T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MUSKAT CEVİZİNİN *(M. FRAGRANS HOUTT)* GIDA ENDÜSTRİSİNDE KATKI MADDESİ OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN SAĞLAM

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. MURAT ZORBA

ÇANAKKALE – 2025

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MUSKAT CEVİZİNİN *(M. FRAGRANS HOUTT)* GIDA ENDÜSTRİSİNDE KATKI MADDESİ OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN SAĞLAM

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. MURAT ZORBA

BU ÇALIŞMA, ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ TARAFINDAN DESTEKLENMİŞTİR.
PROJE NO: FHD-2024-4794

ÇANAKKALE – 2025

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Osman SAĞLAM tarafından Doç. Dr. Murat ZORBA yönetiminde hazırlanan ve **28/04/2025** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Muskat Cevizinin *(M. Fragrans Houtt)* Gıda Endüstrisinde Katkı Maddesi Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Doç. Dr. Murat ZORBA	……
Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY	……
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Zeki HEPÇİMEN	…….

Tez No : ……..
Tez Savunma Tarihi : 28/04/2025

……
Prof. Dr. Melis ULU DOĞRU
Enstitü Müdürü

28/04/2025

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)
Osman SAĞLAM
28/04/2025

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Murat ZORBA'ya,

Mikrobiyoloji laboratuvarındada yapılan antimikrobiyal analizlerinde büyük bir keyifle yardımcı olan ve engin bilgilerinden faydalanmama olanak sağlayan çok sayın hocam Prof. Dr. Nükhet Nilüfer DEMİREL ZORBA'ya,

Çalışmalar süresince her an değerli bilgilerine başvurduğum çok sayın bölüm hocalarım ve arkadaşlarıma,

Hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FHD-2024-4794

ÖZET

MUSKAT CEVİZİNİN *(M. FRAGRANS HOUTT)* GIDA ENDÜSTRİSİNDE KATKI MADDESİ OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Osman SAĞLAM
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Murat ZORBA
28/04/2025, 54

Bu çalışma, muskat cevizinin (*Myristica Fragrans Houtt*) gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışma kapsamında muskat cevizinde kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda muskat cevizinin nem, toplam yağ, kül ve protein değerleri sırasıyla ortalama %11,79±0,32, %2,09±0,01, %30,13±0,04 ve %14,64±0,09 olarak belirlenmiştir. Elde edilen yağın içeriğinde yoğun mumsu madde içerdiği gözlenmiştir. Öğütülen muskat cevizinde uçucu yağ eldesi için mikrodalga ve klevenger düzeneği ekstraksiyonu olma üzere iki farklı ekstraksiyon sistemi kullanılmış ve analiz sonucunda her iki ekstraksiyon için de uçucu yağ içeriği %5 olarak bulunmuştur. Elde edilen uçucu yağların antioksidan kapasite ve antimikrobiyal özelliklerini belirlemek amacıyla analizler gerçekleştirilmiş ve DPPH antioksidan kapasite değeri mikrodalga ekstraksiyonu için %72,75±1,20 ve klevenger düzeneği ile ekstraksiyon için ise %76,60±0,73 olarak bulunmuştur. Bu ise, muskat cevizi uçucu yağlarının iyi bir antioksidan kapasiteye sahip olduklarını göstermektedir. Antimikrobiyal aktivite açısından incelenen muskat cevizi uçucu yağlarının ***C. albicans ATCC 10231, C. utilis, S. Boulardii, S. Aereus ATCC 6538, S. Aereus ATCC 29213, S. Aereus ATCC 25923, S. Aereus ATCC 700695, L. İnocua, E. coli ATCC 13846*** ve ***E. coli 25922*** üzerine antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Muskat Cevizi, Uçucu Yağ, Antioksidan Kapasite, Antimikrobiyal Aktivite

