ön işlemlerden biri sitrik asit uygulamasıdır (Heybeli ve Ertekin, 2007).

ΔE kurutma süresi boyunca artmıştır. Pigmentlerin ısıl bozunumu, askorbik asit oksidasyonu, enzimatik kahverengileşme ve enzimatik olmayan kahverengileşme gibi renk değişimine neden olan birçok farklı reaksiyon vardır (Deylami ve ark., 2016). Ön işlem uygulanmayan örneklerin ΔE değerleri ön işlem uygulanmış olanlara göre daha yüksektir (Şahin ve ark., 2012).

Güneş enerjili kurutucudan önce daldırma işlemi için kullanılan dört farklı çözelti ile kurutulan muz halkalarının kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 4’de gösterilmiştir. Daldırma çözelti türlerinin kroma ve toplam renk değişimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4. Daldırma çözelti türlerinin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye için ANOVA testi

Table 4. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of blanching solution types

	Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
K	Gruplar Arasında	886.5827	5	177.3165	2.859759	0.045179	2.772853
	Gruplar İçinde	1116.072	18	62.00401			
	Toplam	2002.655	23				
H	Gruplar Arasında	254.4628	5	50.89257	0.392651	0.847388	2.772853
	Gruplar İçinde	2333.031	18	129.6128			
	Toplam	2587.493	23				
ΔE	Gruplar Arasında	1775.789	5	355.1578	6.031599	0.0019	2.772853
	Gruplar İçinde	1059.892	18	58.88286			
	Toplam	2835.68	23				

$p < 0.05$

Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca renk parametreleri daha iyi korunduğu için deneylere daldırma çözeltisi olarak sitrik asit çözeltisi ile devam edilmiştir. Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kuruması boyunca renk parametrelerinin tazeye göre en az değiştiği sitrik asit çözeltisinin derişimini belirlemek için muz halkaları kurutulmadan önce farklı derişimlerde sitrik asit çözeltisine daldırılarak güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Çözelti derişiminin kurutma süreci boyunca renk parametrelerine etkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Ayrıca, Çizelge 5'te daldırma çözeltisi derişimine göre renk parametreleri ile tek yönlü karşılaştırma testine göre güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca farklar verilmiştir.

Çizelge 5. Daldırma çözeltisi (sitrik asit) derişiminin renk parametreleri üzerine etkisi

Table 5. Effect of blanching solution (citric acid) concentration on color parameters

RP	Kurutma Süresi (sa)±STD						
	0	1	2	3	4	5	
0	K	20.99±0.06 ^b	26.64±0.45 ^b	28.18±0.73 ^b	44.34±0.65 ^a	37.25±0.25 ^{ab}	41.19±0.63 ^a
	H	83.48±0.02 ^a	75.48±0.00 ^a	70.91±0.05 ^{ab}	63.59±0.00 ^b	75.85±0.01 ^a	62.99±0.00 ^b
	ΔE	7.53±0.78 ^c	18.11±0.62 ^{bc}	20.61±0.35 ^b	21.32±0.92 ^b	26.81±0.92 ^b	39.20±0.27 ^a
2.5	K	34.24±0.92 ^b	40.05±0.54 ^b	50.81±0.14 ^a	53.08±0.56 ^a	50.53±0.61 ^{ab}	54.69±0.30 ^a
	H	90.84±0.00 ^a	91.86±0.00 ^a	88.91±0.02 ^a	86.87±0.01 ^a	86.41±0.00 ^a	82.54±0.01 ^a
	ΔE	4.92±0.00 ^b	5.34±0.89 ^{ab}	6.76±0.34 ^a	7.91±0.76 ^a	8.64±0.17 ^a	16.43±0.11 ^a
5	K	36.49±0.61 ^b	48.07±0.95 ^a	47.03±0.44 ^a	54.14±0.37 ^a	51.71±0.97 ^a	57.59±0.61 ^a
	H	87.17±0.09 ^a	86.78±0.01 ^a	85.61±0.08 ^a	85.76±0.06 ^a	83.67±0.01 ^a	80.15±0.03 ^a
	ΔE	4.95±0.26 ^b	7.06±0.83 ^{ab}	13.29±0.67 ^a	14.80±0.70 ^a	13.03±0.85 ^a	22.53±0.74 ^a
7.5	K	30.18±0.34 ^b	32.82±0.40 ^b	43.71±0.41 ^{ab}	49.67±0.61 ^a	57.27±0.65 ^a	56.08±0.64 ^a
	H	86.77±0.00 ^a	87.96±0.00 ^a	86.50±0.00 ^a	86.34±0.01 ^a	87.16±0.00 ^a	79.07±0.00 ^a
	ΔE	4.32±0.00 ^b	4.15±0.08 ^b	6.46±0.54 ^b	13.41±0.27 ^a	12.08±0.79 ^{ab}	17.53±0.89 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Kroma değerlerindeki en az değişim %5 sitrik asit çözeltisine ve en fazla değişim %7.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında görülmüştür. Kurutma süresi boyunca hue açısındaki en az değişim %7.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında olduğu görülmüştür. Hue açısı en fazla %2.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında olmuştur. Hue açısı %5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında 80.153 ile 87.173 arasında değişmiştir. Diğer derişimlerde hue açısı 80'nin üzerindedir.

Toplam renk değişimi %7.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında üç saate kadar ve %2.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında 5. saate kadar önemli bir değişim görülmezken 5. saate yaklaşık iki katına çıkmıştır. En fazla toplam renk değişimi %5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında olmuştur. ΔE değeri, 4. saate kadar önemli bir değişim yok iken 5. saate önemli bir artış görülmüştür. Toplam renk değişim değeri, en az %2.5 sitrik asit çözeltisinde görülmüştür ayrıca hue açısı değerine bakıldığında diğer derişimlerde sarıdan kırmızıya geçiş varken %2.5 da sarıdan yeşile doğru bir renk kayması olmuştur. Kroma değeri ise tazeye göre en az artış %2.5 derişimde olmuştur. Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca en iyi muhafaza edildiği için deneylerde çözelti derişimi %2.5 olarak belirlenmiştir.

Muz dilimlerinin güneş enerjili kurutucuda kurutulmadan önce %2.5 sitrik asit çözeltisine daldırıldıktan sonra farklı daldırma sürelerinde işleme tabii tutulmuştur. Daldırma çözeltisi olarak kullanılan sitrik asit çözeltisinin dört farklı derişiminin muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 6'da gösterilmiştir. Kroma ve toplam renk değişimi üzerine daldırma çözeltisi derişiminin etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Yapılan bir çalışmada ozmotik çözeltinin derişiminin hue değeri üzerinde önemli olmadığı diğer taraftan kroma değişimi ve toplam renk değişimi açısından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Zorlugenç ve Fenercioğlu, 2012).

Çizelge 6. Daldırma çözeltisi derişiminin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi
Table 6. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of blanching solution concentration

	Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
	Gruplar Arasında	1488.29	5	297.6581	4.703268	0.006369	2.772853
K	Gruplar İçinde	1139.175	18	63.28749			
	Toplam	2627.465	23				
	Gruplar Arasında	295.8891	5	59.17782	0.9838	0.454489	2.772853
H	Gruplar İçinde	1082.741	18	60.15228			
	Toplam	1378.63	23				
	Gruplar Arasında	812.2275	5	162.4455	3.32821	0.026534	2.772853
ΔE	Gruplar İçinde	878.5561	18	48.80867			
	Toplam	1690.784	23				

$p < 0.05$

Soğuk daldırma işlemi, 50°C den 70°C ye kadar sıcaklıklarda ve bir saat kadar sürede gerçekleştirildiği için deneylerde daldırma süresi olarak 30 ve 60 dk belirlenmiştir (Fikre, 2010). Daldırma süresinin (t) güneş enerjili kurutucuda kurutulmuş muz dilimlerinin renklerine etkisi Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelge 7'de Tukey testi yapılmış, daldırma süresine göre renk analizinde ölçülen

değerler ile farklı daldırma sürelerinden sonra güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca farklar verilmiştir.

Çizelge 7. Farklı kurutma sürelerinde %2,5 sitrik asit daldırma çözeltisinin renk parametreleri üzerine etkisi
Table 7. Effect of 2.5% citric acid blanching solution on color parameters at different drying times

t (dk)	RP	Kurutma Süresi (sa)±STD					
		0	1	2	3	4	5
0	K	28.89±0.51 ^a	29.06±0.85 ^a	39.31±0.37 ^a	39.24±0.67 ^a	38.34±0.66 ^a	35.94±0.41 ^a
	H	88.68±0.13 ^a	86.44±0.02 ^a	87.22±0.00 ^a	85.06±0.00 ^a	83.44±0.01 ^a	84.89±0.03 ^a
	ΔE	0.00±0.00 ^c	14.11±0.52 ^b	20.90±0.05 ^b	24.91±0.21 ^{ab}	23.95±0.94 ^b	30.58±0.91 ^a
30	K	36.49±0.61 ^b	48.07±0.95 ^a	47.03±0.44 ^{ab}	54.14±0.37 ^a	51.71±0.97 ^a	57.59±0.61 ^a
	H	87.17±0.09 ^a	86.78±0.01 ^a	85.61±0.08 ^a	85.76±0.06 ^a	83.67±0.01 ^{ab}	80.15±0.03 ^b
	ΔE	4.95±0.26 ^b	7.05±0.83 ^b	13.29±0.67 ^{ab}	14.80±0.70 ^a	13.03±0.86 ^a	22.53±0.74 ^a
60	K	34.23±0.59 ^b	40.05±0.51 ^b	50.81±0.44 ^{ab}	53.08±0.34 ^a	50.53±0.17 ^a	54.69±0.71 ^a
	H	82.54±0.00 ^b	88.91±0.00 ^a	86.86±0.02 ^a	86.40±0.00 ^{ab}	91.85±0.17 ^a	90.83±0.01 ^a
	ΔE	4.92±0.09 ^b	5.36±0.49 ^{ab}	6.76±0.50 ^a	7.912±0.41 ^a	8.64±0.00 ^a	16.43±0.63 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

Çizelge 7’de göre kroma değerleri kurutma süresinin artması ile artmıştır. Ön işlemin renk parametrelerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Kroma değerindeki en az değişim 60 dk daldırma süresinde olmuştur. 60 dk daldırma süresinde kroma değeri güneşe enerjili kurutucuda kurutma süresinin 2. Saatine kadar artmış sonra önemli bir değişim görülmemiştir. 30 dk daldırma süresinde kroma değeri güneşe enerjili kurutucuda kurutma süresinin 1. Saatine kadar artmış sonra önemli bir değişim görülmemiştir.

Hue açısında en fazla değişim 60 dk daldırma süresinde olmuştur. Hue açısı değeri 60 dk daldırma süresinde 90’nın üzerine çıkmıştır. Bu durum, sarı renkten yeşille doğru değişim olduğunu göstermektedir.

Toplam renk değişimi en az 60 dk daldırma süresinde görülmüştür. Tüm daldırma sürelerinde güneş enerjili kurutma süresinin 5. Saatinde yaklaşık toplam renk değişiminde dikkate değer bir artış olduğu görülmüştür.

Daldırma süresinin muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir. Daldırma süresinin toplam renk değişimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 8. Daldırma süresinin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi
Table 8. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of blanching time

	Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
K	Gruplar Arasında	613.3982	5	122.6796	1.827174	0.181878	3.105875
	Gruplar İçinde	805.7007	12	67.14172			
	Toplam	1419.099	17				
H	Gruplar Arasında	12.99186	5	2.598372	0.236124	0.939029	3.105875
	Gruplar İçinde	132.0513	12	11.00428			
	Toplam	145.0432	17				
ΔE	Gruplar Arasında	684.2909	5	136.8582	3.094565	0.050528	3.105875
	Gruplar İçinde	530.7041	12	44.22534			
	Toplam	1214.995	17				

$p < 0.05$

Kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılık için yapılan ANOVA testine göre $p < 0.05$ olduğu için hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından üç farklı kurutma yöntemi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur. Kroma ve toplam renk değişimi üzerine daldırma çözeltisi türünün etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında sitrik asit çözeltisinin derişiminin kroma ve toplam renk değişimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Daldırma süresinin muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında sadece toplam renk değişiminde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark belirlenmiştir ($p < 0.05$).

4. SONUÇ

Kurutma yöntemlerine ve ön işlemlere bağlı olarak muz halkaları kururken istenmeyen renk değişimi görülmektedir. Kuruma sırasındaki renk değişimi sadece nem kaybına bağlı olmayıp, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme ile karamelizasyon gibi reaksiyonlar sonucu gerçekleşmektedir. Kuru ürün görüntüsünü en iyi ifade eden renk parametreleri hue açısı, kroma ve toplam renk değişimidir. Kurutulmuş muz halkalarının tazeye göre hue açısı ve kroma değerindeki değişim en az güneş enerjili kurutucuda gerçekleşmiştir. Güneş enerjili kurutucuda kurutma öncesi uygulanan daldırma işleminin muz halkalarının sarı rengini koruyarak renk parametrelerinden kroma değeri, toplam renk değişimi ve hue açısının korunmasına katkısı olmuştur. Kurutma süresinin artması renk parametrelerini olumsuz etkilemiştir. Şekerli çözeltiliye daldırma kurutma süresini kısaltırken muz halkalarının kararmasına sebep olmuş ve renk parametrelerini olumsuz etkilemiştir. Muz halkalarının kurutma süresi boyunca renk değişimini azaltmak için güneş enerjili kurutucuda kurutma öncesi muz halkaları sitrik asit çözeltisine daldırılabilir. Tazeye en yakın renk parametre değerleri, %2.5 sitrik asit çözelti derişimi ve 60 dk daldırma işlemi uygulanarak güneş enerjili kurutucuda kurutulan muz halkalarında görülmüştür.

5. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmada deneylere yardımcı olan Tarsus Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği öğrencisi Muhammed AKKARİ'ye teşekkür ederim.

6. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abano, E. E., & Sam-Amoah, L. K. (2011). Effects of different pre-treatments on drying characteristics of banana slices. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 63, 121-129.
- Aksut, B., Dursun, S. K. & Tasova, M. (2022). The effect of hot water soaking process on quality characteristics and drying kinetics parameters the example of purple carrot. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(1), 32-40.
- Aktaş, M., Şevik, S., Dolgun, E. C., & Demirci, B. (2019). Drying of grape pomace with a double pass solar collector. *Drying Technology*, 37(1), 105-117.
- Alibaş, İ., Yılmaz, A., Günaydın, S. & Arkain, B. (2021). Kurutma yöntemlerinin deveci armudunun kurutma kinetiği ve renk parametreleri üzerine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(5), 897-908.
- Altuntaş, E., Gül, E. N. & Gök H. (2020). Menengiç meyve ve tohumlarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1518-1528.
- Baini, R. & Langrish, T. A. G. (2009). Assessment of colour development in dried bananas—measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 177-182.
- Çetin, N. (2019). Kurutma koşullarının elma ve portakalda renk özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 463-470.
- Çetin, N., Sağlam, C. & Demir, B. (2019). Effects of different drying conditions on physical changes of apple *Malus communis* L.. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 71-77
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M.H. & Minaei, S. (2014). Drying kinetics and colour change of lemon slices. *Int. Agrophys.*, 28, 1-6
- Deylami, M. Z., Rahman, R. A., Tan, C. P., Bakar, J. & Olusegun, L. 2016. Effect of blanching on enzyme activity, color changes, anthocyanin stability and extractability of mangosteen pericarp: A kinetic study. *Journal of Food Engineering*, 178, 12-19.
- Elik, A., Özbek, H. N., Sever, M., Bulut, Ş. E., Işınay, B., Koçak Yanık, D., Dalgıç, A. C., Erdoğan, F. & Göğüş, F. (2022). Kombine güneş enerjisi destekli hava ve sıcak hava destekli radyo frekans kurutma sistemiyle kurutulmuş kayısıların nem içeriği, tekstürel ve duyu özellikleri üzerine depolamanın etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 27, 36-46
- Fikre, T. (2010). Nutritional, sensory and rehydration characteristics of solar-dried carrots as affected by blanching and osmosis, M.Sc. thesis, Haramaya University
- Günaydın, S., Sağlam, C. & Çetin, N. (2022). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan kurutma yöntemleri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 51, 30-45.
- Gürel, A. E., Ceylan, İ. & Aktaş, M. (2016). Meyve ve sebzelerin kurutma parametrelerinin incelenmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 44, 267-273.
- Heybeli, N. & Ertekin, C. (2007). Elma dilimlerinin ince tabaka halinde kuruma karakteristiği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(3), 179-187
- İçier, F. , Yıldız, H. , Eroğlu, S. , Sabancı, S. & Eroğlu, E. (2013). Ayva dilimlerinin ozmotik kurutulmasında elektriksel ve ultrasonik ön işlemlerin etkileri. *Akademik Gıda*, 11 (2), 60-69.
- Kamiloğlu, A., Kantar, N. K. & Elbir, T. (2021). Etlere ozmotik dehidrasyon uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 534-542.
- Koirala, U. (2012). Effect of osmotic pretreatments on drying characteristics of mushroom, effect of osmotic pretreatments on drying characteristics of mushroom. Ujwal koirala padhmashree international college institute of science and technology, Tribhuvan University, Nepal
- Lingayat, A., Chandramohan, V. P. & Raju, V. R. K. (2017). Design, development and performance of indirect type solar dryer for banana drying. *Energy Procedia*, 109, 409-416.
- Martinez, S., Perez, N., Carball, J. & Franco, I. (2013). Effect of blanching methods and frozen storage on some quality parameters of turnip greens. *LWT-Food Sci. and Tech.*, 51: 383-392.
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175.
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I. & Serra, J. A. (2000). Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*, 33(7), 609-616.
- Mutlu, A. & Ergüneş, G. (2008). Tokat'ta güneş enerjili raflı kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 61-68.
- Nowakunda, K., Andrés, A. & Fito, P. (2004). Osmotic dehydration of banana slices as a pretreatment for drying processes. In the international drying symposium, 14: 2077-2083.