ABSTRACT

INVESTIGATION OF USING POSSIBILITES OF MUSCAT WALNUT (*M. FRAGRANS HOUTT*) AS A FOOD ADDITIVE IN THE FOOD INDUSTRY

Osman SAĞLAM

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Murat ZORBA

28/04/2025, 54

In this study, it is aimed to research the usability of nutmeg (*Myristica Fragrans Houtt*) as an food additive in foods. Through the study, chemical analyses were carried out on nutmeg. As a result of the analyses, moisture, total ash, total fat and protein contents of nutmeg were determined as 11.79±0.32%, 2.09±0.01%, 30.13±0.04% and 14.64±0.09% on average, respectively. It was observed that the crude oil contains waxy substances intensively. Two different extraction systems, microwave and clevenger extraction, were used to obtain essential oil from ground nutmeg and as a result of the analysis, the essential oil content was found to be 5% for both extractions. Analyses were carried out to determine the antioxidant capacity and antimicrobial properties of the obtained essential oils and the %DPPH antioxidant capacity value was found to be 72.75±1.20% for microwave extraction and 76.60±0.73% for extraction with the clevenger apparatus. This shows that nutmeg essential oils have a good antioxidant capacity. Antimicrobial activities of nutmeg essential oils examined in terms of antimicrobial activity were determined against ***C. albicans ATCC 10231, C. utilis, S. Boulardii, S. Aereus ATCC 6538, S. Aereus ATCC 29213, S. Aereus ATCC 25923, S. Aereus ATCC 700695, L. İnocua, E. coli ATCC 13846*** and ***E. coli 25922.***

Keywords: Nutmeg, Essential Oil, Antioxidant Capacity, Antimicrobial Activity

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI……..……... i
ETİK BEYAN…… ii
TEŞEKKÜR…….. iii
ÖZET ……..…….…….. iv
ABSTRACT …….. v
İÇİNDEKİLER ……..…… vi
SİMGELER ve KISALTMALAR…….....……. viii
TABLOLAR DİZİNİ…….…. x
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……...…….….. xii

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ 1

1.1. Muskat Cevizi……...……...…….…… 1

İKİNCİ BÖLÜM
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3

2.1. Muskat Cevizi……... ...…….…..... 3
2.1.1. Muskat Cevizi Tohumlarının Fiziksel Özellikleri……..…..…….. 4
2.1.2. Muskat Cevizinin Besin Bileşimi ve Karakterizasyonu …..…..……. 5
2.1.3. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Kimyasal Profili……. 6
2.1.4. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Antioksidan Kapasitesi…….. 12
2.1.5. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal Kapasitesi……. 18

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM 24

3.1. Materyal……. 24
3.2. Yöntem……... 24
3.2.1. Nem Analizi……..……..…….. 24
3.2.2. Toplam Kül Analizi……..……..…….. 25
3.2.3. Toplam Yağ Analizi……... 25
3.2.4. Ham Protein Analizi……... 26

3.2.5. Klevenger Düzeneği ile Uçucu Yağ Destilasyonu…….. 27
3.2.6. Mikrodalga Destekli Klevenger Düzeneği ile Uçucu Yağ Destilasyonu…. 28
3.2.7. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Kimyasal Profili……. 28
3.2.8. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında DPPH Analizi……... 29
3.2.9. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında Antimikrobiyal Aktivite…… 30
3.2.10 Muskat Cevizi Uçucu Yağı ile Dondurma Hazırlama……. 31
3.2.11 Duyusal Analiz……... 31
3.2.12 İstatistiksel Analiz…….. 32

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI 7

4.1. Muskat Cevizi Tanımlayıcı Özellikleri……. ....……..... 33
4.2. Muskat Cevizi Uçucu Yağ Destilasyonu ve Uçucu Yağların Kimyasal Profili……...……. 35
4.2.1. Muskat Cevizi Uçucu Yağ Destilasyonu…… 35
4.2.2. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Kimyasal Profili…..…… 37
4.3. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında Antioksidan Kapasite Analizi…….. 40
4.4. Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında Antimikrobiyal Aktivite Analizi……... 41
4.5. Duyusal Analiz……... 43

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER 45

KAYNAKÇA ...……. 48
EKLER ……..……. I
EK 1. Dondurma Hedonik Skala Testi……..……... I
EK 2. Disk Difüzyon Yöntemi Hazırlık Aşaması…...…….……..... II
EK 3. Agar-Well Yönteminde Sonuç Alma……. III
EK 4. Disk Difüzyon Yönteminde Sonuç Alma…….. IV
ÖZGEÇMİŞ ….……..... V

SİMGELER VE KISALTMALAR

DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
nm	Nanometre
cm	Santimetre
µL	Mikrolitre
mL	Mililitre
vb.	Ve benzeri
ark	Arkadaşları
dk	Dakika
%	Yüzde oranı
°C	Santigrat derece
N	Normalite
PG	Propilgallat
BHT	Bütillenmiş Hidroksitoluen
BHA	Bütillenmiş Hidroksianisol
EDTA	Ethylenediaminetetraacetic Asit
TBHQ	Tert-bütilhidrokinon
FRAP	Ferrik İndirgeyici Antioksidan Güç
MIC	Minimal İnhibisyon Konsantrasyonu
ASABE	American Society of Agricultural and Biological Engineers
GC	Gaz Kromatografisi
MC	Kütle Spektrometresi
MSD	Kütle Seçimli Dedektör
FID	Alev İyonizasyon Sistemi
MHA	Mueller Hilton Agar
DMSO	dimetil sülfoksit
kob	Koloni Oluşturan Birim
CA	Kaliforniya
ABD	Amerika Birleşik Devletleri