- Özbek, H. N., Elik, A., Işınay, B., Sever, M., Bulut, Ş. E., Yanık, D.K., ... & Göğüş, F. (2021). Kombine kurutma sistemiyle kurutulan kayısıların renk parametreleri üzerine depolamanın etkisi. *Akademik Gıda*, 193, 257-266.
- Özler, S., Tarhan, S. & Ergüneş, G. (2004). Sebze kurutmada ön işlemin önemi ve uygulama teknikleri 1. *Cine Tarım*, 61, 40-42.
- Polat, A., Kurtulmuş, F. & İzli, N. (2020). Sürekli ve kesikli mikrodalga yöntemleriyle kurutulan elmanın renk değişim analizi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 341, 149-165.
- Polatci, H., Taşova, M., Saraçoğlu, O. & Taşkin, O. (2018). Şeftali *Prunus persica* L. Posasının farklı sıcaklıklarda kuruma parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 143, 149-156.
- Polatci, H. & Taşova, M. (2018). Mikrodalga fırın ile kurutulan yenidünya *Eriobotrya japonica* L. meyvesinin kuruma kinetiği ve kalitesinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 332, 124-130.
- Romano, G., Argyropoulos, D., Gottschalk, K., Cerruto, E. & Muller, J. (2010). Influence of colour changes and moisture content during banana drying on laser backscattering. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 32, 46-51.
- Seerangurayar, T., Al-Ismaili, A. M., Jeewantha, L. J. & Al-Habsi, N. A. (2019). Effect of solar drying methods on color kinetics and texture of dates. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 227-239.
- Sezer, D. B. & Demirdöven, A. (2015). Meyve sebze işlemede mikrodalga haşlama uygulamaları. *Gıda*, 403, 171-178.
- Silva Á.G., Cruz R. R. P., Moreira W.G., Pereira M.A.F., Silva A. S., Costa F. B., Nascimento A. M., Souza P. A., Timoteo A.L.S. & Ribeiro W. S. (2022). Solar drying of Prata bananas. *Food Science and Technology*, 42, e75021.
- Silva Júnior, A. F., Silva, W. P., Farias Aires, J. E., Aires, K. L. C. F. & Castro, D. S. (2017). Osmotic dehydration kinetics of banana slices considering variable diffusivities and shrinkage. *International Journal of Food Properties*, 206, 1313-1325.
- Şahin, H. F., Ülger, P., Aktaş, T. & Orak, H. H. (2012). Farklı ön işlemlerin ve vakum kurutma yönteminin domatesin kuruma karakteristikleri ve kalite kriterleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 15-25.
- Şelem, E., Nohutçu, L., Tunçtürk, R. & Tunçtürk, M. (2021). Vermikompostlu ortamda yetiştirilen *Calendula officinalis* L. bitkisinde tuz stresinin morfolojik ve anatomik gelişim parametreleri üzerindeki etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 114, 3222-3231.
- Taiwo, K. A. & Adeyemi, O. (2009). Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slices. *African Journal of Food Science*, 310, 307-315.
- Turgut, D. Y. & Topuz, A. (2020). Depolama süresinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 301, 44-56.
- Uysal, B. & Özkal, S. G. (2022). Limon kabuklarının sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12 (4), 2223-2236.
- Waliszewski, K. N., Cortes, H. D., Pardo, V. T. & Garcia, M. A. (1999). Color parameter changes in banana slices during osmotic dehydration. *Drying Technology*, 17:4-5, 955-960
- Yıldız, T. D. (2022). Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özellikleri. *Bahçe*, 51 (1), 11-19.
- Yıldız, Z. (2011). Endüstriyel sıvılardan elektromanyetik filtrasyon yöntemiyle demir uzaklaştırılması ve proses parametrelerinin optimizasyonu, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya
- Yıldız, Z. & Gökayaz, L. (2020) Çok rafli güneş enerjili kurutucu ile elma kurutma işlemi üzerine kurutma koşullarının etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9(1), 27-36.
- Yokuş, B. (2014). Farklı ön işlemlerin ve uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin elmada toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik.
- Zorlugenç, F.K. & Fenercioğlu, H. (2012). Ozmotik dehidrasyon ve sıcak hava ile kurutma işleminin Trabzon hurması meyvelerinin renk özellikleri üzerine etkileri, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 285, 149-159.

Synthesis, Characterization of Biogenic Copper Nanoparticles and Their Therapeutic Activity

Yilmaz KOCAK^{1*} Hamdullah SECKIN² 

¹ Yilmaz KOCAK, Department of Physical therapy and rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Van Yuzuncu Yil University, Van, Türkiye

² Hamdullah SECKIN, Van Yuzuncu Yil University Health Services Vocational School, 65080, Van, Türkiye

Correspondence

Yilmaz KOCAK, Department of Physical therapy and rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Van Yuzuncu Yil University, Van, Türkiye,
Email: yilmazkocak@yyu.edu.tr

Abstract

Green synthesis of copper nanoparticles (Cu NPs) is an economical, environmentally friendly and non-toxic approach that has been the subject of research in health and industry. Therefore, in this study, Cu NPs were synthesized using *Pimpinella anisum* (*P. anisum*) seed extract and their pharmacological activities were evaluated. Characterization of Cu NPs was performed by UV-vis, FT-IR and SEM-EDX analyses. Copper metal was reduced by reacting with the seed extract and reached the maximum peak at 385 nm in the UV-vis spectra, confirming the surface plasmon resonance. FT-IR spectroscopy showed the participation of phytochemical components in *P. anisum* in the synthesis. SEM analysis determined that the size of the biosynthesized nanoparticles is 10-20 nm in diameter and has a spherical structure. Strong signals of copper metal were confirmed by EDX analysis. The therapeutic effect of Cu NPs was evaluated by antioxidant and antibacterial assays. The DPPH radical scavenging activity IC₅₀ inhibition values of Cu NPs were better than the seed extract and exhibited strong antioxidant activity. Antibacterial activity was performed by the disk diffusion method and Cu NPs were more effective against gram-positive bacteria. It had the highest zone diameter (18.0±2.8 mm), especially on *Bacillus subtilis* bacteria. These results showed that Cu NPs may have a selective effect against drug-resistant bacteria as an alternative agent to pharmaceutical applications. This study showed that *P. anisum* seed extract-mediated bioconjugation of Cu NPs can be done simply, quickly and cost-effectively. As a result, Cu NPs should be supported by more detailed in vivo studies to create antioxidant and antibacterial agents.

Keywords: Antibacterial; Antioxidant; Copper nanoparticles; *Pimpinella anisum*; Green synthesis

1. INTRODUCTION

Antibiotics destroy pathogenic bacteria either by bacteriostatic or bactericidal mechanisms of action. These drugs are used in the treatment of infections in humans and animals. Unfortunately, the irrational use of antibiotics causes bacteria to develop resistance to these drugs. This situation prolongs the treatment period of microorganism-induced diseases and creates a heavy burden on the economies of countries. (Kocak et al., 2022). According to the report of the World Health Organization, they pointed out that antibiotic resistance is spreading and it is an important public health problem of this century (Morrison & Zembower, 2020).

Recently, various methods have been tried to develop new-generation therapeutic agents against antibiotic resistance. One of these methods is the synthesis of nanoparticles (NPs). NPs can be synthesized by physical, chemical and biological methods. However, since chemical and physical methods, high temperature, pressure and toxic chemicals are used, it contains risks in terms of environment, human and animal health. (Abbasi et al., 2016; Meydan and Seçkin, 2021; Kocak et al., 2023). In biological methods, the interest in the use of non-toxic, environmentally friendly and cost-effective materials such as plants and fungi has increased. (Alkhulaifi et al., 2020). The advantage of plant-mediated biosynthesis of NPs over other methods allows their use in various diseases such as cancer treatment and inhibition of infections (Bazancir and Meydan, 2022; Kocak et al., 2022). In

addition, NPs show that they can be used harmoniously in different areas with their large surface area, stability and durable properties (Thanh and Green, 2010).

Green synthesis of NPs is the reduction of alkaloids, tannins, balsams, phenolic and flavonoid metabolites in the content of plants with noble metal salts such as copper (Cu) (Cho et al., 2005). Cu metal has been the focus of attention due to its low cost, easy availability and similar therapeutic properties as silver and gold. Cu NPs have beneficial effects on living organisms and provide balance and stability in tissues (Ginting et al., 2020). There is also evidence that Cu has antibacterial potential (Mehdizadeh et al., 2020). Many plants such as *Diaplazium esculentum* (Sinha et al., 2022), *Cissus arnotiana* (Rajeshkumar et al., 2019), *Aloe barbadensis* Miller (Gunalan et al., 2012), *Diplotaenia turcica* (Seckin, 2021) and *Persea americana* (Rajeshkumar and Rinitha, 2018) have been used for the green synthesis of Cu NPs.

Pimpinella anisum L (Anise) is an essential oil-rich flowering plant belonging to the Apiaceae family. Anise is used in traditional folk medicine for the treatment of various diseases such as cancer, asthma, cholera and cough (Sihoglu Tepe and Tepe, 2015). In addition, its antibacterial, antioxidant, antiseptic, diuretic and anti-depressant effects have been proven. (Sihoglu Tepe and Tepe, 2015). To the best of our knowledge, no study has been found on the green synthesis of *Pimpinella anisum* (Pa) seed extract with Cu metal. In this study, the biosynthesis and characterization of *P. anisum*-mediated Cu NPs were designed to evaluate their antibacterial and antioxidant potential.

2. MATERIALS and METHODS

2.1. Preparation of seed extract

P. anisum seeds were obtained from a local market and indentified. *P. anisum* was rinsed by washing in tap water and then in distilled water to remove dust particles. The seeds were left to dry at room temperature. The dried seeds were ground into a powder with the help of an electric mill. The seed powder (10 g) was transferred to a beaker containing 250 mL of distilled water and heated at 60°C for 10 minutes with stirring. It was then allowed to cool at room temperature and filtered with filter paper (Whatman's). The filtered seed extract was centrifuged (5 min at 5000 rpm) and supernatants were taken and stored at +4 °C for biosynthesis study.

2.2. Synthesis of plant-mediated Cu nanoparticles

10 mL of anise seed extract was added by distillation to 100 mL of 1 mM copper sulfate solution in a 250 mL beaker. It was left to react for 24 hours at room temperature. The solution was placed in Eppendorf tubes and centrifuged at 10000 rpm for 10 minutes. The obtained Cu NPs were washed twice with distilled water. It was then dried in an oven at 50°C for 48 hours. (Keerthika et al., 2021).

2.3. Characterization of Cu NPs

The color change and wavelength of Cu NPs formation were measured by ultraviolet-Visible (UV-Vis) spectroscopy. The morphological structure, size and shape of the NPs were visualized by scanning electron microscopy (SEM). Elemental analysis was performed by energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) analyses. Anise molecules bound to NPs were identified by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) (Gopalakrishnan and Muniraj, 2021).

2.4. Antibacterial activity of Cu NPs

Antimicrobial activities of Cu NPs biosynthesized with *P. anisum* were determined using the disc diffusion method (Senthilkumar and Sivakumar, 2014). Pathogens were grown in broth and Mueller-Hinton agar medium was used for disc diffusion. *P. anisum* seed extract and Pa-Cu NPs were adsorbed

into blank discs. Rifampim was used as a reference control. The medium was then incubated at 37°C for 24 hours. The results were evaluated by measuring the zone diameters of its antibacterial activity.

2.5. Antioxidant activity of Cu NPs (DPPH method)

DPPH radical scavenging activity Pyo et al. (2004) was used by modifying the method proposed. This method is based on the spectrophotometric measurement of the reduction in color as a result of the destruction of the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical, which is a stable purple compound. Properly diluted 0.1 mL of extract was mixed with 3.9 mL of DPPH solution (0.025 g/L methanol) and kept at room temperature for 60 minutes. At the end of the time, the absorbance of the sample was measured at 515 nm, and the inhibition rate of the DPPH radical was calculated. Results are expressed as the IC₅₀ value (Pyo et al., 2004).

2.6. Statistical analysis

The results of the 3-replication analysis of this study were analyzed using the SPSS package (Ver. 22) program values were expressed as mean \pm standard deviation. Obtained data were evaluated with one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple test was used for significant differences ($p < 0.05$).

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Characterization

Green synthesis of Cu-NPs was performed using copper sulfate and extract from *P. anisum* seed. During the first 25 minutes of the reaction, the bluish color of the mixture turned green, indicating the formation of nanoparticles (Figure 1A). *P. anisum*-mediated synthesis of Cu-NPs was confirmed by UV-vis spectrophotometer showing two peaks (Figure 1B).

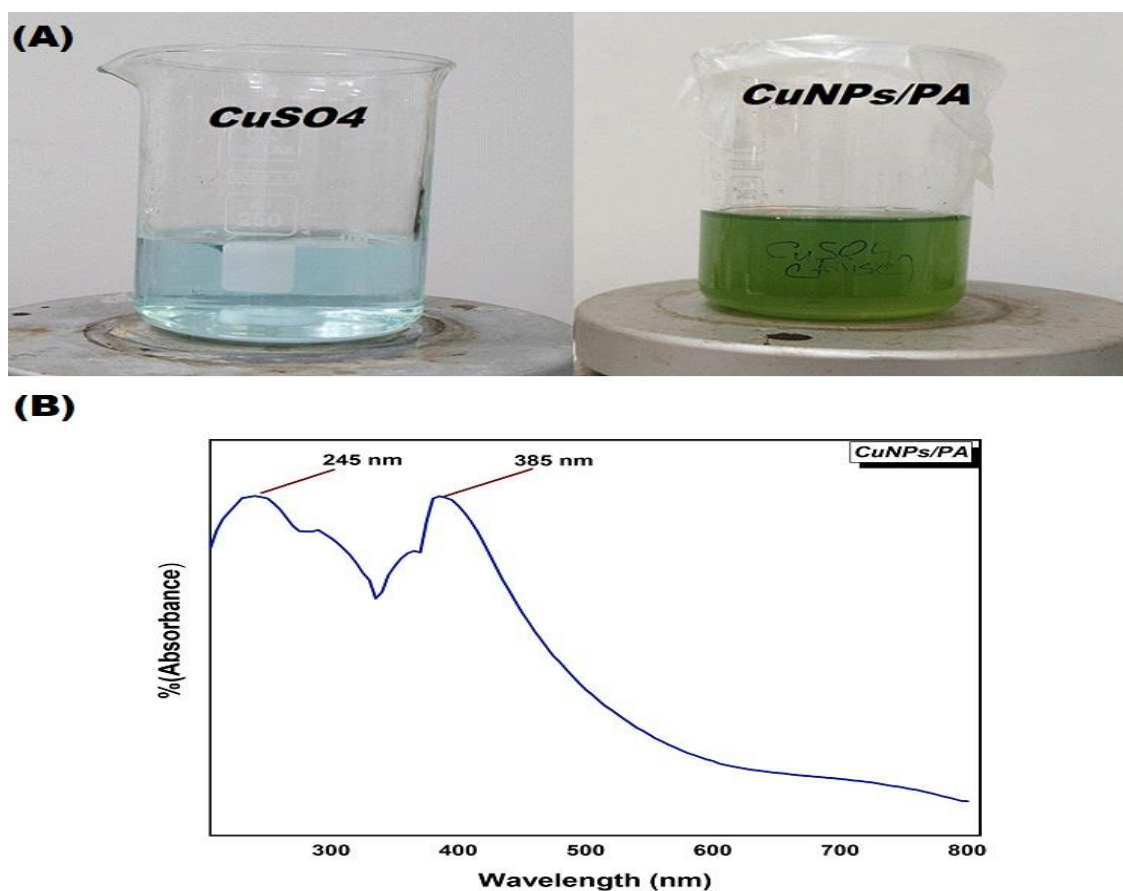


Figure 1. Color change (A) and UV-vis spectrum (B) in *P. anisum*-mediated synthesis of Cu nanoparticles.

The first peak was observed at 245 nm and the second peak at 385 nm. The findings were similar to the two peak values detected in UV-vis of Cu NPs synthesized by *Achillea millefolium* (Rabiee et al., 2020). Xiong et al. (2011) reported that copper nanoparticles biosynthesized with L-ascorbic acid have two values (Xiong et al., 2011). The data of the presented study show the successful formation of Cu NPs, which is in agreement with the literature (Issaabadi et al., 2017). The changes in the color and surface plasmon resonance in the formation of Cu-NPs confirm that the phytochemicals in the *P. anisum* content are due.

FT-IR analysis was carried out to identify *P. anisum* phytochemicals responsible for the formation of copper nanoparticles that are reduced in the biosynthesis step. FT-IR spectra of *P. anisum* seed extract and Cu NPs are shown in **Figure 2**. Changes in the peak points are observed as a result of the reaction of copper nanoparticles with the seed extract. The FT-IR spectrum of *P. anisum* mediated Cu NPs corresponds to the hydroxyl groups (-OH) in the phenolic compounds of the broad absorption band at 3394.7 cm^{-1} (Saif et al., 2016). The band at 2983.8 cm^{-1} represents C-H vibrations in aliphatic compounds. The peak at 1654.6 cm^{-1} can be attributed to alkene (C=C) groups. The $1500\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ twists can be attributed to the presence of aromatic rings (Amaliyah et al., 2020; Rajesh et al., 2018). The band gap at $1050\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ can be assigned to the bending vibration of organic carboxylic acids. The signals in the FT-IR spectrum can be concluded that the phenolics and flavonoids in the seed extract act as stabilizing and sealing agents in the formation of nanoparticles.

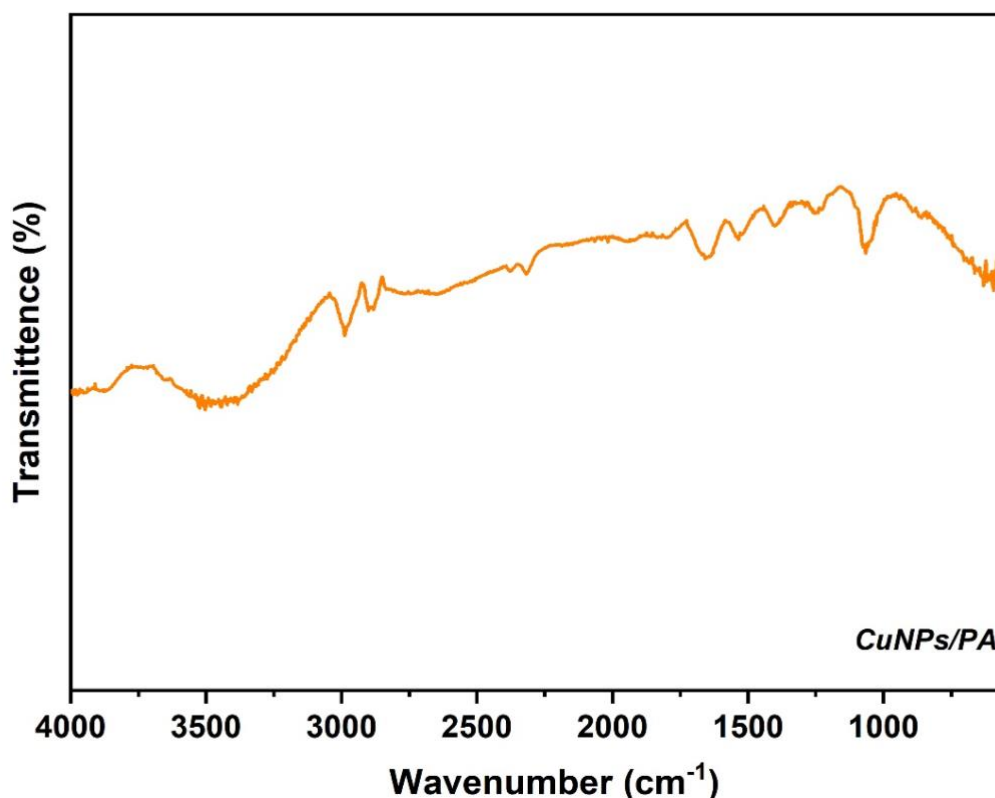


Figure 2. FT-IR spectra of *P. anisum* seed extract and synthesized Cu nanoparticles.

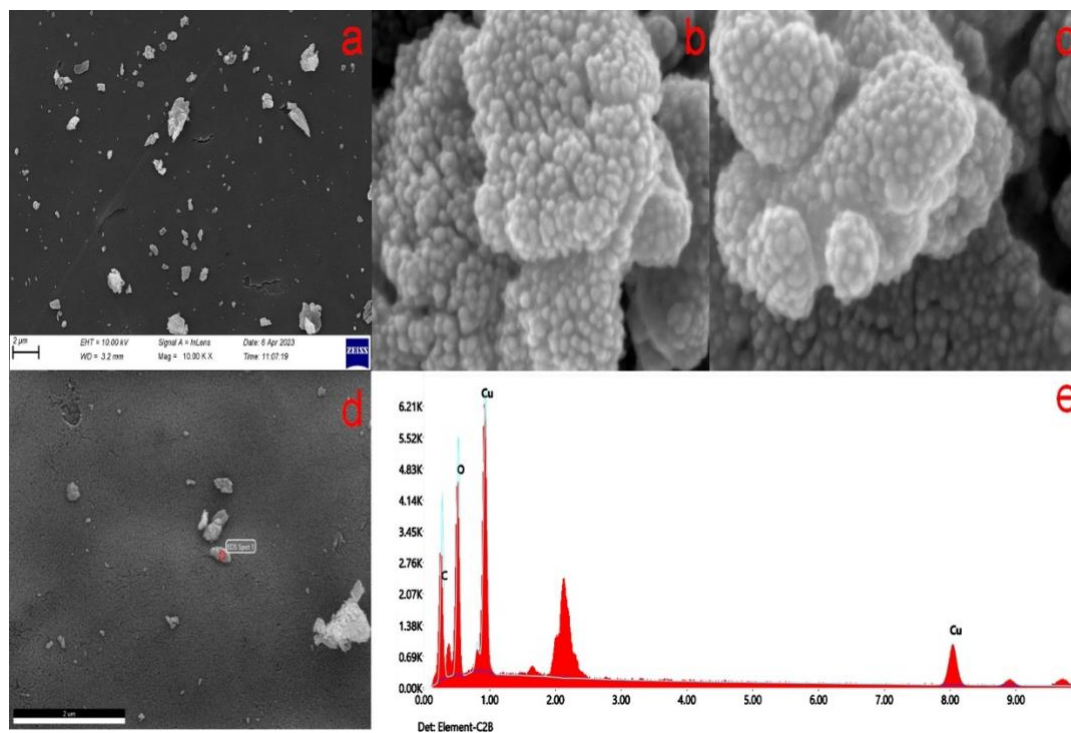


Figure 3. SEM (a-c) and EDX (d-e) of copper nanoparticles synthesized using *P. anisum* seed extract.

The shape and size of Cu NPs/PA were determined by SEM analysis (**Figure 3** (a-c)). The biosynthesized copper nanoparticles had an average of 10 to 20 nm in size (Xu et al., 2022). The shape of the Cu NPs was spherical (Asghar and Asghar, 2020) and biogenic nanoparticles tended to agglomerate slightly. This is known as a general feature in the green synthesis method with noble metals (Liu et al., 2021). Elemental analysis of Cu NPs/PA was performed with EDX (**Figure 3** (d,e)). The presence of Cu metal in EDX confirmed the successful shape fabrication of nanoparticles. The presence of carbon (C) and oxygen (O) elements other than Cu indicates that secondary metabolites in *P. anisum* contribute to the formation of nanoparticles (Liu et al., 2021; Wu et al., 2020). The unidentified peak in EDX belongs to the gold element used in the SEM-EDX analysis acquisition. The results show the purity of Cu NPs in EDX analysis and prove the formation of biogenic nanoparticles.

3.2. Antioxidant potential of *P. anisum*-mediated Cu NPs/PA

The antioxidant activity of *P. anisum* seed extract and Cu NPs was determined by the DPPH method. In this study, the antioxidant capacity of the seed extract and copper nanoparticles at different concentrations was evaluated and compared with the positive control BHA (Butylhydroxyanisole). The findings showed better antioxidant activity than the seed extract of Cu NPs at increasing concentrations. IC₅₀ values of BHA, inhibition activity of both seed extract and Cu NPs/PA were more effective. The IC₅₀ values of *P. anisum*, Cu NPs and BHA were 41.27, 7.24 and 1.45 µg/mL, respectively (**Figure 4**). The mechanism of antioxidant activity of biogenic copper nanoparticles is attributed to their scavenging activity against reactive oxygen derivatives, decomposition of peroxides and inhibition of various chain reactions, and the high antioxidant potential of Cu NPs has been attributed to the availability of phytochemicals in plant extracts as capping agents (Adewale Akintelu et al., 2021). It has been reported that it increases the antioxidant capacity as a result of the synergistic interaction of phenolics and flavonoids that contribute to the production of nanoparticles (Das et al., 2020; Liu et al., 2021; Subbaiya and Masilamani Selvam, 2015). Phenolic compounds in plant extracts contribute to antioxidant activity. Therefore, it has been reported that the antioxidant potential of *P. anisum* is due to its richness in polyphenolic components. (Zayed et al., 2020). The findings show that *P. anisum* seed extract can be used in the biosynthesis of potential antioxidant Cu NPs for safe pharmacological applications.

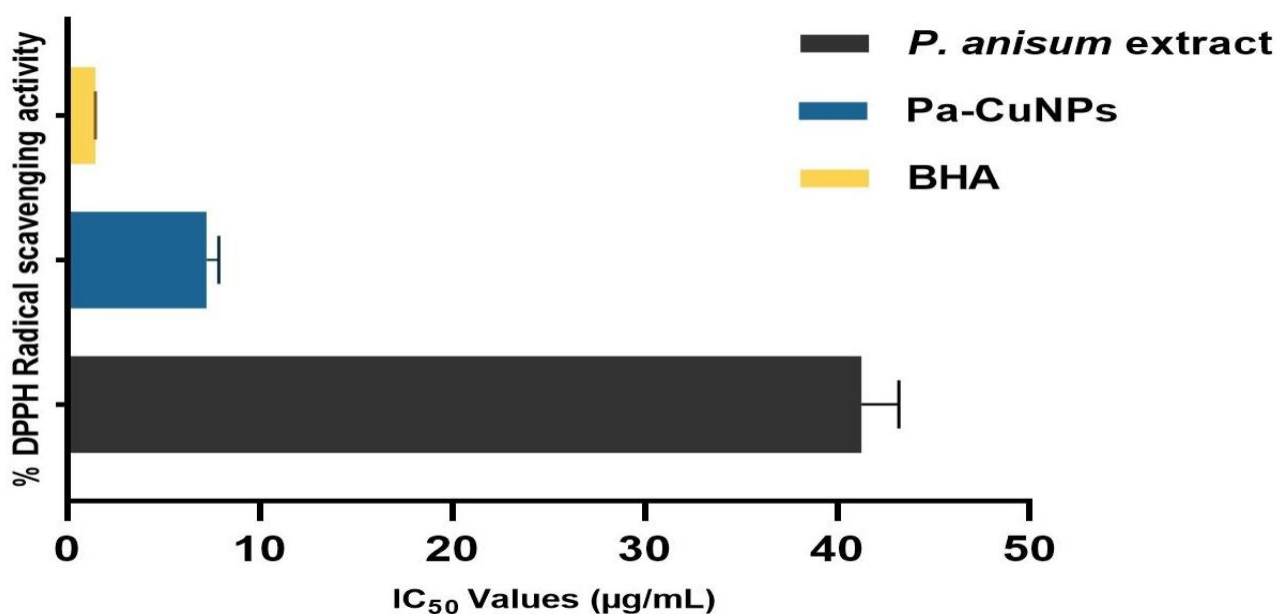


Figure 4. *P. anisum* seed extract, DPPH scavenging activity and IC₅₀ values of Cu NPs.

(BHA; Butylhydroxyanisole), Cu NPs; copper nanoparticles, DPPH; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).

3.3. Antibacterial activity of *P. anisum*-mediated Cu NPs/PA

P. anisum mediated Cu nanoparticles were evaluated against four pathogenic bacteria, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* and *Pseudomonas aeruginosa*, and these pathogens were compared with the antibiotic Rifampin. The obtained results are presented in **Table 1**. The inhibition zone of Cu NPs/PA nanoparticles differed according to the bacterial species. Cu NPs/PA inhibition zone was more effective in gram-positive bacteria than gram-negative bacteria. This may be mainly due to differences in bacterial cell structure (Rastogi & Arunachalam, 2011). In this study, it was observed that nanoparticles formed a zone of maximum inhibition against *Bacillus subtilis* among gram-positive bacteria (**Figure 5**). This may indicate that Cu nanoparticles may be effective in bacterial cell membranes as a result of protein oxidation, DNA cleavage and lipid peroxidation (Wu et al., 2020). Indeed, the findings were consistent with the literature (Keihan et al., 2017; Thiruvengadam et al., 2019). On the other hand, Cu NPs/PA did not form a zone of inhibition against gram-negative *Pseudomonas aeruginosa*. This result confirmed previous studies. (Rastogi and Arunachalam, 2011; Thiruvengadam et al., 2019). *P. anisum* extract was only partially effective against *Bacillus subtilis* pathogen. The results of seed-mediated synthesis of Cu NPs showed that it can exhibit antimicrobial activity against disease-causing bacteria.

Table 1. Inhibition zone diameters (mm) of *P. anisum* seed extract and Cu NPs/PA against pathogenic bacteria.

Test Microorganisms	Zone of Inhibition (mm)			
	Bacteria	<i>P. anisum</i> extract	Cu NPs/PA	Rifampin
<i>Staphylococcus aureus</i> ATTC 29213	-	-	8.1±1.2	8.5±1.8
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	8	-	18.0±2.8	11.0±1.7
<i>Bacillus cereus</i> ATTC 10876	-	-	8.0±2.1	9.4±2.6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATTC 27853	-	-	-	-

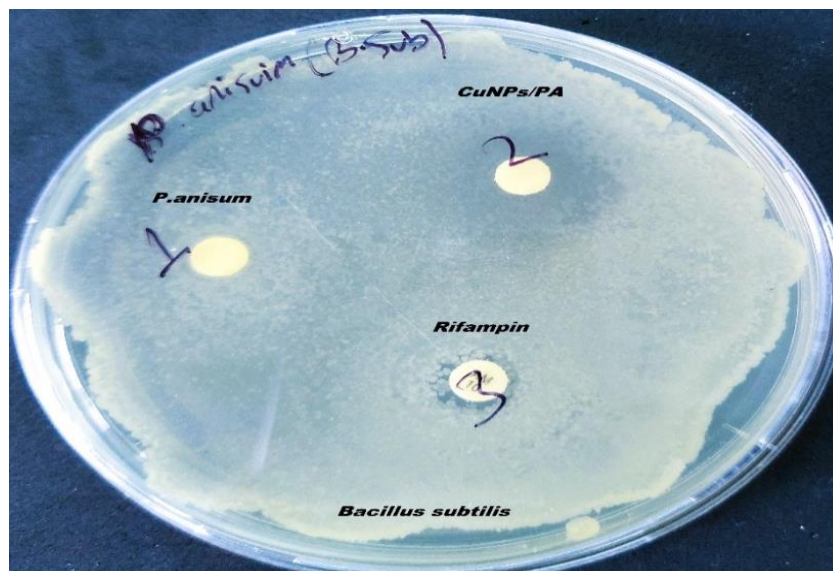


Figure 5. Inhibition zone diameter of *P. anisum* seed extract and Cu NPs/PA impregnated on discs against pathogenic bacteria *Bacillus subtilis*.

4. CONCLUSION

This research demonstrates the successful rapid synthesis of Cu NPs mediated by *P. anisum* seed extract. It confirmed that Cu nanoparticles exhibit antimicrobial and antioxidant activity against DPPH free radicals and some pathogenic bacteria. The color change in the reaction of copper metal with phytochemicals in the seed content was observed with the location of the surface plasmon resonance band with two peaks at 245 and 385 nm in the UV-vis spectrum. SEM analysis revealed that the nanoparticles had a spherical structure and had an average size of 10-20 nm. It showed that polyphenols or flavonoids in the seed extract could play a role as the sealing agent of nanoparticles in FT-IR. Cu NPs had better biological activity than seed extract. The nanoparticles were more effective against the *Bacillus subtilis* pathogen. This study is an environmentally friendly and economical approach that demonstrates the formation of Cu NPs without the use of any toxic agents. In conclusion, it shows that nanoparticles can function as a possible therapeutic agent and can be used in pharmacological applications.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Science Application and Research Center, Van Yuzuncu Yil University.

6. CONFLICTS of INTEREST

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Abbasi, A., Khojasteh, H., Hamadani, M., & Salavati-Niasari, M. (2016). Synthesis of CoFe₂O₄ nanoparticles and investigation of the temperature, surfactant, capping agent and time effects on the size and magnetic properties. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27(5), 4972–4980. <https://doi.org/10.1007/S10854-016-4383-Y>
- Adele Akintelu, S., Kolawole Oyebamiji, A., Charles Olugbeko, S., & Felix Latona, D. (2021). Green chemistry approach towards the synthesis of copper nanoparticles and its potential applications as therapeutic agents and environmental control. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4(September), 100176. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100176>

- Alkhulaifi, M. M., Alshehri, J. H., Alwehaibi, M. A., Awad, M. A., Al-Enazi, N. M., Aldosari, N. S., Hatamleh, A. A., & Abdel-Raouf, N. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using Citrus limon peels and evaluation of their antibacterial and cytotoxic properties. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3434–3441. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2020.09.031>
- Amaliyah, S., Pangesti, D. P., Masruri, M., Sabarudin, A., & Sumitro, S. B. (2020). Green synthesis and characterization of copper nanoparticles using Piper retrofractum Vahl extract as bioreductor and capping agent. *Heliyon*, 6(8), e04636. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04636>
- Asghar, M. A., & Asghar, M. A. (2020). Green synthesized and characterized copper nanoparticles using various new plants extracts aggravate microbial cell membrane damage after interaction with lipopolysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160, 1168–1176. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2020.05.198>
- Bazancir, N., & Meydan, I. (2022). Characterization of Zn nanoparticles of Platanus orientalis plant, investigation of DPPH radical extinguishing and antimicrobial activity. *Eastern Journal of Medicine*, 27(4). <https://doi.org/10.5505/ejm.2022.34392>
- Cho, K. H., Park, J. E., Osaka, T., & Park, S. G. (2005). The study of antimicrobial activity and preservative effects of nanosilver ingredient. *Electrochimica Acta*, 51(5), 956–960. <https://doi.org/10.1016/J.ELECTACTA.2005.04.071>
- Das, P. E., Abu-Yousef, I. A., Majdalawieh, A. F., Narasimhan, S., & Poltronieri, P. (2020). Green Synthesis of Encapsulated Copper Nanoparticles Using a Hydroalcoholic Extract of Moringa oleifera Leaves and Assessment of Their Antioxidant and Antimicrobial Activities. *Molecules*, 25(3), 555. <https://doi.org/10.3390/molecules25030555>
- Ginting, B., Maulana, I., & Karnila, I. (2020). Biosynthesis Copper Nanoparticles using Blumea balsamifera Leaf Extracts: Characterization of its Antioxidant and Cytotoxicity Activities. *Surfaces and Interfaces*, 21, 100799. <https://doi.org/10.1016/J.SURFIN.2020.100799>
- Gopalakrishnan, V. & Muniraj, S. (2021). Neem flower extract assisted green synthesis of copper nanoparticles – Optimisation, characterisation and anti-bacterial study. *Materials Today: Proceedings*, 36, 832–836. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.07.013>
- Gunalan, S., Sivaraj, R., & Venckatesh, R. (2012). Aloe barbadensis Miller mediated green synthesis of mono-disperse copper oxide nanoparticles: Optical properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 97, 1140–1144. <https://doi.org/10.1016/J.SAA.2012.07.096>
- Issaabadi, Z., Nasrollahzadeh, M., & Sajadi, S. M. (2017). Green synthesis of the copper nanoparticles supported on bentonite and investigation of its catalytic activity. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3584–3591. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.10.109>
- Keerthika, E., Ishwarya, K., Jayashree, L., Maripandian, S., Nivetha, C., & Sai, I. (2021). Potential Antibacterial Activity of Green Synthesized Copper Nanoparticles and its Characterization. *International Journal of Current Research and Review*, 13(19), 27–32. <https://doi.org/10.31782/ijcr.2021.131929>
- Keihan, A. H., Veisi, H., & Veasi, H. (2017). Green synthesis and characterization of spherical copper nanoparticles as organometallic antibacterial agent. *Applied Organometallic Chemistry*, 31(7), e3642. <https://doi.org/10.1002/AOC.3642>
- Kocak, Y., Meydan, I., Gur Karahan, T., & Sen, F. (2023). Investigation of mycosynthesized silver nanoparticles by the mushroom Pleurotus eryngii in biomedical applications. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1–12. <https://doi.org/10.1007/S13762-023-04786-Z/FIGURES/8>
- Kocak, Y., Oto, G., Meydan, I., Seckin, H., Gur, T., Aygun, A., & Sen, F. (2022). Assessment of therapeutic potential of silver nanoparticles synthesized by Ferula Pseudalliacea rech. F. plant. *Inorganic Chemistry Communications*, 140, 109423. <https://doi.org/10.1016/J.INOCHE.2022.109417>
- Liu, H., Wang, G., Liu, J., Nan, K., Zhang, J., Guo, L., & Liu, Y. (2021). Green synthesis of copper nanoparticles using Cinnamomum zelanicum extract and its applications as a highly efficient antioxidant and anti-human lung carcinoma. *Journal of Experimental Nanoscience*, 16(1), 411–423. <https://doi.org/10.1080/17458080.2021.1991577>

- Mehdizadeh, T., Zamani, A., & Abtahi Froushani, S. M. (2020). Preparation of Cu nanoparticles fixed on cellulosic walnut shell material and investigation of its antibacterial, antioxidant and anticancer effects. *Heliyon*, 6(3), e03528. <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2020.E03528>
- Meydan, I., & Seckin, H. (2021). Green synthesis, characterization, antimicrobial and antioxidant activities of zinc oxide nanoparticles using *Helichrysum arenarium* extract. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 5(1), 33-41. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2021.1.5>
- Morrison, L., & Zembower, T. R. (2020). Antimicrobial Resistance. *Gastrointestinal Endoscopy Clinics of North America*, 30(4), 619–635. <https://doi.org/10.1016/j.giec.2020.06.004>
- Pyo, Y. H., Lee, T. C., Logendra, L., & Rosen, R. T. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*) extracts. *Food Chemistry*, 85(1), 19–26. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00294-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00294-2)
- Rabiee, N., Bagherzadeh, M., Kiani, M., Ghadiri, A. M., Etesamifar, F., Jaberizadeh, A. H., & Shakeri, A. (2020). Biosynthesis of copper oxide nanoparticles with potential biomedical applications. *International Journal of Nanomedicine*, 15, 3983–3999. <https://doi.org/10.2147/IJN.S255398>
- Rajesh, K. M., Ajitha, B., Reddy, Y. A. K., Suneetha, Y., & Reddy, P. S. (2018). Assisted green synthesis of copper nanoparticles using *Syzygium aromaticum* bud extract: Physical, optical and antimicrobial properties. *Optik*, 154, 593–600. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.10.074>
- Rajeshkumar, S., Menon, S., Venkat Kumar, S., Tambuwala, M. M., Bakshi, H. A., Mehta, M., Satija, S., Gupta, G., Chellappan, D. K., Thangavelu, L., & Dua, K. (2019). Antibacterial and antioxidant potential of biosynthesized copper nanoparticles mediated through *Cissus arnotiana* plant extract. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 197, 111531. <https://doi.org/10.1016/J.JPHOTOBIO.2019.111531>
- Rajeshkumar, S., & Rinitha, G. (2018). Nanostructural characterization of antimicrobial and antioxidant copper nanoparticles synthesized using novel *Persea americana* seeds. *OpenNano*, 3, 18–27. <https://doi.org/10.1016/J.ONANO.2018.03.001>
- Rastogi, L., & Arunachalam, J. (2011). Sunlight based irradiation strategy for rapid green synthesis of highly stable silver nanoparticles using aqueous garlic (*Allium sativum*) extract and their antibacterial potential. *Materials Chemistry and Physics*, 129(1–2), 558–563. <https://doi.org/10.1016/J.MATCHEMPHYS.2011.04.068>
- Saif, S., Tahir, A., Asim, T., & Chen, Y. (2016). Plant mediated green synthesis of CuO nanoparticles: Comparison of toxicity of engineered and plant mediated CuO nanoparticles towards *Daphnia magna*. *Nanomaterials*, 6(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/nano6110205>
- Seçkin, H. (2021). Antimicrobial, Antioxidant and DNA Damage Prevention Effect of Nano-Copper Particles Obtained from *Diplotaenia turcica* Plant by Green Synthesis. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(5), 4187-4194. <https://doi.org/10.15244/pjoes/132313>
- Senthilkumar, S. R., & Sivakumar, T. (2014). Green tea (*Camellia sinensis*) mediated synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles and studies on their antimicrobial activities. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(6), 461–465.
- Sihoglu Tepe, A., & Tepe, B. (2015). Traditional use, biological activity potential and toxicity of *Pimpinella* species. *Industrial Crops and Products*, 69, 153–166. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2015.01.069>
- Sinha, T., Adhikari, P. P., & Bhandari, V. M. (2022). Sustainable Fabrication of Copper Nanoparticles: A Potent and Affordable Candidate for Water Treatment, Water Disinfection, Antioxidant Activity and Theranostic Agent. *ChemistrySelect*, 7(15), e202103552. <https://doi.org/10.1002/SLCT.202103552>
- Subbaiya, R., & Masilamani Selvam, M. (2015). Green synthesis of copper nanoparticles from *Hibiscus rosasinensis* and their antimicrobial, antioxidant activities. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6(2), 1183–1190.
- Thanh, N. T. K., & Green, L. A. W. (2010). Functionalisation of nanoparticles for biomedical applications. *Nano Today*, 5(3), 213–230. <https://doi.org/10.1016/J.NANTOD.2010.05.003>
- Thiruvengadam, M., Chung, I. M., Gomathi, T., Ansari, M. A., Gopiesh Khanna, V., Babu, V., & Rajakumar, G. (2019). Synthesis, characterization and pharmacological potential of green synthesized copper