He	Helyum
N_2	Azot
H_2	Hidrojen
CO_2	Karbon Dioksit
SO_2	Kükürt Dioksit
H_2O	Dihidrojen Oksit
H_2SO_4	Sülfürik Asit
$(NH_4)_2SO_4$	Amonyum Sülfat
NH_3	Amonyak
NH_4	Amonyum
HCL	Hidroklorik Asit
NaOH	Sodyum Hidroksit
Na_2SO_4	Sodyum Sülfat
$CuSO_4$	Bakır(II) sülfat
K_2SO_4	Potasyum Sülfat
HgO	Civa(Il)oksit
SeO_2	Selenium Dioksit
H_3BO_3	Borik asit
NH_4Cl	Amonyum Klorür
KD	Klevenger düzeneği
MDKD	Mikrodalga destekli klevenger düzeneği
MİK	Minimal inhibitör konsantrasyonu
MBK	Minimum bakterisidal konsantrasyon

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Muskat cevizinin fiziksel özellikleri	4
Tablo 2	Muskat cevizi uçucu yağlarının kimyasal profili	7
Tablo 3	Muskat cevizi uçucu yağlarının kimyasal profili	9
Tablo 4	Sıvı CO_2 ile 90 bar ve 23°C'de elde edilen muskat cevizi uçucu yağı bileşiklerinin tanımlanması	10
Tablo 5	Muskat cevizi uçucu yağlarının kimyasal profili	11
Tablo 6	Muskat cevizi ekstraktlarının toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasitesi	14
Tablo 7	Muskat cevizi uçucu yağı ekstraktlarının inhibisyon zonu çapı ve MIC değerleri	18
Tablo 8	Mikroorganizmalarda muskat cevizi uçucu yağı ve nistatin Karşılaştırılması	20
Tablo 9	Yedi patojene karşı muskat cevizi uçucu yağının MIC ve MBC değerleri	21
Tablo 10	Muskat cevizi uçucu yağından elde edilen bazı bileşenlerin antimikrobiyal etkisi	22
Tablo 11	Muskat cevizinin tanımlayıcı özellikleri	33
Tablo 12	Farklı yöntemlerle elde edilen uçucu yağ oranı	35
Tablo 13	Klevenger düzeneği ile elde edilen uçucu yağların kimyasal profili	36
Tablo 14	Mikrodalga yardımıyla elde edilen uçucu yağların kimyasal profili	37
Tablo 15	Muskat cevizi uçucu yağlarında antioksidan kapasite	38

Tablo 16	Agar well difüzyon yöntemiyle muskat cevizi uçucu yağlarının antimikrobiyal etkisi	40
Tablo 17	Disk difüzyon yöntemiyle muskat cevizi uçucu yağlarının antimikrobiyal etkisi	40
Tablo 18	Dondurmalarda uygulanan hedonik skala testi	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Muskat cevizi (*Myristica fragrans*)	1
Şekil 2	Muskat cevizi ekstraktlarının antioksidan kapasitesi	13
Şekil 3	Muskat cevizi ekstraktlarının antioksidan kapasitesi	14
Şekil 4	Muskat cevizi uçucu yağının antioksidan kapasitesi	15
Şekil 5	Muskat cevizi uçucu yağının ve uçucu aglikonlarının DPPH yöntemi ile ölçülen antioksidan aktivitesi.	16
Şekil 6	FRAP deneyi ile ölçülen muskat cevizi uçucu yağının ve uçucu aglikonlarının antioksidan kapasitesinin doz-yanıt eğrileri	17
Şekil 7	Muskat cevizi uçucu yağından elde edilen bileşenlerin antimikrobiyal aktivitesi	22
Şekil 8	Klevenger düzeneği	26