- nanoparticles. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 42(11), 1769–1777. <https://doi.org/10.1007/S00449-019-02173-Y/FIGURES/5>
- Wu, S., Rajeshkumar, S., Madasamy, M., & Mahendran, V. (2020). Green synthesis of copper nanoparticles using *Cissus vitifolia* and its antioxidant and antibacterial activity against urinary tract infection pathogens. *Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology*, 48(1), 1153–1158. <https://doi.org/10.1080/21691401.2020.1817053>
- Xiong, J., Wang, Y., Xue, Q., & Wu, X. (2011). Synthesis of highly stable dispersions of nanosized copper particles using L-ascorbic acid. *Green Chemistry*, 13(4), 900–904. <https://doi.org/10.1039/C0GC00772B>
- Xu, D., Li, E., Karmakar, B., Awwad, N. S., Ibrahim, H. A., Osman, H. E. H., El-kott, A. F., & Abdel-Daim, M. M. (2022). Green preparation of copper nanoparticle-loaded chitosan/alginate bio-composite: Investigation of its cytotoxicity, antioxidant and anti-human breast cancer properties. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(3), 103638. <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2021.103638>
- Zayed, M. F., Mahfoze, R. A., El-kousy, S. M., & Al-Ashkar, E. A. (2020). In-vitro antioxidant and antimicrobial activities of metal nanoparticles biosynthesized using optimized *Pimpinella anisum* extract. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 585(November 2019), 124167. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.124167>

RESEARCH ARTICLE

ISSN: 2636-8757

Yemlik Keçiboynuzu Kırığının Yaş Şeker Pancarı Posasının Silolanabilirliğine Etkisi Ve Metan Üretim KapasitesiAysel ALPHAN KAYNAR^{1*}  | Ali İhsan ATALAY¹  |

¹ 1 Aysel ALPHAN KAYNAR, Ali İhsan ATALAY, Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Iğdır, Türkiye

Correspondence

Ali İhsan ATALAY, Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Iğdır, Türkiye
E-mail:
aliihsanatalay66@hotmail.com

* Bu çalışma Aysel ALPHAN KAYNAR'nın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Bu makale yer alan hayvan deneyi için Etik Kurul Onayına ihtiyaç yoktur.

Özet

Bu çalışma, tanenler ve suda çözünür karbonhidratlar açısından yüksek olan yemlik keçiboynuzu kırığının, yaş şeker pancarı posası silajına ilave olarak kullanımının uygulanabilirliğini incelemiştir. Yemlik keçiboynuzu kırığı ilavesi (% 0, 2.5, 5.0, 7.5, ve 10.0), olgunlaşan yaş şeker pancarı posası silajının besin madde içeriğini ve in vitro fermantasyon parametrelerini önemli derecede etkilemiştir. Katkı maddesi olarak kullanılan yemlik keçiboynuzu kırığının oranına bağlı olarak olgunlaşan yaş şeker pancar posası silajlarının kuru maddesinin (KM), ham kül (HK) ve Neutral Detergent Fiber (NDF) içeriklerinin artmış olduğu ve Fleig skorunda yükseldiği gözlenmiştir. Ham protein (HP) ve Asit Detergent Fiber (ADF) içeriklerine etkisi olmamıştır, in vitro fermantasyon parametrelerinden gaz üretimi, metan (ml), metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirim derecesini (OMSD) artırırken % metan içeriğini etkilememiştir. Kuru madde içerikleri, şeker posası silajları için %13,18 ile 16,35 aralığında bulunmuştur. Silajların NDF içerikleri ise %19,62 ile 21,45 aralığında olmuştur. Şeker pancarı posasına %10 oranında keçiboynuzu kırığı ilavesi kuru madde ve NDF içeriğinin en yüksek değerine ulaşmasını sağlamıştır. Yaş şeker pancar posasına %10 yemlik keçiboynuzu kırığı ilavesi elde edilen silajın kuru madde içeriği bakımından tavsiye edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Silaj, Şeker pancarı posası, Besin madde, Metabolik enerji, Metan

The Effect Of Feed Carob Fracture On The Silosability Of Fresh Sugar Beet Pulp And Methane Production Capacity**Abstract**

The use of forage locust fracture, which is high in tannins and water-soluble carbohydrates, as additions in the production of sugar beet pulp silage was explored in this study. The addition of forage locust fracture (0, 2.5, 5.0, 7.5, and 10.0) significantly affected the nutrient content and in vitro fermentation parameters of the ripening wet sugar beet pulp silage. It was observed that the dry matter, ash and NDF contents of the ripened sugar beet pulp silages increased and the Fleig score increased depending on the ratio of forage locust fracture used as additives. It had no effect on crude protein and ADF contents, while it increased the in vitro fermentation parameters such as gas production, methane (mL), metabolic energy and organic matter digestion rate, it did not affect the % methane content. Dry matter contents were found in the range of 13.18% to 16.35% for sugar pulp silages. NDF contents of silages were between 19.62% and 21.45%. Addition of 10% carob flakes to sugar beet pulp allowed the dry matter and NDF content to reach the highest value. Addition of 10% forage locust fracture pulp to wet sugar beet pulp can be recommended in terms of dry matter content of the obtained silage.

Keywords: Silage, Sugar beet pulp, Nutrients, Metabolic energy, Methane

1. GİRİŞ

Türkiye tarım ve hayvancılığa dayalı geçim kaynağına sahip bir ülkedir. Özellikle hayvancılık büyük bir geçim kaynağı olmakla beraber hayvancılığın sürdürülebilmesi de yem ve yem çeşitliliğiyle sağlanacaktır. Yem kaynakları arttıkça hayvancılık daha rahat ilerleyecek ve gelişecektir. Silaj hayvanların kaba yem ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir yem kaynağıdır. Türkiye’de birçok kaynaktan silaj yapılmaktadır. Mısır, şeker pancarı, tahıl hâsılları, darı çeşitleri ve sudan otu silajı, yonca ve korunga silajları, ayçiçeği, ağaç dal ve yaprakları silajı, sanayi artığı ve benzeri posaların silajları yapılmaktadır (Atalay ve Kamalak 2018, Başar ve Atalay 2020, İdikut ve ark., 2009a, İdikut ve ark 2009b, Kamalak ve ark., 2009, Kamalak ve Ark., 2013). Böylelikle çeşitli yem kaynakları üretilip hayvan sağlığına ve beslenmesine katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Silaj ucuz bir yem kaynağıdır fakat saklanması ve depolanması da bir o kadar zor bir üründür. Silajın bakteri ve mikroorganizmalar tarafından bozulmasına izin verilmemelidir. Silaj üretimindeki asıl amaç kaliteli bir silaj elde etmektir. Bunun için tüm koşullar silaja uygun hale getirilmelidir. Saklama ve depolama koşullarını olması gereken şekillerde yapıp silajın dış ortamlarla teması önlenmelidir. Herhangi bir açıklıkta çeşitli mikroorganizmaların üremesine ve silajın bozulmasına sebep olabilmektedir. Bunlar silaj üretimi ve tüketiminde istenmeyen bir durumdur. Keçiboynuzu, Akdeniz bölgesinde yetişen vitamin ve mineral açısından zengin; potasyum, kalsiyum, sodyum, magnezyum ve demir mineralleriyle de oldukça değerlidir. Antioksidan özelliğiyle antibiyotik görevi görerek kalp damar sağlığına yardımcı olur (Demirtaş, 2007). Keçiboynuzu ilavesi sayesinde silajın içerisindeki su oranını azaltılmasının yanında besin değerinin artırılması sağlanmış olunur. Son zamanlarda, kaliteli yem sorununu ruminantlarda çözebilmek adına silaj yapımına ilgi artmış ve daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (Açıkgöz, 2001; Kutlu, 2010). Yeşil ve sulu kaba yemlerin fermentasyonu ile silaj meydana gelmektedir. FAO verilerine göre; Amaranthacea ailesinden bir yumru bitki olan şeker pancarının (*Beta vulgaris*) 1 tonu kullanılarak yaklaşık olarak 150 kg şeker üretilmektedir. Şeker sanayisi yan ürün olarak 500 kg yaş pancar posası çıkmaktadır. Posanın preslenmesi sonucunda 210 kg, kurutulması sonucunda ise 50 kg olarak çiftlik hayvanları ile uğraşan üreticilerin kullanımına sunulabilmektedir. 9.90–11.38 kg oranında toz şekeri, 4.3–5.4 kg melas ve 24.9–31.02 kg yaş şeker pancar posası, 100 kg şeker pancarının işlenmesi ile elde edilmektedir (Anonim 2016). Açığa çıkan posanın büyük bir kısmı yapay üretim prosesleri sonrasında kurutularak melas ilavesi yapılmış ve kuru şeker pancar posası olarak kullanımı sağlanmıştır. Fakat yapay kurutma işleminin yerini, enerji fiyatlarındaki artışlar düşünüldüğünde yaş şeker pancar posasının, taze veya silaj yapılarak hayvan beslemede kullanılması almıştır (Deniz ve ark. 2002).

Yaş şeker pancarı posası (YŞPP), ihtiva ettiği fermente olabilen selüloz bakımından zengin ayrıca düşük fiyatından ötürü ruminant beslemede yaygın kullanılmaktadır (Boucque ve ark. 1969). YŞPP doğrudan veya kurutulmak suretiyle ya da melas ilave edilerek, farklı ülkelerde ise üre eklenerek ruminant rasyonlarında kullanılmaktadır (Özkan, 2012). YŞPP, hayvancılık sektöründe yaygın kullanımı yanı sıra uygun depolama koşullarının sağlanamaması ve fazla sulu yapısından ötürü, diğer kuru yemlere kıyasla besin madde kaybının daha fazla olmasına sebep olmaktadır (Şahin ve ark., 1999). Birçok araştırmacı tarafından yaş şeker pancarı posasının silolanması esnasında kayıpları azaltmak veya posa kalitesini artırmak adına kuru narenciye posası, mısır silajı, HCl ile işlenmiş saman, pörsütülmüş arpa hasılı, saman, pamuk tohumu kapçığı, mısır, yulaf kapçıkları, melas, öğütülmüş arpa, üre, enzimler ve asitler, bakteri kültürleri gibi katkı maddelerinin kullanıldığı bildirilmiştir (İdikut ve ark., 2009c, Özkan, 2012). Yaş şeker pancarı posasının, ruminant hayvanlarda kullanılırken bu sebepten ötürü kuru maddesi yüksek olan diğer kaba yemler ile desteklenmelidir (Leterme ve ark. 1992). Bununla birlikte araştırma yapan çoğu araştırmacı ruminant hayvanlarda kuru maddesi düşük silajların yem tüketimini azalttığını, silajın kuru maddesinin yükselmesiyle birlikte hayvanların yem tüketiminin yükseldiğini ve büyüme ve verim kriterlerinin iyileştiğini bildirmiştir (Noller ve ark. 1963). Ateş ve Atalay 2022 de

yapmış oldukları çalışmada yemlik keçi boynuzu kırığının mısır silajının kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Bu gerekçeler doğrultusunda yaş şeker pancarı posasına yemlik keçiboynuzu kırığı katılarak silaj kalitesi artırılmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Kars ili Şeker Fabrikasından alınan Yaş şeker pancarı posası örnekleri en kısa sürede Yemler ve Hayvan Besleme Laboratuvarına getirilmiştir. Yaş şeker pancarı posası 3 kg'luk bidonlara %0, 2.5, 5, 7.5 ve 10 oranında olacak şekilde keçiboynuzu kırığının homojen olarak karıştırıp plastik bidonlara hava kalmamasını sağlayarak en az 3 tekerrür olacak şekilde altmış günlük fermantasyon oluşum sürecine bırakılıp örnekler gözlemlenmiştir. Çeşitli silaj kalite parametreleri ve kimyasal analizleri göz önüne alınarak inceleme yapılmıştır.

Çizelge 1. Keçiboynuzu(Ceratonia siliqua) kırığı kimyasal analiz sonuçları
Table 1. Carob (Ceratonia siliqua) fracture chemical analysis results

Kuru Madde (KM)	%88.35
Organik Madde(OM)	%93.06
Ham Protein (HP)	%7.74
Ham Selüloz(HS)	%10.34
Ham Yağ (HY)	%1.30
Ham Kül (HK)	%6.94
Nitrojensiz Öz Madde(NÖM)	%73.68

2.1. Kimyasal kompozisyon

Altmış günlük silolamanın sonunda silaj örneklerine ilk olarak pH ölçümleri kalite parametrelerinden biri olarak yapılmış (Kung at al., 2000) ayrıca kuru madde içerikleri belirlenmiştir (AOAC, 1990). Silaj örnekleri 70 0C'de 48 saat süre ile kurutularak diğer kimyasal analizlerin ve in vitro gaz üretiminin yerine getirilmesi için elek boyu 1 mm olacak şekilde öğütülerek hazırlanmıştır. Yapılacak besin madde analizleri en az 3 tekerrür olacak şekilde planlanmıştır. Yemlerin KM, HK, HP, ve HY analizi AOAC, (1990) bildirdiği analiz metotlarına göre yapılmıştır. Örneklerin NDF ve ADF içerikleri ise Van Soest, at al., (1991) bildirdiği yöntemle yapılmıştır. Silajların Fleig skorları ve olması gereken pH değerleri ayrıca hesaplanmıştır (Kılıç, 1986; Meeske, 2005). “Olması gereken pH değeri” (OlpH) Meeske (2005) tarafından ortaya atılan bir metot olup, silajların pH'ları KM içeriğine göre şekil almaktadır.

$$\text{Olması gereken pH} = 0,00359 \times \text{KM (g/kg)} + 3,44 \text{ (Meeske, 2005)} \quad (1)$$

2.2. İn vitro fermantasyon parametreleri

Hassas terazide 0,2 gr ağırlığında tartılan örnekler in vitro gaz üretim analizi için 100 ml kapasiteli cam enjektörlere yerleştirilmiştir. Enjektörlerin pistonlarına dip bölümünden 2 parmak, üst kısımdan ise 3 mm temiz kalacak şekilde katı vazelin sürülmüştür. Vazelin sürülen pistonlar örnek bulunan enjektörlere 30 ml çizgisine kadar itilip klips yardımıyla silikon hortumu kapatılmıştır. Yapay tükürük sıvısı hazırlanarak üzerine kesimhaneden taze kesilmiş küçükbaşlardan alınan rumen sıvısı homojen şekilde süzülüp karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımdan büret yardımı ile 100 ml'lik cam şırıngaların içine 30 ml (1/3 rumen sıvısı + 2/3 yapay tükürük) eklenmiştir. Örnekler 39 oC'deki su banyosunda en az üç paralel olacak şekilde inkübe edilmiştir. Gaz üretim ölçümleri, inkübasyondaki cam şırıngalar için 24 saatin sonunda gerçekleştirilmiştir (Menke ve Steingass, 1988).

2.3. Metan üretimi

24 saat sonunda in vitro fermantasyon ile oluşan gaz, cam enjektörlerden 100 ml'lik plastik şırıngalara çekilerek metan oranı % olarak S-AMG 1010 cihazı ile mL cinsinden hesaplanmıştır (Goel at al., 2008).

2.4. Organik madde sindirilebilirlik derecesi (OMSD)

OMSD değeri aşağıda yer alan formüle göre belirlenmiştir (Menke at al.,1979).

$$\text{OMSD}(\%) = 14,88 + 0,889 \text{ GÜ} + 0,45 \text{ HP} + 0,0651 \text{ HK} \quad (2)$$

2.5. Metabolik enerji (ME)

ME değeri aşağıda yer alan formüle göre belirlenmiştir (Menke at al.,1979).

$$\text{ME (Mj/kg KM)} = 2,2 + 0,1357 \text{ GÜ} + 0,057 \text{ HP} + 0,002859 \text{ HY} \quad (3)$$

2.6. İstatistik analiz

Elde edilen analiz sonuçları varyans analizi (ONEWAYANOVA) ile değerlendirilmiş ve ortalamalar arasındaki farklar için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Altmış günlük silolama sonucunda oluşan silajlara öncelikle fermantasyon karakterleri belirlenmiş daha sonra besin madde içerikleri ve in vitro fermantasyon parametreleri belirlenmiştir.

3.1. Şeker Pancarı Posası Fermantasyon parametreleri

Uygun koşullarda hazırladığımız silaj örneklerinden elde ettiğimiz sonuçlarda KM oranları %13,18 ile %16,35 arasında değişmiştir. Yaş şeker pancarı posasına en düşük yüzdeler kontrol (%0) grubunda ölçülmüştür. Sarı ve ark., (2008), kuru madde içeriği düşük olan silajların yem tüketimini olumsuz etkilediği, bunun yanında hayvanların yem tüketiminin ırk, vücut büyüklüğü ve rumen'in sindirim kapasitesi ile sınırlı olduğunu bildirmiştir. Çalışma bulguları incelendiğinde silajların KM içerikleri %16.18 (PPL grb) ile %23.97 (YPP grb) aralığında bulunmuştur. Bu oranların, Ülger vd. 2015 tarafından bildirilen ortalama KM (%25-35) değerlerinden düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu oranların, KM düzeyini meyve suyu sanayi yan ürünleri için düşürdüğü de (KM<%23.97) gözlenmiştir (Ülger vd. 2015). Deniz ve ark., (2002) kaliteli bir yaş şeker pancarı posası silajı elde etmek için kuru madde içeriği % 20'ye yükselmiş ve melas ilave edilmesiyle tespit edilmiş, oluşan silajların besin madde sindirilebilirliğinin mısır silajı ile benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Oluşan silajların pH oranları en yüksek 3.66 en düşük 3.59 arasında değişmiştir. Değerler arasındaki farklar tablo 1 de verilmiştir. Katkı maddesinin katılması ile oluşan silajların pH değerlerinde istatistiki olarak bir farklılık bulunmamıştır. Farklı kuru maddedeki silajların farklı pH değerlerine sahip olması gerektiği bu yüzdende ölçülen pH değeri OlpH değerinden düşük yada yakın değerlerde olması gerekmektedir. Ölçülen pH değerlerimiz OlpH değerinden düşük hesaplanmıştır. Buda silolamanın doğru yapıldığının bir göstergesidir. Uygun şekilde saklanan ve muhafaza edilen silajlar hayvan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Uygun pH değeri raf ömrünü ve hayvanların yem yeme isteğini etkileyen bir faktördür (Canbolat vd., 2013). Ergül vd., (2001), silajların pH değerlerini YŞPP'sına %0,15,30 ve 45 oranında broyler altlığı ilavesi ile 4.1-4.2 aralığında hesaplamıştır. Deniz vd. (2001), bu çalışma ile benzer %20 KM içeren örneklerde 3.72-4.30 aralığında tespit etmiştir. Avcı vd. (2005), %17 KM içeren silajlarda 3.64-4.33, %20 KM içeren silajlarda ise 3.96-4.34 olarak hesaplamışlardır. Şahin vd., (1999) ise, YŞPP'nın kontrol, %5 formik asit, %8 oranlarında soldurulmuş arpa hasılı, mısır silajı ve HCl ile desteklenmiş saman eklenerek hazırlanmış olan arpa hasılı silajı katkısıyla hazırlanmış YŞPP

silajlarında ise pH değerlerini 3.50-4.36 aralığında bulmuşlardır. Yaptığımız çalışmada pH değerleri, bu konudaki literatür verileri, YŞPP silajının KM'sinin %15 den yüksek olmasının fermantasyonunun iyi olduğunu göstermektedir.

Yaptığımız çalışmada OlpH değeri 3,91 ile 4,03 arasında ölçülmüştür. Ölçülen pH değerlerimiz OlpH değerinden düşük hesaplanmıştır. Buda silolamanın doğru yapıldığının bir göstergesidir. Uygun şekilde saklanan ve muhafaza edilen silajlar hayvan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Uygun pH değeri hayvanların yem yeme isteği ve raf ömrünü etkileyen bir etkidir (Canbolat vd., 2013).

FS (fleig skoru) en düşük 71,64 %2,5 lik oran, en yükseğe 80,58%10 luk katkı oranıyla belirlenmiştir. Fleig puanının yüksek olması kalite sınıfının yüksek olduğunu göstermektedir. Avcı vd., (2005) yaptıkları çalışmada, YŞPP silajlarının Fleig puanlarını çalışmamızla benzer düzeyde olduğunu ve skalaya göre iyi kalitede olduklarını belirlemişlerdir.

Çizelge 2. Silaj örneklerine ait ortalama KM, pH, FS, OLPH değerleri

Table 2. Average KM, pH, FS, OLPH values of silage samples

Katkı Oranı	KM	pH	FS	OlpH
0	13,18c	3,59	72,63b	3,91c
2,5	14,15b	3,66	71,64b	3,95b
5	14,15b	3,65	72,31b	3,95b
7,5	16,08a	3,65	76,17ab	4,01a
10	16,35a	3,65	80,58a	4,03a
SEM	0,612	0,024	1,673	0,022
ÖS	***	ÖS	*	***

^{a,b,c}: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir KM: Kuru madde %. OlpH: olması gereken pH. FS: Fleig skoru. ÖD: Önemli değil, Sig. Önem seviyesi *** $P < 0.001$. önemli

3.2. Şeker Pancarı Posası Silajlarının Kimyasal Kompozisyonu

Ham protein (HP) içerikleri 9,80 ile 10,39 aralığında değişmiştir. Muamele grupları arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Deniz ve ark (2002) ise, KM değeri buğday samanı ya da kuru ot ilavesiyle yükseltelen YŞPP silajlarında, silaja katılan miktarlara bağlı olarak, silajın HP içeriğinin azalmış olduğunu ve HS içeriğinin ise artmış olduğunu belirtmişlerdir. Ergul ve ark. (2001) yaptığı çalışmada ham protein içeriğini katkısız yaş şeker pancarı posası için % 10.8 olarak ve ADF içeriğini % 31.5 olarak bildirmiştir. Elde edilen muamele gruplarının ham protein içeriği bu çalışma ile benzer olmuştur fakat ADF değeri düşük bulunmuştur.

ADF değerleri muamele gruplarında 10,43 ile 11,26 arasında değişmektedir. En yüksek değer %7,5 lik oranın katılmasıyla olurken en düşük değerde %10 luk oranın katılmasıyla belirlenmiştir. Katkı oranına göre silajların ADF içeriklerinde istatistikî olarak bir fark bulunmamıştır. Kaba yemlerin sindirilme derecesi hakkında bilgi veren önemli bir ölçüt olan ADF miktarı düşük olan yemlerin sindirilme dereceleri yüksek olmaktadır (Yakışır ve Aksu, 2019). Farklı silaj materyallerine melas katkısının, silajdaki NDF, ADF ve ham selüloz miktarlarını azalttığı, yapılan bazı çalışmalarda da bildirilmiştir (Castle ve Watson, 1985). Bu azalmanın nedeni, laktik asit bakterileri başta olmak üzere, bazı anaerob bakterilerin çoğalmasını melasın aktive etmesine ve silajdaki NDF, ADF ve hemiselülozun yıkıma uğramasının artmasına bağlanmıştır (Bolsen ve ark., 1996).

Muamele gruplarında NDF içerikleri 19,62 ile 21,45 arasında değişmiştir. Yine en yüksek %10 luk katkı maddesiyle olurken en düşük %2,5 lik katkı maddesiyle değişkenlik göstermiştir. NDF içeriğinin artmasının sebebi katkı maddesinin içermiş olduğu NDF miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Katkısız YŞPP'nin NDF içeriği Ergul ve ark. (2001) yaptığı çalışmada % 59.5 olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada hesaplanan kontrol grubunun NDF içeriği (% 21,45) bildirilen bu değerden düşük bulunmuştur. Katkısız şeker pancarı yaprağı için, Azman ve ark.(1997) tarafından bildirilen ADF ve NDF değerleri (%15.09 ve %23.99) bu çalışmada elde edilen silaj gruplarından yüksek bulunmuştur. Hayvanın tüketebileceği yem miktarını yansıtan NDF miktarı arttıkça, rumende sindirimi daha uzun süren lif içeriğinin artması, hayvanların genellikle daha az yem tüketmeleri ile sonuçlanır (Yakışır ve Aksu, 2019). Ayrıca, Avcı ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada melas ve buğday kırığının yaş pancar posası silajlarına ilavesiyle silajın HP düzeyinin arttığı; NDF ve ADF düzeylerinin düştüğü bildirilmiştir.

Muamele grupların da NDF değeri 21,45 olarak ölçülmüştür. %10'luk katılan keçiboynuzu kırığı ile elde edilen sonuç, %100 YŞPPS grubunda oransal olarak en yüksek toplam NDF sindirimi (%54.48) ile gerçekleşmiş ve bu sonuçlar Aldrich vd., (1993) tarafından bildirilen değere (%54.60) benzer olmuştur. Bu çalışmada elde edilen NDF sindirim oranları, genel olarak Borucki vd., (2008)'nin bildirdiği %63.1, Levendoğlu (2006)'nun bildirdiği %64.56 değerlerinden daha düşük, fakat Singh vd., (2006), Reynal and Broderick (2005), Mabjeesh vd., (1997)'in bildirdikleri değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Muamele gruplarında HK (ham kül) içerikleri 4,14 ile 4,59 arasında değişmektedir. En düşük değer %5 lik oran belirlerken en yüksek değeri de %10 luk oranda belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçları tablo 4.2 de verilmiştir.

Buğday samanı ya da kuru ot ilavesi ile KM değeri yükseltile YŞPP silajlarında ise, silaja katılan miktara bağlı olarak, silajın HP içeriğinin azaldığı ve HS içeriğinin arttığı Deniz ve ark (2002) tarafından bildirilmiştir.

Katkısız YŞPP kül içeriği, Ergul ve ark. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada % 7.6 olarak bildirilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçların daha düşük olduğu görülmüştür. Keçiboynuzu meyvesinin yetiştiği çevre koşulları sebebiyle bu farklılığın meydana geldiği düşünülmektedir. Oluşan şeker pancarı posası silajlarının kül içeriği keçiboynuzu meyvesinin katkı oranının artmasıyla birlikte artmıştır.

Çizelge 3. Silajlarının kimyasal kompozisyonları

Table 3. Chemical compositions of silages

Katkı Oranı	HP	ADF	NDF	HK
0	10,39	10,75	19,68b	4,19b
2,5	10,20	11,09	19,62b	4,31b
5	9,80	11,02	19,73b	4,14b
7,5	10,37	11,26	19,88b	4,3b
10	10,32	10,43	21,45a	4,59a
SEM	0,109	0,145	0,346	0,078
ÖS	ÖS	ÖS	*	**

a,b,c: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir. ÖD: Önem değeri HK: Ham Kül %. HP: Ham Protein %. ADF: Asit Deterjan Fiber %. NDF: Nötral Deterjan Fiber %

3.3. Şeker Pancarı Silajların İn Vitro Gaz, Metan Üretimleri, Metabolik enerji ve Organik Madde Sindirim Derecesi Değerleri

Yaptığımız çalışma da 24 saatlik in vitro gaz üretimi 78,33 ile 84,26 ml arasında değişkenlik göstermiştir. Muamale grupları arasında keçiyoynuzu kırığının katkı oranının artması ile 24 saatlik gaz üretim miktarları artmıştır. En düşük değer kontrol grubunda tespit edilirken en yüksek değer %10 keçiyoynuzu kırığının katılmasıyla tespit edilmiştir. Laktik asit kültürlerinin kullanılması ile Harrison ve ark., 1989 yaptıkları bir çalışmada, silajların kuru maddesinin in vitro sindirilme derecesinin arttığını bildirmişlerdir. Chiericato ve Rioni (1983), ise in vitro sindirilme derecesinin preslenmiş posa silajının kuru maddesi için %61.95 olduğunu bildirmişlerdir. Silaj katkı maddesi olarak laktik asit yerine, yaş şeker pancarı posasına yemlik keçiyoynuzu kırığının belli oranlarda ilavesiyle oluşturulan silajların, ilave yapılmayan gruplara göre daha kaliteli olduğu bu çalışmanın sonucu olarak verilmiştir. Ayrıca, silolar açıldıktan sonra silajlar kısa bir süre içerisinde tüketilmesi gerekliliği ve in vitro sindirilme derecesi üzerine kuru maddenin olumlu katkısının olduğu bildirilmiştir (Şahin ve ark., 1999).

24 saatlik gaz ölçüm değeri, bu çalışma için 84,26 mL olarak bulunurken; Kılıç ve Sarıçipek (2010) bu değeri 47.05 mL olarak bildirmişlerdir. Katkısız silajlar için hesaplanan in vitro kuru madde sindirilebilirlik değeri, bu çalışmada (%84,26), Ak ve ark. ve Demarquilly (1979)'nin bildirdikleri değerlerden (%74.45 ve %72.00) yüksek olmuştur.

Yaptığımız çalışma da net metan 11,26 ile 12,37 arasında ölçüm yapılmıştır. Yine %10'luk oranla katılan yemlik keçiyoynuzunda daha fazla artış elde edilmiştir. Metan üretim yüzdesinde istatistiki olarak bir far bulunmamıştır. Silaj içerisinde fermente olabilme durumuna göre net gaz ile metan üretimi değişkenlik göstermektedir.

ME (Metabolik Enerji) değerleri 13,44 ile 14,27 arasında değişmiştir. Bir çok araştırmacı şeker pancarı posasının ruminantlar için yüksek enerji (2.73 Mcal /kg KM) düzeyine sahip bir yem maddesi olduğunu ve bunun nedeninin, şeker pancarı posasının içerdiği selülozun yüksek düzeyde sindirilebilmesi ve çok düşük düzeyde lignin içermesinden kaynaklı olduğunu bildirmektedirler (Avcı ve ark., 2005).

Çizelge 4. Silaj örneklerine ait ortalama net gaz, metan (ml-%), ME ve OMSD Değerleri
Table 4. Average net gas, methane (ml-%), ME and OMSD Values of silage samples

Katkı Oranı	Gaz ml	Metan ml	% Metan	ME kg/mj	OMSD
0	78,33d	11,35b	14,49	13,44d	91,84d
2,5	79,32cd	11,26b	14,19	13,57cd	92,72cd
5	80,97bc	11,45b	14,14	13,77bc	93,89bc
7,5	81,30b	11,57b	14,23	13,84b	94,54b
10	84,26a	12,37a	14,69	14,27a	97,34a
SEM	1,012	0,200	0,123	0,137	0,942
ÖS	***	*	ÖS	***	***

^{a,b,c}: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir. Sig: önem değeri *** $P < 0.001$, ÖD: Önemli değil, Net Gaz: 24 Saatlik üretilen gaz, ME: Metabolik Enerji., OMSD: Organik Madde Sindirim Derecesi

OMSD değeri ise 91,84 ile 97,34 arasında hesaplanmıştır. %10'luk ekleme de daha fazla sonuç değişmiştir. Elde edilen değerler, OMSD bakımından %91,84 (PPL) ve %97,34 (PPP) aralığında değişim göstermiştir. Yaş şeker pancarı posasının kuru madde düzeyinin % 20'ye artırılarak melasla

desteklenmesi ile kaliteli bir silaj elde edilebileceği Deniz ve ark. (2002) tarafından bildirilmiş ve besin madde sindirilebilirliğinin bu silajlara ait mısır silajı ile eş değer kabul edilebileceği belirtilmiştir.

Avcı ve ark (2005), OMSD değerlerini (%69.93 ve %67.54), aynı KM oranlı silajlar için %67.40 ve %58.0 olduğunu bildirmişlerdir. Buğday samanı kullanılması silajların KM düzeyini yükseltmesine karşın, sindirilebilirliği daha düşük olan odun talaşının kullanılmış olması, özellikle %20 KM içeren gruba ait OMSD değerinin ciddi şekilde düşmesine sebebiyet vermiştir. Benzer farklılık, enerji içerikleri açısından da bu iki çalışma arasında görülmüştür.

4. SONUÇ

Çalışmada elde edilen bulgular, yemlik keçiyoynuzu kırığının katılması ile oluşan silajların kuru madde, 24 saatlik gaz üretimi, ME ve OMSD önemli derecede artırmıştır. Silaj katkısı olarak kullanılan ve SÇK ve KT içeriğince zengin yemlik keçiyoynuzu kırığı meyvesinin, şeker fabrikalarının atık ürünü olan pancar posasının silolanabilirliğini güvenli bir şekilde kullanılacağı göstermiştir. İleride yapılacak araştırmalarda, yemlik keçiyoynuzu kırığı katkılı yaş şeker pancarı posası silajlarının ruminantlarda in vivo denemeler ile yem tüketimine ve verim performansına olan etkisinin belirlenmesin hayvancılığa fayda sağlayacaktır.

5. TEŞEKKÜRLER

Makaleyi geliştirmek için yaptıkları katkılardan dolayı isimsiz hakemlere teşekkür ederiz.

6. YAZAR KATKILARI

Yazarlar bu çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

7. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Acikgoz E., 2001 Forage crops University of Uludag, Publication,
- Aldrich, C. G., Paterson, J. A., Tate, J. L., & Kerley, M. S. (1993). The effects of endophyte-infected tall fescue consumption on diet utilization and thermal regulation in cattle. *Journal of animal science*, 71(1), 164-170.
- Atalay, A. İ., & Kamalak, A. (2018). Effect of locust bean fracture on In vitro and In situ degradation of grass silage. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(4), 361-367.
- Ateş, H. & Atalay, A. İ. (2022). Yemlik Keçiyoynuzu Kırığının Mısır Silajında Katkı Maddesi Olarak Kullanımı . *Journal of Agriculture* , 5 (1) , 1-9 . DOI: 10.46876/ja.1108392
- AOAC., 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.US.
- Avcı, M., Akdeniz, H., & Deniz, S. 2005. Değişik katkılarla hazırlanan yaş şeker pancarı posası silajlarının kalitesinin belirlenmesi. III. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 7-10 Eylül, Adana..
- Azman, M.A, Balevi, T., Şeker, E., Gülşen, N., & Kurtoğlu, V. (1997). Şeker pancarı yaprağı ve silajının yem olarak değerlerinin belirlenmesi. *Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 7(2), 47-50.
- Anonim Türk şeker 1926-2016,2016,s.37www.sekerkurumu.gov.tr Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Faaliyet Raporları
- Başar, Y., & Atalay, A.İ., 2020- Turunçgil Posalarının Ruminant Beslemede Alternatif Yem Kaynağı Olarak Kullanımı ve Metan Üretim Kapasiteleri *Journal of the Institute of Science and Technology*, Cilt 10, Sayı 2 Sayfa 1449-1455
- Bolsen, K.K., Ashbell, G., & Veinberg, Z.G. (1996). Silage fermentation and silage additives. Feed Conservation Laboratory, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel.