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

1.1. Muskat Cevizi

Muskat cevizi (Şekil 1) ağacının botanik adı *Myristica fragrans*'tır. Optimum büyüme için sıcak ve nemli iklimlere ihtiyaç duyan, yaprak dökmeyen bir ağaçtır. Ağacın meyve verebilmesi için yedi yıl boyunca olgunlaşması gerekir ve bu süre zarfında 90 yıldan fazla üretken kalır. Meyve açık sarı renktedir ve üzerinde çeşitli kırmızı ve yeşil işaretler bulunur. Meyve olgunlaştığında, kırmızı bir çekirdek ve koyu kahverengi bir tohum (muskat cevizi) ortaya çıkarmak için açılır. Muskat cevizi, koyu kahverengi, oval, 2-3 cm uzunluğunda 5-10 g ağırlığındadır. Dünya muskat cevizi üretimi yılda 10 bin ila 12 bin ton, yıllık dünya talebinin 9 bin ton olduğu belirlenmiştir. Başlıca üreticiler ve ihracatçılar Endonezya, Grenada, Hindistan, Malezya, Papua Yeni Gine, Sri Lanka ve Karayip Adalarıdır (Conley, 2002; Gupta ve Rajpurohit 2011).



Şekil 1. Muskat Cevizi (*Myristica fragrans*)

Kaynak: (Gupta ve Rajpurohit, 2011)

Muskat cevizi ağacı ilk olarak 1512 yılında Portekizliler tarafından Endonezya'nın Banda Adaları'nda keşfedilmiştir (Gupta ve Rajpurohit, 2011) . 1585-1702 yılları arasında süren Hollanda'nın sömürgecilikte altın çağı sırasında, Güney Amerika ve Kuzey Afrika'da kurduğu sömürgelerden getirilen muskat cevizi Avrupa baharat ve geleneksel ilaçlarda kullanılmak üzere Avrupa ve dünyaya tanıtılmıştır. ''Nutmeg'' ismi latince ''Misk Cevizi'' anlamına gelen Nux Muscatus kelimesinden gelmektedir.

Yapılan hem in vitro hem de in vivo çalışmalar, antioksidan, antifungal, antibakteriyel (Takikawa vd., 2002), afrodizyak (Tajuddin vd., 2003), anti-enflamatuar (Olajide vd., 1999) ve hepatoprotektif aktiviteler de dahil olmak üzere muskat cevizine atfedilen çok çeşitli farmakolojik etkilerle sonuçlanmıştır.

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan sentetik antioksidanlar propil gallat (PG), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT), hidroksianizol (BHA), tersiyer bütil hidrokinon (TBHQ)'dur (Sherwin, 1990). Ancak bu sentetik antioksidanların karaciğer hasarına yol açtığı ve kanserojen olduğu düşünülmektedir (Grice, 1986; Hettiarachchy vd., 1996; Wichi, 1988). Bu nedenle doğal antioksidanlara ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Muskat cevizi uçucu yağları potansiyel doğal antioksidan kaynağı olarak düşünülebilir.

Tüketiciler son yıllarda sağlıklı ve doğal içeriklere daha fazla önem vermeye başlamıştır. Muskat cevizi gibi doğal kaynaklar, sentetik katkı maddelerinin yerine geçebilmekte ve ürünlerin daha sağlıklı ve doğal olmasını sağlayabilmektedir.

Bu çalışmadaki amacımız; muskat cevizinin gıda endüstrisinde nasıl bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini ve bu kullanım olanaklarının ne şekilde değerlendirilebileceğini incelemektir. Araştırma, muskat cevizinin gıda ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılma potansiyelini anlamak ve bu potansiyeli maksimum düzeyde kullanmak amacıyla çeşitli yönleri ele almayı amaçlanmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Muskat cevizi *(M. fragrans Houtt)* yüksek antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerin yanı sıra tadı, kokusu ve yüksek aroması sebebiyle popüler ve çekici baharatların başında gelmektedir. Bu araştırma, ‘’Muskat Cevizinin (*M. fragrans Houtt*) Gıda Endüstrisinde Katkı Maddesi Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması’’; başlığı altında, gıda endüstrisinde doğal kaynakların yaratıcı ve yenilikçi bir şekilde kullanımının incelenmesini amaçlamaktadır. Araştırma, muskat cevizinin gıda ürünlerine lezzet, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite eklemesi potansiyelini detaylı bir şekilde değerlendirmeyi hedeflemektedir. Bu bağlamda, muskat cevizi bitkisinin botanik özellikleri, lezzet ve tat profiline olan etkileri, sağlık ve güvenlik değerlendirmesi gibi çeşitli konular ele alınarak, gıda endüstrisindeki yenilikçi kullanım olasılıkları araştırılacaktır. Bu çalışma, gıda endüstrisine doğal ve sağlıklı katkı maddesi alternatifleri sunarak, tüketicilere daha çeşitli ve tatmin edici ürünler sunma yolunda önemli bir adım olarak görülebilir.

2.1. Muskat Cevizi

Muskat cevizi (M. fragrans Houtt), Myristicaceae familyasına ait tropikal yaprak dökmeyen bir ağaçtır. Ağaç Endonezya’nın bazı bölgelerinde (Moluccas veya Baharat Adaları) doğal olarak yetişir. Dünyanın en büyük muskat ihracatçıları Endonezya, Hindistan ve Guatemala’dır. Muskat cevizi tohumu, topuz adı verilen dış, kırmızı arillere ve muskat cevizi adı verilen iç, kahverengi bir çekirdeğe sahiptir ve her ikisi de baharat olarak kullanılır. Muskat cevizi, yaklaşık %40 muskat cevizi yağı olmak üzere %80’e kadar birincil metabolit (Yağ, karbonhidrat, protein gibi canlılığın devamı için elzem bileşikler) içermektedir. Geri kalanı ise başta uçucu yağ olmak üzere, içeriği %16’ya kadar çıkan çeşitli ikincil metabolitlerdir. (Abourashed ve El-Alfy, 2016; Periasamy vd., 2016). Muskat cevizi esansiyel yağı, karakteristik, baharatlı kokuda şeffaf-açık sarı arasında bir renge sahip bir sıvı olarak gözlemlenmektedir (Kapoor vd., 2013).

2.1.1. Muskat Cevizi Tohumlarının Fiziksel Özellikleri

Yapılan bir çalışmada ölçülen muskat cevizi tohumlarının bazı fiziksel özelliklerinin sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir. Tohumların uzunluğu, genişliği ve kalınlığı sırasıyla 17,86-29,52, 16,45-27,51 ve 13,86-23,81 mm aralığında bulunmuştur. Hesaplanan geometrik ortalama çap 16,58-26,59 mm arasında değişmekte olup ortalama değer 20,88 mm'dir. Muskat cevizi tohumlarının küresellik oranı %90,45, ortalama kütlesi ise 5,270 g'dır. Ortalama yüzey alanı 1388,85 mm^2 olarak bulunmuştur. Ortalama hacim 10 tohum için 5860,00 mm^3 olarak belirlenmiştir. Tohumların gerçek yoğunluğu ve yığın yoğunluğu sırasıyla 1199,18 ve 686,60 kg/m^3 olarak bulunmuştur. Muskat cevizi tohumlarının ortalama gözenekliliği %41,83'tür (Abdullah vd., 2010).

Tablo 1.

Muskat cevizinin fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Ölçüm Birimi	Gözlem Sayısı	Ortalama Değer	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma (S.D.)
Nem İçeriği (w.b.)	%	5	81.85	77.11	85.10	3.08
Uzunluk	mm	100	23.09	17.86	29.52	2.68
Genişlik	mm	100	21.20	16.45	27.51	2.49
Kalınlık	mm	100	18.64	13.86	23.81	2.65
Geometrik Ortalama Çap (GMD)	mm	100	20.88	16.88	26.59	2.51
Küresellik	%	100	90.45	77.09	98.80	3.60
Kütle	g	100	5.270	3.482	10.421	1.852
Yüzey Alanı	mm^2	100	1388.85	863.38	2220.94	331.76
Hacim	mm^3	10	5860.00	340.00	8000.00	1735.38
Gerçek Yoğunluk	kg/m^3	10	1199.18	1058.33	1685.88	178.77
Yığın Yoğunluğu	kg/m^3	10	686.60	622.99	729.59	37.65
Gözeneklilik	%	10	41.83	35.10	60.67	7.50

Kaynak: (Abdullah vd., 2010).