- Borucki, C.S.I., Phillip, L.E., Lapiere, H., Jardon, P.W., & Berthiaume, R., (2008). The relative merit of ruminal undegradable protein from soyabean meal or soluble fiber from beet pulp to improve nitrogen utilization in dairy cows. *J Dairy Sci*, 91, 3947-3957.
- Boucque, Ch. V., Cottyn, B.G. & Buysee, F.X., 1969. Intensive beef production on dried sugar beet pulp and barley. The 4th International Symposium of Zootechny. Milano.
- Canbolat Ö., Kalkan H., & Filya İ., (2013). Yonca Silajlarında katkı maddesi Olarak Gladiçya Meyvelerinin (*Gleditsia Triacanthos*) Kullanılma Olanakları. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi* 19(2): 291-297.
- Castle, M., & Watson, J.N., (1985). Silage and Milk Production Studies with Molasses and Formic Acid as Additives for Grass Silage. *Grass Forage Sci.* 1985; 40(1) 85-92.
- Chiericato, G.M. & Rioni, M., 1983.: Research on the Digestibility and Nutritive Value of Ensiled Pressed Beet Pulp, Dried Grape Skins and Maize Silage in Young Bulls. *Zootecnica e Nutrizione Animale.* 9, 89-101,
- Coşkun, B., 1983. Konsantre karışımında değişik düzeylerde üreli şeker pancarı posası bulunan rasyonların kuzularda besi performansı ve karkas özellikleri ile ham besin maddelerinin sindirilme dereceleri, azot dengesi ve bazı kan metabolitleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Courtin, M. G., & Spoelstra, S. F., 1986. Counteracting structure loss in pressed sugar beet pulp silage. *Animal Feed Science and Technology*, 24: 97-109.
- Demarquilly C (1979): *Bulletin Technique d'Information.* No:343-344, 383-388.
- Demirel M., & Yıldırım A., 2000 Van Yöresinde Yetiştirici Şartlarında Depolanan Kaba Yemlerdeki Aflatoxin Düzeylerinin Saptanması *YYÜZF Tarım Bilimleri Dergisi* ,
- Demirtaş, Ö., (2007). Keçiyoynuzu (*Ceratonia siliqua*) Çekirdeklerinden Gam Üretim Yollarının Araştırılması, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Deniz, S., Denek, N., Nursoy, H., & Oğuz M.N., (2002). Değişik şekillerde üretilen şeker pancarı posası silajının kuzu ve süt ineği rasyonlarında kullanılma olanakları. 3. Sindirilebilirlik ve kuzu besisi denemeleri. *Türk J Vet Anim Sci*, 26, 771-777.
- Deniz, S., Demirel, M., Tuncer, Ş. D., Kaplan, O., & Aksu, T., 2001. Değişik şekillerde üretilen şeker pancarı posası silajının süt ineği ve kuzu rasyonlarında kullanılma olanakları. 1. Kaliteli şeker pancarı posası silajının elde edilmesi. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 25: 1015-1020.
- Des Visser, H. & Hindle, V. (1990). Dried Beet Pulp And Maize Silage As Substitutes For Concentrates In Dairy Cows Rations. 1. Feed Value, Feed Intake, Milk Production And Milk Composition. *Neth. J. Agric. Sci.* 38:77- 88.
- Ergül, M, Alçiçek, A, Ayhan, V, Kılıç, A, Özkul, H, Basmacıoğlu, H, & Karaayvaz, K. (2001). Kanatlı altlığının bazı yem kaynakları ile silolanma olanakları ve yem değeri. 1. Pancar posasının broyler altlığı ile silolanma olanakları ve yem değeri. *Ege Üniv Zir Fak Derg*, 38 (1), ISSN 1018-8851. Kılıç A (1986). Silo Yemi;
- Goel, G., Makkar, H.P.S., & Becker, K., (2008). Effect of *Sesbania sesban* and *Carduus pycnocephalus* leaves and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) seeds and their extract on partitioning of nutrients from roughage-and concentrate-based feeds to methane. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 72-89.
- Harrison, J.H., Soderlund, S.D. & Loney, K.A. 1989. Effect of Inoculation Rate of Selected Strains of Lactic Acid Bacteria on Fermentation and In Vitro Digestibility of Grass-Legume Forage. *J. Dairy Sci.* 72, 2421-2426,
- Idikut L., Atalay, A.I., Kara, S.N., & Kamalak A. 2009a Effect of hybrid on starch, protein and yields of maize grain. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Volume 8 Issue 10, Pages 1945-1947
- Idikut L, Boga, M Atalay AI. Kara SN, & Kamalak A 2009b Effect of previous plant on chemical composition of sweet corn grain. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Volume 8 Issue 10, Pages 1979-1981
- Idikut, L., Arikan B.A., Kaplan, M., Guven, I., & Atalay, A.I. 2009c Potential nutritive value of sweet corn as a silage crop with or without corn ear. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Volume 8 Issue 4, Pages 734-741
- INRA, 1988. *Alimentation Des Bovins, Ovins & Caprins.* R. Jarrige (Editor). INRA & Quae. Paris, pp. 471
- Kamalak, A., Bal, M.A., Aydın, R., & Atalay A.I. 2009 Gladiçya meyvesinin katkı maddesi olarak yonca silajında kullanımı TUBİTAK TOVAG projesi 1-67

- Kamalak, A., Canbolat, Ö., Şahin, M., Kurt, Ö., Kaya, E., & Atalay A.I. (2013). Effect of oak tannin extract (artutan) on in situ dry matter and crude protein degradation of alfalfa silage by sheep. Proceedings of the 24th International Scientific-Expert-Conference of Agriculture and Food Industry, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 25-28 September 2013
- Karalazos, A. & Giouzeljannis, A. 1988, A note on the use of sugar-beet pulp silage and molasses in the diet of lactating dairy cows, *Animal Feed Science and Technology*, Volume 20, Issue 1, Pages 13-18,
- Kutlu, H.R., Tüm yönleriyle silaj yapımı ve silajla besleme. [Http://www.zootekni.org.tr/upload/File/SILAJ%20E1%20KTABI.pdf](http://www.zootekni.org.tr/upload/File/SILAJ%20E1%20KTABI.pdf) pp:1-26 (2010).
- Kılıç, A., (1986). Silo Yemi (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri), s. 327, İzmir,
- Kılıç, Ü., & Sarıççek, B.Z. (2010)., The effects of different silage additives on in vitro gas production, digestibility and energy values of sugar beet pulp silage. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5:566-574,
- Kung, L. Jr., Robinson, J.R., Ranjit N.K., Chen, J.H., Golt, C.M., & Pesek, J.D., 2000. Microbial populations, fermentation end products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. *J. Dairy Science*. 83:1479-1486.
- Leterme P, Thewis A, & Culot M., (1992). Supplementation of pressed sugar beet pulp silage with molasses and ureas layings hen excreta or soybean meal in ruminant nutrition.
- Levendoğlu, T., & Karşlı M.A., 2010. Yaş Şeker Pancarı Posasının Buğday Kepeği ile Birlikte Silolanma Olanakları ile Silaj Kalitesi ve Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi (I. Silaj Kalitesi). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(3): 175-178.
- Longland, A., & Low, A. (1988). Digestion of diets containing molassed or plain sugar beet pulp by growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23: 63-78. Marten, G.C., Barnes, R.F., (1 980). Prediction of Energy.
- Mabjeesh, S.J. Arieli, A. Bruckental, I. Zamwell S., & Tagari H., 1997 Effect of Ruminal Degradability of Crude Protein and Nonstructural Carbohydrates on the Efficiency of Bacterial Crude Protein Synthesis and Amino Acid Flow to the Abomasum of Dairy Cows, *Journal of Dairy Science*, Volume 80, Issue 11, Pages 2939-2949,
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz., D, & Schneider, W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science*, 93:217-222.
- Menke, K.H., & Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Resources and Development*, 28:7 – 55.
- Meeske, R., 2005. Silage additives: Do they make a difference? *South African Journal of Animal Scienc*, 6,49-55.
- Noller, C.H., Warner J.E., Rumsey, T.S, & Hill, N.J., 1993. Comparative digestibilities and intakes of green corn silages with advancing maturity. *J. Anim. Sci.* 22:1134(Abstr.).
- Özkan, Ç.Ö., 2012 Gladiçya meyvesinin yaş şeker pancarı posası silajında kullanımı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 81 syf
- Reynal S.M., & Broderick G.A., 2005 Effect of Dietary Level of Rumen-Degraded Protein on Production and Nitrogen Metabolism in Lactating Dairy Cows*, *Journal of Dairy Science*, Volume 88, Issue 11, ,Pages 4045-4064,
- Ülger, İ., Kaliber, M., Büyükkılıç Beyzi, S., & Konca, Y., 2015. Yaş Şeker Pancarı Posasının Bazı Meyve Posaları ile Silolanmasının Silaj Kalite Özellikleri, Enerji Değerleri ve Organik Madde Sindirilebilirlikleri Üzerine Etkisi. *Alnteri* 29 (B) – 19-25
- Ülger, İ., Kaliber, M., Konca, Y., & Büyükkılıç Beyzi, S., 2015. Yaş Şeker Pancarı Posasının Bazı Meyve Posaları ile Silolanmasının Besin Madde Kompozisyonu ve Silaj Kalite Özelliklerine Etkisi. 9. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi (3-5 Eylül 2015 /KONYA)
- Şahin, K., Çerçi, İ.H., Güler, T., Şahin, N., Kalender, H., & Çelik, S., 1999. The effects of different silage additives on the quality of sugar beet pulp silage. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 23: 285-292.
- Van Soest, P. J., 1991. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Yakışır, B. Ö., & Aksu, T., 2019 The Effect of Different Levels of Molasses's Dried Sugar Beet Pulp on the Quality of Alfalfa Silage. *Van Veterinary Journal*, 30 (2) 71-76

Effects of *Ferula Rigidula* plant extract on hyperglycemia, hyperlipidemia and pancreatic tissue oxidative stress in rats with experimental diabetes

Ayhan BEYAZPOLAT^{1*} Ugur OZDEK² Yeter DEGER³ 

¹Ayhan BEYAZPOLAT, Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Veterinary Medicine, Van, Türkiye

²Ugur OZDEK, Van Yüzüncü Yıl University, Vocational School of Health Services, Van, Türkiye

³Yeter DEGER, Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Veterinary Medicine, Van, Türkiye

Correspondence

¹Ayhan BEYAZPOLAT, Hakkari University, Vocational School of Health Services, Hakkari, Türkiye
Email: ayhanbeyazpolat@hakkari.edu.tr

* This study was produced from Ayhan BEYAZPOLAT's Master's thesis.

For the animal experiment in this article, Ethics Committee Approval was received with the decision of the "Yüzüncü Yıl University Animal Experiments Local Ethics Committee" dated 03/12/2020 and numbered 2020 /11-17.

Abstract

Ferula rigidula (FR) is one of the herbs used in traditional treatments. The aim of this study is to investigate the effects of this plant, which is used in traditional treatment, on insulin secretion, blood glucose level, lipid profile and some oxidative stress parameters in diabetes. In addition, studies on the total phenolic and flavonoid content of the plant extract, the determination of antioxidant activity by DPPH and CUPRAC method, and the lethal dose of FR were also performed. For the diabetes study, 49 male Wistar albino rats were used. Rats were divided into seven groups as control, diabetes, diabetes+ FR (250mg/kg), diabetes+ FR (500 mg/kg), diabetes+glibenclamide (5 mg/kg), FR (250 mg/kg), FR (500 mg/kg) group. According to the diabetes group, fasting blood glucose levels in the diabetes+FR 500 mg/kg group decreased. Cholesterol and HDL levels decreased in the diabetes+FR 250-500 mg/kg and diabetes+glibenclamide groups. MDA level decreased in diabetes+FR 250-500 mg/kg and diabetes+glibenclamide groups but it was determined that GSH level and CAT, GSH-Px, SOD enzyme activities increased. The positive effects of FR on some parameters that change in diabetes and examined in this study are explained.

Keywords: Antioxidant activity; Diabetes mellitus; *Ferula rigidula*; Oxidative stress; Rat

1. INTRODUCTION

Diabetes mellitus (DM) is a metabolic disease caused by irregularities in carbohydrate, protein and fat metabolism. It is a disorder in the secretion, effect or combination of the insulin hormone (Bulduk et al., 2022; Meydan et al., 2022). The amount of free radicals increases as a result of hyperglycemia, nonenzymatic protein glycosylation and autooxidation of glucose during diabetes. Some molecules that act as antioxidants under normal conditions help prevent possible damage by acting on free radicals. It is known that phenolic and flavonoid compounds, which are mostly found in plants, have antioxidant effects (Gao et al., 2022; Bazencir and Meydan, 2022). Under normal conditions, there are enzymatic catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), glutathione reductase (GSHR) etc.) and nonenzymatic (glutathione etc.) antioxidant defense systems that act as protective and reparative in the organism. This system fights against free radicals and the oxidative destruction caused by these radicals. Oxidative stress is the deterioration of the balance between antioxidants and oxidants in favor of oxidants. Oxidative stress plays an important role in the etiology and progression of diabetes (Özdek et al., 2020; Doğan et al., 2022).

In our country, the plants from the Apiacea (Umbelliferae) family, which have antioxidant and antihyperglycemic properties, have used widely against the diabetes (Özdek et al., 2020). *Ferula* L. is the third largest genus of the Apiaceae family and has 180-185 species. The FR species, which grows in the mountains of eastern and central Anatolia, is popularly known as siyabo (Arıtuluk et al., 2016). Like

other members of the Apiacea family, FR has been reported to be used in traditional treatments (Arituluk et al., 2016; Köse and Ocak, 2018). Bulut et al. (2014), in their interviews with the local people, reported that the above-ground part of the FR plant was used in the traditional treatment of diabetes and high cholesterol, and positive effects were obtained. However, no research has been found on the toxicity and antidiabetic effect of this plant.

Streptozotocin (STZ) is used to create a diabetes model in animal experiments. STZ causes the formation of reactive carbonium ions in pancreatic beta cells. These reactive carbonium ions, the poly (ADP-ribose) polymerase involved in DNA alkylation and subsequent DNA repair, consume nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) in the cell, thereby blocking the ATP source. Necrosis occurs in beta cells, via the consumption of the energy source. In addition, the oxidant effect of STZ and the formation of nitric oxide (NO) are effective in DNA damage caused by STZ (Rais et al., 2021).

Therefore, in the presented study, it was aimed to determine the antioxidant activity, total phenolic and flavonoid quantitation, lethal dose (LD50) of FR ethanol extract and to investigate the effects on blood insulin and glucose levels, lipid profile and oxidative stress parameters in diabetes. The effects of FR extract, which is used in the traditional treatment of established experimental diabetes, on serum fasting blood glucose (FBG), insulin, cholesterol, triglyceride, HDL, LDL levels were investigated.

2. MATERIALS and METHODS

2.1. Animal material

Five adult female Albino mice (20-30 g) were used in acute toxicity study and 49 male Wistar albino rats (200-250 g) were used in the experimental diabetes study. These animals were obtained from Van Yüzüncü Yıl University Experimental Animals Unit. The experimental animals were housed in cages where they were fed *ad libitum* without restriction in terms of feed and water, in rooms with 12 hours of darkness/lighting during the experiment and the temperature set to $22 \pm 2^\circ\text{C}$. This study was carried out by obtaining the research application approval document dated 25.06.2020 and decision number 2020/06-14 of the Animal Experiments Local Ethics Committee of Van Yüzüncü Yıl University.

2.2. Supplying of *Ferula rigidula* plant

The FR plant used in this study was collected from its natural environment on the rocks of Çavuştepe Castle in Gürpınar district of Van province in May-June. Herbarium registration number: VANF-164116.

2.3. Preparation of plant extract for analysis

The collected FR plant was dried in an environment without sunlight, with direct light air flow. The dried plant was pulverized with the help of a grinder. 100 grams of this powder was taken and kept in 1000 mL of 96% ethyl alcohol for 24 hours and then filtered. In the second step, the remaining filtrate was kept in 70% ethanol for 24 hours and filtered again. Then, both filtrates were combined and dried in the evaporator at 50°C at 70 rpm. The remainder was kept at 40°C until completely dry (Özdek et al., 2020).

2.4. In vitro analyzes of *Ferula rigidula* extract:

The Folin-Ciocalteus method (Singleton et al., 1999) was used to determine the total phenolic content of the FR extract. The aluminum nitrate method (Moreno et al., 2000) was used as the total amount of flavonoids equivalent to quercetin, and the CUPRAC method (Singleton et al., 1999) was used to determine the antioxidant capacity. The method based on reduction of neocuproin (Nc) complex

to colored Cu(I)-Nc chelate (Apak et al., 2004) and free radical scavenging activity were determined using DPPH free radical (Blois, 1958).

2.5. Acute toxicity study and dose determination

This test was carried out according to the Organization for Economic Corporation and Development (OECD) guideline 425 (Olela et al., 2020). For this, 5 female Albino mice, 8-12 weeks old, healthy, naive and non-pregnant at a dose of 2000 mg/kg body weight(BW) as specified in the test guideline were used. When performing the Limit Test according to the OECD 425 Test Guideline, mice deprived of feed and water 4 hours prior to dosing were weighed. After the dose of FR extract, calculated according to its weight, was dissolved in distilled water and administered by gavage, it was placed in a separate cage and followed for one day in terms of acute toxic symptoms (locomotor activity, strange behavior, abnormal sounding, sensitivity to pain, sensitivity to sound, tremor, etc.) No adverse symptoms were observed. Since death did not occur, the other 4 mice, which were deprived of 2000 mg/kg(BW) of feed and water beforehand, were administered the weight-calculated dose of FR extract by gavage. For 14 days, animals were monitored for delayed toxic effects, as no deaths occurred during this period, with an LD50 considered greater than 2000 mg/kg(BW). According to the results of this study, the dose of FR extract to be used was determined as 250 and 500 mg/kg(BW), taking into account the studies conducted with other plants from the Apiacea family (Yusufoglu et al., 2015; Özdek et al., 2020).

2.6. Establishment of working groups

In the study, 49 male Wistar albino rats were grouped as 7 in each after weighing. Groups, Group 1: Normal control, Group 2: Diabetes control, Group 3: Diabetes + FR (250 mg/kg), Group 4: Diabetes + FR (500 mg/kg), Group 5: Diabetes + glibenclamide (5 mg/kg), Group 6: FR control (250 mg/kg), Group 7: FR control (500 mg/kg). In order to induce diabetes, streptozotocin (STZ) dissolved in cold sodium citrate buffer (pH: 4.5) was administered intraperitoneally (*i.p.*) as a single dose of 45 mg/kg to rats that were fasted the night before. FBG levels were measured with the Accu-Check Active blood glucose monitor in blood samples taken from the tail vein of the rats 72 hours after the application. Those with blood sugar levels above 200 mg/dl were accepted as diabetes and included in the study (Kumar, Jain, Rathore, & Ahmed, 2016). FR extract was dissolved in distilled water and given as 250 mg/kg to groups 3 and 6, and 500 mg/kg to groups 4 and 7, as a single daily dose for 28 days, simultaneously via gastric gavage. Glibenclamide was dissolved in distilled water and given to Group 5 as 5 mg/kg, as a single daily dose for 28 days, simultaneously via gastric gavage (Andrade-Cetto, 2011).

2.7. Taking blood and pancreatic tissue samples

At the end of the 28-day trial, rats that were fasted for 12 hours were administered ketamine anesthesia (75 mg/kg ketamine + 10 mg/kg xylazine, ip) and intracardiac blood samples were taken into vacuum tubes with and without anticoagulant. After the blood samples were taken, the pancreas of the rats sacrificed by the bloodless method were removed and divided. One part was fixed with 10% formalin for histopathological evaluation. The other fragment was stored at -80 °C until analysis.

2.8. Analysis of blood

The blood taken into vacuum tubes without anticoagulant was centrifuged at 3000 rpm for 5 minutes. In the obtained serum samples, glucose, triglyceride, cholesterol and HDL measurements were made in an auto analyzer (ArchitecCi 1600) using a commercial kit. LDL amount was calculated according to the Fried ward formula (Giribabu et al., 2014).

$$\text{LDL cholesterol} = \text{Cholesterol} - (\text{HDL cholesterol} + \text{TG}/5).$$

Insulin level was measured in ELISA (Biotek ELx800) based on the double antibody sandwich method using commercial kit (BT-Lab, Cat. No E0707Ra.).

2.9. Preparation of tissue homogenate

The removed pancreatic tissue was weighed and 10 times the weight of phosphate buffer (pH: 7.2 – 7.4) was added to it and homogenized for 3 minutes at 16000 rpm with the help of a homogenizer. Homogenization was carried out in an ice bucket. The homogenates were centrifuged at 2000 – 3000 rpm, +4 °C for 20 minutes (Özdek et al., 2018). The obtained supernatants were used for biochemical analysis.

2.10. Analyzes in tissue homogenizer

Tissue malondialdehyde (MDA) level (Placer, Cushman, & Johnson, 1966), catalase enzyme (CAT) activity (Aebi, 1984), glutathione (GSH) and protein levels (Lowry, Rosebrough, Farr, & Randall, 1951) were determined using by spectrophotometric method. Glutathian peroxidase (GSH-Px, BT-Lab, Cat. No. E1759Ra) and superoxide dismutase (SOD, BT-Lab, Cat. No. E0168Ra) enzyme activities were determined by using an ELISA reader (Biotek ELx800) in accordance with the commercial ELISA kit insert used.

2.11. Histopathological analysis of pancreatic tissue

Pancreatic tissues taken for histopathological evaluation were fixed in 10% buffered formalin solution for 48-72 hours and then washed in running tap water for 12 hours. In routine tissue follow-up, after passing through alcohol (70°, 80°, 90°, 96° and 100°) and xylol series, they were blocked in paraffin, and 4 µm thick sections were taken from each block and slides were prepared. Preparations prepared for histopathological examination were stained with Hematoxylin Eosin (HE) and examined with light microscopy. The required fields are illustrated (Altındağ et al., 2021).

2.12. Statistical Analysis

In the study, Duncan's test was used to compare group means in terms of characteristics (variables), one-way analysis of variance (ANOVA) and analysis of variance in the 'SPSS statistics 23' program to determine statistical significance between groups. The statistical significance level was taken as 0.05 in the calculations.