2.1.2 Muskat Cevizinin Besin Bileşimi ve Karakterizasyonu

Yapılan çalışmalarda muskat cevizi kayda değer miktarlarda karbonhidrat, diyet lifi, enerji ve protein ayrıca A, E ve C gibi yağda çözünen vitaminler içerdiği belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak bakır, demir, magnezyum, fosfor, sodyum, potasyum, manganez, kalsiyum ve çinko bakımından zengindir (Agbogidi ve Azagbaekwe, 2013). Yapılan bir diğer çalışmada muskat cevizinin (*myristica fragrans*) karbonhidrat (%35,92), ham lif (%19,00 ± 1,00), nem (%14,50 ± 0,52), ham protein (%12,09 ± 0,52), ham lipid (%16,00 ± 1,00) ve toplam kül (%2 ± 0,50) gibi tanımlayıcı analizler açısından değerlendirilmiştir (Nkwocha vd.,2018). Başka bir çalışmada ise lif için daha düşük değerler (10,91 ± 0,3 mg/g), lipid (%23,28), nem içerikleri (51,03 ± 0,25 mg/g) ve enerji seviyesi (1591,8 kj/100 g) için daha yüksek değerler bildirilmiştir (Sharathchandra vd., 2023). Yapılan bir çalışmada ayrıca, mineral içeriği (mg/100 g), çinko (1,52 ± 0,11), alüminyum (4,98 ± 0,68), bakır (0,19 ± 0,02), sodyum (17,66 ± 0,32), demir (21,71 ± 0,52), mangan (1,05 ± 0,35), fosfat (112,03 ± 4,63), potasyum (869,64 ± 4,03), kalsiyum (416,01 ± 1,42) ve magnezyum (86,96 ± 4,01) olarak belirlenmiştir. Muskat cevizi uçucu yağlarının biyokimyası, miristik, stearik, palmitik, linoleik ve laurik asitlerin varlığı nedeniyle ilgi çekicidir ve bunlar muskat cevizi sabit yağının ana bileşenleridir. Fitokimyasal analiz saponinler, karbonhidratlar, tanenler, proteinler, amino asitler, terpe-noidler ve flavonoidlerin varlığını göstermiştir (Duarte, 2011).

Yapılan çalışmalarda muskat cevizinde bulunan fitokimyasallar esas olarak uçucu yağında yoğunlaşmaktadır. M. fragrans'ın uçucu yağ üretimi yakın zamanda tohum, topuz, çekirdek ve yaprak için sırasıyla %5,21, %6,24, %3,16 ve %8,10 olarak çalışılmıştır. Bitkideki ana fraksiyonlar, bitkinin tüm kısımlarında seskiterpenler (%1,21-%16,76), fenil-propenler (%1,96-%28,61) ve monoterpenler (%53,77-%94,82) olarak bulunmuştur. Limonen (%3,70-8,32), β-pinen (%7,30-9,72), miristisin (%2,70), terpin-4-ol (%5,80-11,83), safrol (%1,40), α-pinen (%9,40-18,04) ve Sabinen'in büyük bir kısmı (%19,07-41,70) uçucu yağda bulunan önemli fitokimyasallardır (Ashokkumar vd., 2020; Hoda vd., 2020; Monika-Thakur, 2014; Pal vd., 2011; Zachariah vd., 2008). Yapılan bir diğer çalışmada M. fragrans'ın aktif bileşenlerinin antimikrobiyal, antifungal, antioksidan ve antidepresan özelliklere sahip olduğunu göstermiştir (Francis vd., 2014). Sabinen, miristisin,

öjenol, elemisin ve safrol gibi farklı M. fragrans kimyasal bileşenlerini, bir böcek türü olan *Lasioderma serricorne*'u kontrol etmek için doğal kovucular ve insektisitlerle birlikte çıkarmıştır (Du vd., 2014).

2.1.3 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Kimyasal Profili

Avrupa Baharat Birliği (ESA) tarafından yayınlanan Kalite Minima Belgesi, çeşitli baharatlar için temel kalite gereksinimlerini tanımlayan kimyasal ve fiziksel parametrelerin değerlerini vermektedir. ESA'ya göre, muskat tohumundaki minimum uçucu yağ içeriği 5,5-6,5 ml/100 g olmalıdır. Yapılan bir çalışmada klevenger hidrodistilasyonu ile 180 dakika boyunca elde edilen muskat cevizi uçucu yağının ortalama verimi %7,10 ± 0,374 (v/w) bulunmuştur. Test edilen muskat tohumundaki uçucu yağ içeriği 7,10 ± 0,374 ml/100 g bitki materyali olup, bu da incelenen muskatın uçucu yağ içeriği açısından iyi kaliteye sahip olduğunu göstermektedir. İzole edilen uçucu yağın kalitatif ve kantitatif bileşimi sırasıyla GC/ MS ve GC/FID yöntemleri ile belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir. Tanımlanan bileşikler kolondan alıkonma sırasına göre 1-25 arasında numaralandırılmıştır (Nikolic vd., 2021).

Analiz edilen muskat cevizi uçucu yağında toplam yağ içeriğinin %98,80'ini temsil eden yirmi beş farklı bileşik tespit edilmiştir. Tanımlanan tüm bileşikler dört gruba ayrılabilir: monoterpen hidrokarbonlar (%70,80), aromatik bileşikler (%16,90), oksijenli monoterpenler (%9,30) ve seskiterpen hidrokarbonlar (%1,80). Muskat cevizi tohumu uçucu yağında en bol bulunan bileşik monoterpen hidrokarbon sabinendir (%42,30), yapılan diğer çalışmalarda gözlemlenen (Cui vd., 2015; Spricigo vd., 1999; Valente vd., 2011) sonuçlarıyla uyumludur, ancak onların uçucu yağlarındaki sabinen içeriği daha düşüktür (%20,20-39,10). Bununla birlikte, bazı muskat cevizi uçucu yağları sabinen içermez (Jukic vd., 2006, Piaru vd., 2012). Jukic ve arkadaşlarının 2006 yılında yaptıkları araştırmasında β-pinen (%23,90), α-pinen (%17,20) ve miristisin (%16,20) muskat cevizi uçucu yağının en bol bulunan bileşenleridir (Jukic vd., 2006). Malezya'dan taze muskat cevizi tohumundan elde edilen uçucu yağ en yüksek terpinen4-ol (%21,30) içeriğine sahiptir (Piaru vd., 2012). Öte yandan, β-pinen, α-pinen, miristisin ve terpinen-4-ol kullanılan uçucu yağda daha düşük

miktarlarda- sırasıyla %6,50, %5,70, %4 ve %6,30- ortaya çıkmıştır. Sabinen ek olarak, aromatik bileşik metil öjenol (%8) de izole edilen uçucu yağında önemli miktarda bulunduğu gözlemlenmiştir (Nikolic vd., 2021).

Tablo 2

Muskat cevizi uçucu yağlarının kimyasal profili

No	Rt (dak.)	Bileşikler	RI (Deneysel)	RI (Literatür)	Tanımlama Yöntemi ve İçerik (%)
1	9,79	α-Tujen	925	924	RI, MS, 0.9%
2	10,03	α-Pinen	932	932	RI, MS, Co-I, 5.7%
3	11,41	Sabinen	971	969	RI, MS, 42.3%
4	11,53	β-Pinen	974	974	RI, MS, Co-I, 6.5%
5	11,99	Mirsin	987	988	RI, MS, 2.7%
6	12,5	α-Fellandren	1002	1002	RI, MS, 0.6%
7	12,7	δ-3-Karen	1007	1008	RI, MS, 0.6%
8	12,94	α-Terpin	1014	1014	RI, MS, 1.3%
9	13,22	p-Simen	1022	1020	RI, MS, 0.6%
10	13,37	Limonen	1026	1024	RI, MS, Co-I, 6.4%
11	13,39	β-Fellandren	1027	1025	RI, MS, 0.0%
12	14,47	γ-Terpin	1057	1054	RI, MS, Co-I, 2.6%
13	14,76	cis-Sabinen hidrat	1065	1065	RI, MS, 1.0%
14	15,54	Terpinolen	1087	1086	RI, MS, 1.2%
15	15,88	Linalool	1097	1095	RI, MS, Co-I, 1.3%
16	16,74	Dehidro-Sabina keton	1121	1117	RI, MS, iz
17	18,74	Terpinen-4-ol	1177	1174	RI, MS, 6.3%
18	19,19	α-Terpineol	1190	1186	RI, MS, Co-I, 0.7%
19	22,55	Safrol	1289	1285	RI, MS, 1.3%
20	25,47	α-Kopaen	1379	1374	RI, MS, 0.5%
21	26,24	Metil öjenol	1403	1403	RI, MS, 8.0%
22	26,88	(E)-Karyofilen	1424	1417	RI, MS, 0.7%
23	28,75	Germakren D	1485	1484	RI, MS, 0.6%
24	29,08	(E)-Metil izöjenol	1496	1491	RI, MS, 3.0%
25	29,86	Miristisin	1523	1517	RI, MS, 4.0%

Gruplandırılmış Bileşenler ve Yüzdeleri:

Tanım	(%)
Toplam tanımlanan	%98.80
Monoterpen hidrokarbonlar (1-8, 10-12, 14)	%70.80
Oksijenli monoterpenler (13, 15-18)	%9.30
Seskiterpen hidrokarbonlar (20, 22, 23)	%1.80
Aromatik bileşikler (9, 19, 21, 24, 25)	%16.90

RI^{lit}: Literatürden elde edilen alıkonma indeksleri

$RI^{deneysel}$: HP-5MS kolonunda homolog bir n-alkan serisi (C8 -C20) kullanılarak deneysel olarak belirlenen alıkonma indeksleri

MS: Kütle spektrumlarının karşılaştırılmasıyla belirlenen bileşen

Kaynak: (Nikolic vd. 2021).