3. RESULTS and DISCUSSION

The total phenolic content of FR extract was determined as 22.37 ± 0.60 µg GA/mg extract and the total flavonoid content was determined as 16.87 ± 2.06 µg CE/mg extract (**Table 1**). According to the CUPRAC method, the antioxidant activity of FR extract increased depending on the concentration, it was higher than the standard α -TOC, but lower than BHT (excluding 10 µg/mL) and BHA (**Table 2**). It was observed that the DPPH free radical scavenging activity of FR extract increased depending on the concentration, it was higher than the standard α -TOC and BHT, and it was close to BHA (**Table 3**).

Table 1: Total phenolic and flavonoid content of *Ferula rigidula* extract

	Total phenolic content (µg GA/mg extract)†	Total flovonoid content (µg QE/mg extract)‡
<i>Ferula rigidula</i>	22.37±0.60	16.87±2.06

Values were determined as mean±standard deviation after three parallel measurements. † GA, gallic acid equivalent, ‡ QE, quercetin equivalent

Table 2: Antioxidant activity results of *Ferula rigidula* extract, BHT, BHA and α -TOC by CUPRAC method

	<i>Ferula rigidula</i>	BHT	BHA	α -TOC
10 μ g/mL	0.17 \pm 0.02	0.17 \pm 0.01	0.24 \pm 0.02	0.16 \pm 0.03
25 μ g/mL	0.31 \pm 0.01	0.33 \pm 0.01	0.48 \pm 0.06	0.18 \pm 0.01
50 μ g/mL	0.55 \pm 0.04	0.62 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01	0.24 \pm 0.05
100 μ g/mL	1.03 \pm 0.04	1.24 \pm 0.05	1.63 \pm 0.03	0.31 \pm 0.01

Values were determined as mean \pm standard deviation after three parallel measurements.

Table 3: DPPH free radical scavenging activity % inhibition results of *Ferula rigidula* extract, BHT, BHA and α -TOC

	<i>Ferula rigidula</i>	BHT	BHA	α -TOC
50 μ g/mL	90.23 \pm 2.94	88.09 \pm 3.01	92.80 \pm 2.44	80.55 \pm 4.11
100 μ g/mL	90.83 \pm 1.83	89.53 \pm 2.77	92.82 \pm 2.56	83.60 \pm 2.72
250 μ g/mL	92.21 \pm 1.32	91.63 \pm 4.96	92.90 \pm 2.87	86.53 \pm 0.45
500 μ g/mL	92.64 \pm 3.02	92.05 \pm 1.92	94.26 \pm 1.88	88.94 \pm 2.90

Values were determined as mean \pm standard deviation after three parallel measurements.

On the 1st and 28th days of the study, the mean rat weights and the percent change in the mean weight in the same group were calculated. In the control group, a 6.4% increase in group mean weight was noted at the end of the study. A decrease of 24.4% was found in the mean weight of rats in the diabetes group. It was determined that there was a decrease of 21.4%, 24.1% and 22.0%, respectively, at the end of the study in the groups to which FR extract (250, 500 mg/kg) and glibenclamide (5 mg/kg) were administered with diabetes. It was found that there was an increase of 6.5% and 6.9%, respectively, in Groups 6 and 7 to which FR extract was applied (**Table 4**).

Table 4: Live weight levels of the groups

Groups (n =7)	Groups						
	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7
A	235	242	238	245	236	248	245
B	250	183	187	186	184	264	262
%	+6.4	-24.4	-21.4	-24.1	-22.0	+6.4	+6.9

A: Live weight averages (g) on the 1st day of the study, B; Average live weight (g) on the 28th day of the study, %; The rate of change in weight in the same group after the study (%). Group 1: Normal control, Group 2: Diabetes control, Group 3: Diabetes+FR (250 mg/kg), Group 4: Diabetes+ FR (500 mg/kg), Group 5: Diabetes+glibenclamide (5 mg/kg) kg, Group 6: FR control (250 mg/kg), Group 7: FR control (500 mg/kg).

When serum FBG levels were compared, it was determined that there was an increase in the groups 2, 3, 4 and 5 compared to the group 1. This increase was statistically significant. 1 ($P<0.05$). FBG level decreased in group 4 compared to group 2 ($P<0.05$). The decrease in groups 3 and 5 was not statistically significant when compared to group 2 ($P>0.05$). When it was compared in terms of serum insulin levels. It was determined that there was a statistically significant decrease in the groups 2, 3, 4 and 5 compared to the group 1 ($P<0.05$). It was determined that insulin levels in groups 4 and 5 increased compared to group 2 ($P<0.05$).

Cholesterol and HDL levels, it was determined that there was a significant increase in the diabetes group comparing to healthy rats ($P<0.05$). In Groups 3 and 4 treated with FR extract, increased cholesterol and HDL levels due to diabetes were found to be decreased, which was close to the control group. When it was compared in terms of triglyceride level, a statistically significant increase was found in the group 2 comparing to the group 1 ($P<0.05$). When the TG values in the groups 3, 4 and 5 were compared with both the group 1 and the group 2, it was determined that there was no statistical difference between them ($P>0.05$). LDL levels in groups 2 and 5 were statistically higher than Group 1 ($P<0.05$). It was determined that the LDL levels of the diabetic groups treated with FR extract were significantly lower than the diabetes group ($P<0.05$). When the control group and healthy groups (Group 6-7) given FR extract were compared in terms of the parameters which were examined, it was found that the differences were not statistically significant ($P>0.05$) (Table 5).

Table 5: Comparison of serum glucose, insulin and lipid profile parameters levels between study groups.

	FBG	INS	KOL	TG	HDL	LDL
	(mg/dl)	(mLU/L)	(mg/dl)	(mg/dl)	(mg/dl)	(mg/dl)
Grup 1	110.67±5.24 ^a	4.81±0.19 ^a	35.64±2.39 ^b	37.8±4.42 ^b	19.68±1.34 ^b	6.82±2.21 ^{c,d}
Grup 2	416.71±26.80 ^c	2.10±0.05 ^c	53.94±1.23 ^a	51.98±4.16 ^a	27.38±1.20 ^a	17.98±1.91 ^a
Grup 3	406.29±27.83 ^{b,c}	2.88±0.14 ^{b,c}	37.18±3.52 ^b	41.72±4.36 ^{a,b}	18.80±1.35 ^b	10.01±1.83 ^{b,c,d}
Grup 4	347.14±29.02 ^b	3.50±0.15 ^b	38.40±2.78 ^b	42.16±4.04 ^{a,b}	17.78±2.40 ^b	12.19±1.36 ^{b,c}
Grup 5	382.40±16.78 ^{b,c}	3.23±0.11 ^b	37.16±1.66 ^b	41.90±2.73 ^{a,b}	14.64±1.68 ^b	14.14±1.81 ^{a,b}
Grup 6	91.67±2.80 ^a	4.51±0.29 ^a	30.36±2.31 ^b	36.50±2.30 ^b	17.62±1.57 ^b	5.44±1.74 ^d
Grup 7	107.86±5.09 ^a	4.53±0.66 ^a	32.64±2.72 ^b	37.24±4.69 ^b	19.66±0.72 ^b	5.53±2.16 ^d

a,b,c: Different letters in each column represent the statistical difference between groups ($P<0.05$). FBG: Fasting blood glucose, INS: Insulin, COL: Cholesterol, TG: Triglyceride. Group 1: Normal control, Group 2: Diabetes control, Group 3: Diabetes+ FR (250 mg/kg), Group 4: Diabetes+ FR (500 mg/kg), Group 5: Diabetes+glibenclamide (5 mg/kg) kg, Group 6: FR control (250 mg/kg), Group 7: FR control (500 mg/kg).

3.1. Pancreatic tissue analysis results of experimental groups

There was a statistically significant increase in pancreatic tissue MDA level in all the diabetes groups compared to the control group ($P<0.05$). Compared to Group 2, the decrease in MDA levels in the diabetic groups (Group 3-4) given FR extract and glibenclamide group (Group 5) was found to be statistically significant. ($P<0.05$). When pancreatic tissue CAT, GSH-Px, SOD enzyme activities and

GSH levels were compared, it was determined that there was a significant decrease in all diabetes groups compared to the control group ($P<0.05$). It was found that the increase in the treated diabetic groups (groups 3, 4 and 5) was statistically significant ($P<0.05$), but the increase in Group 4 in terms of GSH-Px was not significant ($P>0.05$). When the control group and FR extract control groups were compared in terms of the parameters examined; It was found that the difference between group 1 and group 6 and 7 in pancreatic tissue was not statistically significant ($P>0.05$) (**Table 6**).

Table 6: Pancreatic tissue oxidative stress parameters analysis results of the experimental groups

	MDA (nmol/g protein)	CAT (U/mg protein)	GSH-Px (U/mg protein)	SOD (ng/g protein)	GSH (μ mol/g protein)
Grup 1	0.86 \pm 0.04d	3.21 \pm 0.20a	536.95 \pm 41.02a	10.24 \pm 0.78a	22.99 \pm 0.16a
Grup 2	3.11 \pm 0.12a	1.07 \pm 0.05c	140.91 \pm 12.91c	2.67 \pm 0.26c	17.2 \pm 0.18c
Grup 3	2.16 \pm 0.04b	1.87 \pm 0.09b	327.21 \pm 8.26b	6.26 \pm 0.16b	20.33 \pm 0.48b
Grup 4	1.69 \pm 0.06c	1.69 \pm 0.11b	154.20 \pm 6.75c	2.95 \pm 0.13b	19.69 \pm 0.16b
Grup 5	2.06 \pm 0.08b	1.48 \pm 0.12b	251.07 \pm 3.95b	4.80 \pm 0.08b	19.22 \pm 0.14b
Grup 6	0.99 \pm 0.02d	3.37 \pm 0.16a	555.91 \pm 37.28a	9.50 \pm 1.11a	23.37 \pm 0.73a
Grup 7	1.02 \pm 0.08d	3.24 \pm 0.19a	560.99 \pm 52.56a	10.36 \pm 0.63a	23.74 \pm 0.59a

a,b,c: Different letters in each column represent the statistical difference between groups ($P<0.05$). MDA: Malondialdehyde, CAT:

Catalase, GSH-Px: Glutathione peroxidase, SOD: Superoxide dismutase, GSH: Glutathione. Group 1: Normal control, Group 2: Diabetes control, Group 3: Diabetes+FR (250 mg/kg), Group 4: Diabetes+FR (500 mg/kg), Group 5: Diabetes+glibenclamide (5mg/kg), Group 6: FR control (250 mg/kg), Group 7: FR control (500 mg/kg).

3.2. Histopathological evaluations

It was observed that the pancreatic tissue of the rats in the groups formed from healthy rats (groups 1, 6 and 7) had normal histological architecture. It was observed that islet cells were polygonal in healthy groups. In these groups, blood vessels and pancreatic ducts were normal. It was determined that the pancreatic tissue and pancreatic islet of Langerhans in the rats in Group 2 and 3 had shrinkage and intensely necrotic cells. Moderately necrotic cells were detected in the pancreatic tissue and pancreatic islet of Langerhans in the rats in Groups 4 and 5 (**Figure 1**).

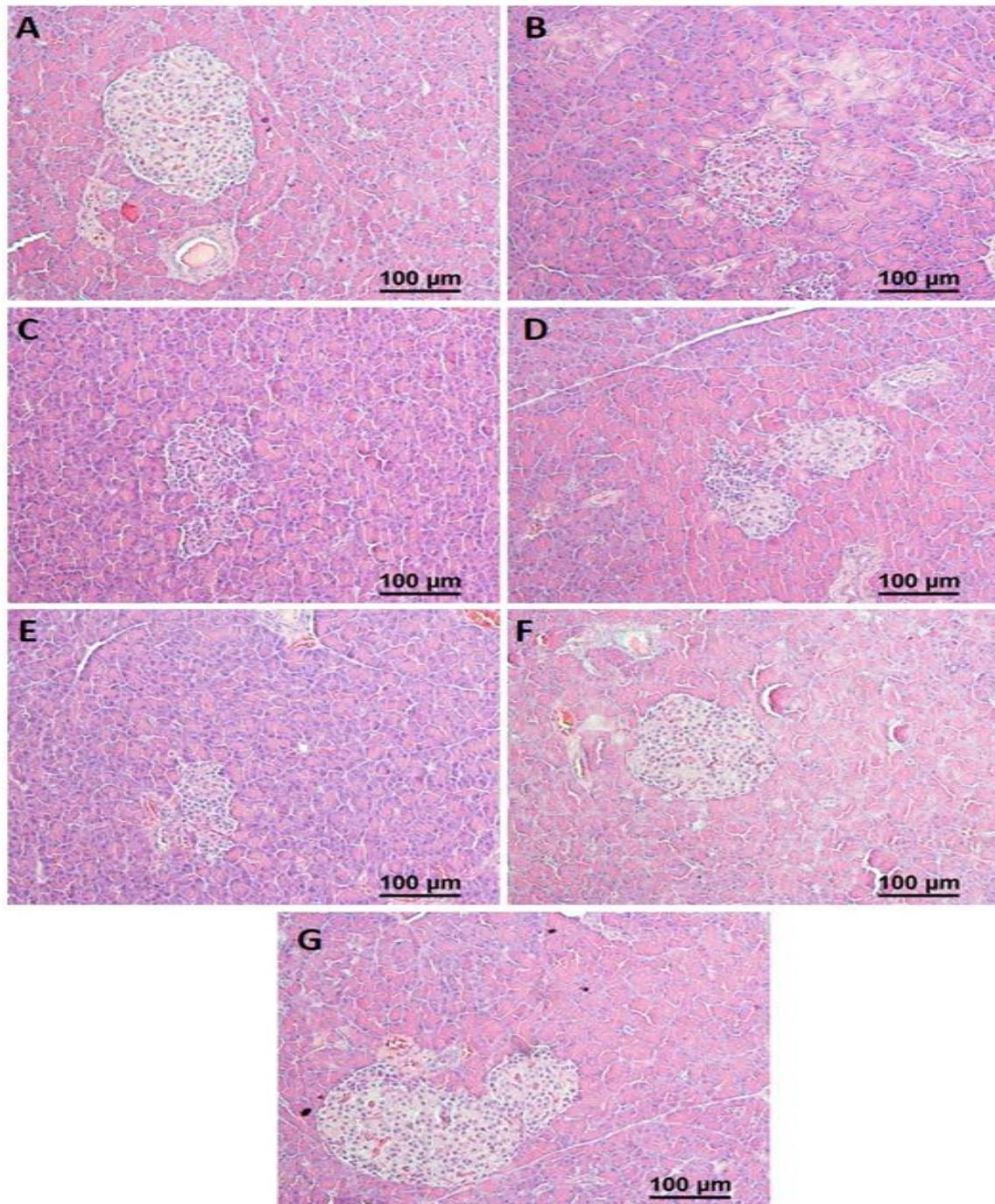


Figure 1. Histological appearance of pancreatic tissue belonging to the experimental groups. Group 1 (A): Normal control, Group 2 (B): Diabetes control, Group 3 (C): Diabetes+FR (250 mg/kg), Group 4 (D): Diabetes+FR (500 mg/kg), Group 5 (E): Diabetes+glibenclamide (5mg/kg), Group 6 (F): FR control (250 mg/kg), Group 7 (G): FR control (500 mg/kg).

From ancient times to the present, it is known that many plants are used in traditional treatment methods and alternative medicine in our country and in the world. There are many scientific studies conducted with different plants in the *Apiaceae* family (Abu-Zaiton, 2010). Different plants belonging to the *Apiaceae* family are traditionally used to relieve different complaints such as carminative, spasmodic gastrointestinal complaints, bloating, stomach complaints, indigestion, anorexia, diabetes, and blood pressure regulator (Arituluk et al., 2016; Özdek et al., 2020). In pharmacological and biological studies with these plants, antimicrobial (Şenol & Ocak, 2018), antiviral, antifungal (Kaval & Tonçer, 2020), cancer chemopreventive (Cinar et al., 2020), antidiabetic (Arituluk et al., 2016; Özdek et al., 2020) and blood pressure regulator (Esmaeili et al., 2020) properties were examined.

Oxidative stress, which occurs when the balance between oxidants and antioxidants is disturbed in favor of oxidants, plays an important role in the formation and course of diabetes. Free radicals that arise as a result of oxidative stress cause metabolic disorders and decrease insulin secretion in beta cells of the pancreas (Giribabu et al., 2014). After it was understood that free radicals are effective in the formation of diabetes, it has been suggested that plants with antioxidant properties can be used in the treatment or support of diabetes. It has been shown in different studies that antioxidants suppress oxidative stress and prevent possible cell damage (Yusufoglu et al., 2015). Another method to strengthen the antioxidant defense system is through dietary minerals, vitamins and natural antioxidant compounds. Examples of natural antioxidant compounds are isoflavones, flavonoids, flavones, coumarins, α -tocopherol, β -carotene, isocatechins, anthocyanins, catechins, vitamins C and E (Jain et al., 2008). In studies which were conducted, it has been determined that the molecules contained in plants are effective in antioxidant defense (Jalili-Nik et al., 2019; Özdek et al., 2020). Phenolic compounds and flavonoids from these molecules eliminate the negative effects of free radicals that occur naturally in metabolism (Gao et al., 2022). Therefore, in many studies with plants, the total phenolic and flavonoid content of the plant was investigated (Özdek et al., 2020). Different methods such as β -carotene color bleaching, DPPH free radical, ABTS cation radical and superoxide anion radical removal and CUPRAC methods are used to determine antioxidant capacity. Studies have shown that there is a parallelism between total phenolic and flavonoid content levels and antioxidant capacity (Kose & Ocak, 2018; Ozdek et al., 2020). Kose and Ocak (2018) investigated the total phenol content and DPPH free radical scavenging activity of methyl alcohol, ethyl alcohol and acetone extracts of FR plant. They stated that methyl alcohol extract has more phenolic content, while DPPH free radical scavenging activity is at the highest level in ethyl alcohol extract. In the present study, the total phenolic content of the FR ethyl alcohol extract was found to be 22.37 ± 0.60 $\mu\text{g GA/mg}$ and the total flavonoid content was 16.87 ± 2.06 $\mu\text{g CE/mg}$. In order to determine the antioxidant activity, in the studied CUPRAC method, it was found that the antioxidant activity of FR extract increased depending on the concentration and was higher than the α -TOC used as the standard. DPPH free radical scavenging activity was found to be higher than the standard α -TOC and BHT. These results show that the total phenolic and flavonoid content of the plant is at a good level.

It should be ensured that the plant or different substances do not have a toxic effect in the use of living things. There are different toxicity tests used for this purpose. Most current toxicity testing methods involve the use of laboratory animals (eg, mice, rats, rabbits). In recent years, toxicity methods recommended by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) have been used to spend less experimental animals (Krishnasamy et al., 2016; Bhandari et al., 2021). In the presented study, the lethal dose of FR extract was found to be more than 2000 mg/kg according to OECD Test Guideline 425 before the intended diabetes study was conducted. While determining the application dose for the treatment of diabetes, the doses of plants from the same family as FR used in scientific research were taken into account. These doses were determined as 250-500 mg/kg (Jagtap & Patil, 2010; Yusufoglu et al., 2015).

DM is one of the most common diseases seen in societies. The incidence of DM, which is also common in developed countries, is increasing by 50% every decade (Shaw et al., 2010). Due to hyperglycemia in DM, major damage may occur in different organs, especially kidney, heart, eyes, nervous system and blood vessels (Fadem, 2022). In the treatment of diabetes, in addition to exercise and nutrition methods, oral antidiabetic drugs and insulin are used to maintain metabolic balance. Glibenclamide belongs to the group of sulfonylureas among oral antidiabetics and is used as a reference drug in experimental diabetes studies. Drugs in this group have an antihyperglycemic effect by increasing the secretion and effect of insulin in the beta cells of the pancreas (Lazzaroni et al., 2021). Different *Ferula* species belonging to the Apiaceae family are used in the treatment of different diseases

in local treatments (Yusufoglu et al., 2015; Arituluk et al., 2016; Özdek et al., 2020). As a result of the examinations, no literature investigating the effect of FR on diabetes was found. In this study, an experimental diabetes model was created using streptozotocin (STZ) in Wistar rats. The effects of different doses of FR extract on serum biochemical parameters, pancreatic tissue oxidant and antioxidant parameters and histopathology were evaluated.

Due to the deterioration in metabolism in diabetes mellitus, the use of fat and protein increases, despite the high level of glucose in the blood. Therefore, a decrease in body weight is observed. In different studies, significant reductions in body weight were found in rats with experimental diabetes (Jagtap & Patil, 2010; Jalili-Nik et al., 2019; Özdek et al., 2020). In the presented study, it was determined that in all diabetes groups (groups 2, 3, 4 and 5), the mean body weight at the end of the study was significantly decreased compared to the mean body weight at baseline.

In diabetes mellitus, a hyperglycemic picture occurs due to damage to the beta cells that produce insulin in the pancreas (Noriega-Cisneros et al., 2012). It has been reported that as a result of STZ injection, serum insulin level decreased (Giribabu et al., 2014; Lazzaroni et al., 2021) and glucose level increased in blood samples of animals with diabetes mellitus, compared to the control group, due to beta cell destruction (Jagtap & Patil, 2010; Akhlaghi et al., 2012; Abou Khalil et al., 2016). In these studies, it was stated that *Cuminum cyminum* (Jagtap & Patil, 2010), *Ferula gummosa-oleo resin* (Jalili-Nik et al., 2019) and *Petroselinum sativum* (Abou Khalil et al., 2016) plants belonging to the *Apiacea* family increased the serum insulin level and decreased the glucose level in rats with diabetes. Unlike these literature results, it was found that plant extracts of *Petroselinum crispum* (Yanardağ et al., 2003), *Ferula assafoetida* (Akhlaghi et al., 2012) and *Eryngium carlinae* (Noriega-Cisneros et al., 2012) did not cause any change in serum glucose level with diabetes. In the presented study, it was determined that the diabetes group had low serum insulin levels and high glucose levels. This result that we obtained is in line with the literature. In the diabetic group, where 500 mg/kg of FR extract was administered, the decrease in the FBG level and the increase in the insulin level were significant compared to the diabetes group. The reason for this partial improvement may be the curative effect of FR on the pancreatic tissue due to its antioxidant properties. While the decrease in FBG level in the glibenclamide given group was not significant compared to the diabetic group, the increase in insulin level was found to be significant.

In the pathogenesis of diabetes mellitus, besides carbohydrate metabolism, lipid and lipoprotein metabolism are also impaired. Hypertriglyceridemia and hypercholesterolemia are very common conditions in diabetes patients. The main lipoprotein lipase and hepatic lipase enzymes, which are responsible for the level of blood lipids, are under the influence of the hormone insulin. It is observed that the blood lipid profile is also affected by the changes in the insulin level (Özdek et al., 2020). It was determined that serum triglyceride, cholesterol and LDL levels increased and HDL levels decreased in the studies investigating the effects of diabetes on blood lipid profile (Giribabu et al., 2014). There are studies showing different effects of other plants belonging to this plant family on serum lipid profile (Yusufoglu et al., 2015). It was determined that, with the administration of *Ferula durani* root extract in rats with experimental diabetes, the level of total cholesterol, triglyceride and LDL, which increased with diabetes, decreased, while there was an increase in the level of HDL, which decreased with diabetes. In another study, Jalili-Nik et al. (2019) found that the increased total cholesterol, triglyceride, LDL and HDL levels decreased with the administration of *Ferula gummosa-oleo resin* in rats with experimental diabetes. However, Akhlaghi et al. (2012) found that there was no significant change in triglyceride, cholesterol, HDL cholesterol and LDL cholesterol levels in diabetic rats in their study with *Ferula assafoetida* plant. In the presented study, cholesterol, triglyceride and HDL and LDL levels were found to be significantly increased in the diabetes group compared to the controls. Compared to the diabetes

group, it was determined that the cholesterol and HDL levels decreased in the diabetic groups treated with 250-500 mg/kg FR extract and glibenclamide, as well as having results close to the control group values. The decrease in the increased LDL level in diabetic groups treated with FR extract is an indication of the positive effect of this plant on the lipid profile.

Oxidative stress occurs as a result of free radicals formed in rats with STZ-induced diabetes. Malondialdehyde (MDA) is a product of lipid peroxidation. The amount of MDA gives important information about the level of oxidative stress (Abou Khalil et al., 2016). It has been determined that *Cuminum cyminum* plant extract from the *Apiacea* family significantly reduces the increased MDA level in the pancreas of diabetic rats, and there is no difference between the MDA level of the control group (Jagtap & Patil, 2010). Yusufoglu et al. (2015), found that the increased MDA level in the pancreas and liver tissue decreased with the administration of *Ferula duranii* root extract in rats with experimental diabetes. Özdek, (2017) determined that the increased MDA level in the pancreatic tissue of diabetic rats decreased with the administration of *Diplotaenia turcica* root extract. In this study, it was observed that the pancreatic tissue MDA level was significantly increased in the diabetes group compared to the control group, which supports the above literature results. According to the diabetes group, it was determined that the MDA level decreased significantly in the groups treated with 250-500 mg/kg of FR extract and glibenclamide with diabetes, and the decrease was the most in the group that was administered 500 mg/kg of FR extract. It is thought that this significant decrease in MDA level in pancreatic tissue may be related to the inhibition of lipid peroxidation due to antioxidant properties of FR extract in defense against oxidative damage due to diabetes.

Antioxidant enzymes are used to make free radicals more harmless or ineffective. Thus, they protect the metabolism against oxidative stress. GSH is an intracellular non-enzymatic antioxidant substance. By reacting directly with peroxides and free radicals, it prevents the formation of oxidative damage that will occur as a result of oxidative stress. While GSH resists radical-induced damage, it acts as a substrate for antioxidant enzymes and acts as a radical scavenger (Gomathi et al., 2013).

In the studies which were conducted, different results were found regarding the antioxidant substance level and enzyme activities in the pancreatic tissue. Yusufoglu et al. (2015) and Özdek (2017) reported that GSH-Px, CAT, SOD enzyme activities and GSH levels decreased in pancreatic tissue of STZ-induced rats when it was compared with the control group. On the other hand, Yang and Cherian (1994) only evaluated SOD activity and found that there was no change in the enzyme activity in the question. In another study, reported that SOD and CAT enzyme activities increased in pancreatic tissue of STZ-induced rats when compared with the control group (Shukla et al., 2007). And also, in these studies; Yusufoglu et al. (2015) found that *Ferula duranii* root extract, Özdek (2017) determined that the GSH level, which they stated decreased in liver and pancreas tissue, and SOD, CAT and GSH-Px enzyme activities increased significantly with the use of *Diplotaenia turcica* root extract. In this study, it was determined that CAT, GSH-Px, SOD, enzyme activities and GSH levels of pancreatic tissue in the diabetes group were significantly decreased, when it was compared to the control group. This result showed a parallelism with the data of the above studies, thus it was revealed that antioxidant levels and/or enzyme activities decreased in the pancreatic tissue of diabetic groups. In diabetic rats, the decreased CAT, GSH-Px (except 500 mg/kg), SOD enzyme activities and GSH levels were found to increase statistically in the groups treated with 250-500 mg/kg of FR extract and glibenclamide. On the other hand, 250 mg/kg of FR extract was found to be more effective in increasing CAT, GSH-Px and SOD enzyme activities. This increase in antioxidant parameters in pancreatic tissue may be due to the free radical scavenging and protective effect of FR extract against oxidative stress. It was found that there was no difference between the groups administered 250-500 mg/kg of FR extract and the control

group in terms of CAT, GSH-Px, SOD enzyme activities and GSH level. Significant pathological findings have been reported in histopathological and immunohistochemical studies in STZ-induced rats, and atrophy in pancreatic islets of Langerhans, degeneration and necrosis in beta cells were detected (Altındağ et al., 2021; Özdek et al., 2020). In the presented study when it was compared to the control group, pancreatic islets of Langerhans decreased in size and dense necrotic cells were observed in the diabetes group. In the group given 250 mg/kg FR extract, similar to the diabetes group, pancreatic islets of Langerhans decreased in size and had dense necrotic cells. It was observed that the groups given FR extract 500 mg/kg and glibenclamide had moderately necrotic cells in the pancreatic islet of Langerhans. It was determined that the pancreatic tissue of the groups given 250-500 mg/kg FR extract had a normal histopathological structure.

4. CONCLUSION

In experimental studies with plants, antihyperglycemic effects have been demonstrated in different ways. These plants can cause a decrease in blood glucose level by triggering events such as increasing insulin synthesis, reducing insulin resistance, absorbing glucose from the intestines, consuming more glucose in cells, and regeneration in pancreatic cells. The antihyperglycemic effect of *Ferula rigidula* extract may be associated with its curative effect on pancreatic islets of Langerhans. The effects of the antihyperglycemic property of *Ferula rigidula* extract on other possible pathways need to be clarified by different studies. Based on this information, it was concluded that 500 mg/kg administered dose of *Ferula rigidula* extract could be useful to investigate clinical use possibilities, since it reduces the oxidative stress in the pancreatic tissue in an experimental diabetes model and has a healing effect on beta cells in the pancreatic islets of Langerhans.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Van Yüzüncü Yıl University with the project numbered TYL-2020-8827. For taxonomic review, I would like to thank, Associate Professor, Mesut Süleyman PINAR.

6. AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors have contributed equally to this study.

7. CONFLICT of INTEREST

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Abou Khalil, N. S., Abou-Elhamd, A. S., Wasfy, S. I., El Mileegy, I. M., Hamed, M. Y., & Ageely, H. M. (2016). Antidiabetic and antioxidant impacts of desert date (*Balanites aegyptiaca*) and parsley (*Petroselinum sativum*) aqueous extracts: Lessons from experimental rats. *J. Diabetes Res*, 2016(ID 8408326), 1-10.
- Abu-Zaiton, A. S. (2010). Anti-diabetic activity of *Ferula assafoetida* extract in normal and alloxan-induced diabetic rats. *Pak J Biol Sci*, 13(2), 97-100.
- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. In *Methods in enzymology* (Vol. 105, pp. 121-126): Elsevier.
- Akhlaghi, F., Rajaei, Z., Hadjzadeh, M. A., İranshahi, M., & Mahdi, A. (2012). Antihyperglycemic effect of asafoetida (*Ferula assafoetida* Oleo-Gum-Resin) in streptozotocin-induced diabetic rats. *World Applied Sci J*, 17(2), 157-162.
- Altındağ, F., Rağbetli, M. Ç., Özdek, U., Koyun, N., Alhalboosi, J. K. I., & Elasan, S. (2021). Combined treatment of sinapic acid and ellagic acid attenuates hyperglycemia in streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Chem Toxicol*, 156, 112443.

- Andrade-Cetto, A. (2011). Hypoglycemic effect of *Smilax moranensis* root on N5-STZ diabetic rats. *Pharmacologyonline*, 1, 111-115.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *J Agric Food Chem*, 52(26), 7970-7981.
- Arituluk, Z. C., Çankaya Tatlı, İ. İ., & Özkan Gençler, A. M. (2016). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of some *Tanacetum L.* (Asteraceae) taxa growing in Turkey. *J Pharm Sci*, 41, 17-25.
- Bazancir, N., & Meydan, I. (2022). Characterization of Zn nanoparticles of *Platanus orientalis* plant, investigation of DPPH radical extinguishing and antimicrobial activity. *East J Med*, 27(4), 615-619
- Bhandari, R., Singh, M., Jindal, S., & Kaur, I. P. (2021). Toxicity studies of highly bioavailable isoniazid loaded solid lipid nanoparticles as per Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) guidelines. *Eur J Pharm Biopharm*, 160, 82-91.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199.
- Bulduk, B., Gokhan, O., Günbatar, N., Bulduk, M., Koçak, Y., Elasan. (2022). S. J. J. o. H. S., & Medicine. The effect of resveratrol on toxicity caused by cisplatin in rats with experimentally created diabetes by streptozotocin. 5(1), 124-130.
- Cinar, A. S., Bakar-Ates, F., & Onder, A. (2020). *Seseli petraeum M. Bieb.*(Apiaceae) Significantly inhibited cellular growth of A549 lung cancer cells through G0/G1 cell cycle arrest. *An Acad Bras Cienc*, 92(4), 1-11.
- Doğan, D., Meydan, I., & Kömüroğlu, A. U. (2022). Protective effect of silymarin and gallic acid against cisplatin-induced nephrotoxicity and hepatotoxicity. *Int J Clin Pract*, 2022.
- Esmaili, H., Esmailidehaj, M., Zarch, S. E., & Azizian, H. (2020). Role of the potassium channels in vasorelaxant effect of *asafoetida* essential oil. *Avicenna J Phytomed*, 10(4), 407.
- Fadem, S. Z. (2022). Diabetes and Kidney Disease. In *Staying Healthy with Kidney Disease* (pp. 23-33): Springer.
- Gao, H. X., Liang, H. Y., Chen, N., Shi, B., & Zeng, W. C. (2022). Potential of phenolic compounds in *Ligustrum robustum* (Roxb.) Blume as antioxidant and lipase inhibitors: Multi-spectroscopic methods and molecular docking. *J Food Sci*, 87, 651-663.
- Giribabu, N., Kumar, K. E., Rekha, S. S., Muniandy, S., & Salleh, N. (2014). *Chlorophytum borivilianum* root extract maintains near normal blood glucose, insulin and lipid profile levels and prevents oxidative stress in the pancreas of streptozotocin-induced adult male diabetic rats. *Int J Med Sci*, 11(11), 1172-1184.
- Gomathi, D., Ravikumar, G., Kalaiselvi, M., Devaki, K., & Uma, C. (2013). Efficacy of *Evolvulus alsinoides* (L.) L. on insulin and antioxidants activity in pancreas of streptozotocin induced diabetic rats. *J Diabetes Metab Disord*, 12(1), 39-44.
- Jagtap, A., & Patil, P. (2010). Antihyperglycemic activity and inhibition of advanced glycation end product formation by *Cuminum cyminum* in streptozotocin induced diabetic rats. *Food Chem Toxicol*, 48(8), 2030-2036.
- Jain, P. K., Ravichandran, V., Sharma, S., & Agrawal, R. K. (2008). The antioxidant activity of some medicinal plants. *Turk J Biol*, 32(3), 197-202.
- Jalili-Nik, M., Soukhtanloo, M., Javanshir, S., Yazdi, A. J., Esmailizadeh, M., Jafarian, A. H., & Ghorbani, A. (2019). Effects of ethanolic extract of *Ferula gummosa* oleo-resin in a rat model of streptozotocin-induced diabetes. *Res Pharm Sci*, 14(2), 138.
- Kaval, U., & Tonçer, O. (2020). A Review on Antibacterial, Antifungal and Antiviral Activities of Plants Included in the Apiaceae Lindley Family. *Batman University Journal of Life Sciences*, 10(2), 163-182.
- Krishnasamy, G., Muthusamy, K., Chellappan, D. R., & Subbiah, N. (2016). Antidiabetic, antihyperlipidaemic, and antioxidant activity of *Syzygium densiflorum* fruits in streptozotocin and nicotinamide-induced diabetic rats. *Pharm Biol*, 54(9), 1716-1726.
- Kumar, V., Jain, P., Rathore, K., & Ahmed, Z. (2016). Biological evaluation of *Pupalia lappacea* for antidiabetic, antiadipogenic, and hypolipidemic activity both in vitro and in vivo. *Scientifica (Cairo)*, 2016, 1-10. doi:10.1155/2016/1062430
- Lazzaroni, E., Nasr, M. B., Loretelli, C., Pastore, I., Plebani, L., Lunati, M. E., Montefusco, L. (2021). Anti-diabetic drugs and weight loss in patients with type 2 diabetes. *Pharmacol Res*, 171, 105782.

- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem*, 193, 265-275.
- Meydan, I., Burhan, H., Gür, T., Seçkin, H., Tanhaei, B., & Sen, F. (2022). Characterization of *Rheum ribes* with ZnO nanoparticle and its antidiabetic, antibacterial, DNA damage prevention and lipid peroxidation prevention activity of in vitro. *Environ Res*, 204, 112363.
- Moreno, M. N., Isla, M., Sampietro, A. R., & Vattuone, M. A. (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol*, 71(1), 109-114.
- Noriega-Cisneros, R., Ortiz-Avila, O., Esquivel-Gutiérrez, E., Clemente-Guerrero, M., Manzo-Avalos, S., Salgado-Garciglia, R., Saavedra-Molina, A. (2012). Hypolipidemic activity of *Eryngium carlinae* on streptozotocin-induced diabetic rats. *Biochem Res Int*, 2012(ID 603501), 1-5.
- Olela, B., Mbaria, J., Wachira, T., & Moriasi, G. (2020). Acute oral toxicity and anti-inflammatory and analgesic effects of aqueous and methanolic stem bark extracts of *piliostigma thonningii* (schumach.). *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, 2020, Article ID 5651390.
- Özdek, U., Başbuğan, Y., Yıldırım, S., Fırat, M., & Değer, Y. (2018). Activity, acute and sub-acute toxicity and safety assesment of the hydroalcoholic root extract of *Diplotaenia turcica*. *Indian J Anim Res*, 52(12), 1688-1694. doi:DOI: 10.18805/ijar.B-901
- Özdek, U., Yıldırım, S., & Değer, Y. (2020). The effect of *Diplotaenia turcica* root extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Turk J Biochem*, 45(2), 1-10. doi:https://doi.org/10.1515/tjb-2018-0411.
- Placer, Z. A., Cushman, L. L., & Johnson, B. C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Anal Biochem*, 16(2), 359-364.
- Rais, N., Ved, A., Ahmad, R., Parveen, K., Gautam, G. K., Bari, D. G., Singh, A. P. (2021). Model of Streptozotocin-Nicotinamide Induced Type 2 Diabetes: A Comparative Review. *Current diabetes reviews*.
- Shaw, J. E., Sicree, R. A., & Zimmet, P. Z. (2010). Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Res Clin Pract*, 87(1), 4-14.
- Shukla, R., Padhye, S., Modak, M., Ghaskadbi, S. S., & Bhone, R. R. (2007). Bis (quercetinato) oxovanadium IV reverses metabolic changes in streptozotocin-induced diabetic mice. *Rev Diabet Stud*, 4(1), 33-43.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178): Elsevier.
- Şenol, K., & Ocak, E. (2018). Antimicrobial and antioxidant properties of sirmo (*Allium vineale* L.), mendi (*Chaerophyllum macropodium* Boiss.) and siyabo (*Ferula rigidula* DC.). *Academic Food Journal*, 43(2), 294-302.
- Yanardağ, R., Bolkent, Ş., Tabakoğlu-Oğuz, A., & Özsoy-Saçan, Ö. (2003). Effects of *Petroselinum crispum* extract on pancreatic B cells and blood glucose of streptozotocin-induced diabetic rats. *Biol Pharm Bul*, 26(8), 1206-1210.
- Yusufoglu, H., Soliman, G., Abdel-Rahman, R., Abdel-Kader, M., Ganaie, M., Bedir, E., Öztürk, B. (2015). Antihyperglycemic and antihyperlipidemic effects of *Ferula duranii* in experimental type 2 diabetic rats. *Int J Pharmacol*, 11(6), 532-541.