Yapılan bir diğer çalışmada incelenen 54 bileşik arasında (Tablo 3), sabinen (%39.12), β-pinen (%10.10) ve alfa-pinen (%11.94) ana bileşenler olarak bulunmuştur. Sabinen, β -pinen ve alfa-pinenin önemli antibakteriyel aktivite gösteren en yaygın ve iyi bilinen monoterpenler olduğu bildirilmiştir (Caillet vd., 2009). Diğer önemli bileşikler miristisin (%4,55), terpinen-4-ol (%4,18), limonen (%3,97) ve β -mirendir (%2,46). Muskat cevizi yağının bileşenlerinde farklılıklar bildirilmiştir, bu da uçucu yağın coğrafi kökenleri, yetiştirilen çeşitleri ve analiz koşulları ile ilgili olabilir (Nikolic vd., 2021).

Tablo 3

Muskat cevizi uçucu yağlarının kimyasal profili

Bileşikler	Oran (%)	Bileşikler	Oran (%)
Sabinen	39,12	A-pinen	11,94
B-pinen	10,10	A-thujene	0,82
Kampen	0,17	Δ-3-karane	1,07
B-mirsen	2,46	A-felandren	0,62
Psi-limonen	0,06	A-terpinen	1,54
Limonen	3,97	1,8 okaliptol	0,20
B-felandren	2,30	Γ-terpinen	2,61
Para-simen	0,75	Terpinolen	1,31
A-para-dimetilstiren	0,06	A-kübeben	0,21
Trans-tüyanol	0,57	Z-solanon	0,07
A-kopaen	0,77	Linalol	0,22
B-1-kübeben	0,05	Cis-tüyanol	0,37
Trans-para-menth-2-en-1-ol	0,22	Bornil asetat	0,16
trans-bergamoten	0,11	P-pentil anisol	0,15
Terpinen-4-ol	4,18	B-karyofilen	0,36
A-humulen	0,12	Cis-piperitol	0,06
Neral	0,01	A-terpineol	0,25
Terpen esterleri	0,17	Germakren	0,25
B-bisabolen	0,10	Sitral	0,02
A-farnesen	0,06	Trans-piperitol	0,09
Geranil asetat	0,27	Elemisin	2,68
Sitronellol	0,03	Δ-kadinen	0,24
Geraniol	0,02	Para-simen-8-ol	0,05
Safrol	1,32	Karyofilen oksit	0,07
Miristisin	4,55	İsoöjenol	0,12
Miristik asit	0,31	Metoksi-öjenol	0,07
Metil öjenol	0,55	Öjenol	0,15
		Toplam	98,3

Kaynak: (Cui vd., 2015).

Yapılan bir diğer çalışmada başlıca piklerin tanımlanması Tablo 4'te gösterilmiştir. Bu sonuçlardan, uçucu yağın ana bileşenlerinin muskat cevizinin karakteristik aromatik bileşeni olan a-pinen, b-pinen, sabinen ve miristisin olduğu görülmektedir (Spricigo vd., 1999).

Tablo 4

Sıvı CO_2 ile 90 bar ve 23°C'de elde edilen muskat cevizi uçucu yağı bileşiklerinin tanımlanması

Pik Sırası	Pik Zamanı (dk)	Alan (%)	Tanımlama
1	2,880	11,0520	α-pinen
3	3,898	10,1872	β-pinen
4	4,175	36,6348	sabinen
6	4,763	3,1476	mirsen
8	5,470	3,7710	limonen
9	5,655	2,2727	β-felandren
10	6,545	1,8826	c-terpinen
11	7,097	1,6559	simen
14	11,287	1,8101	2-sikloheksan-1-ol, 1-metil-4-(1-metiletil)-cis
17	12,658	1,7945	2-sikloheksan-1-ol, 1-metil-4-(1-metiletil)-(trans)
21	13,455	3,6766	terpinen-4-ol
30	16,907	1,0075	safrol
31	18,512	0,3965	Metil öjenol
36	20,907	3,2933	Elemisin
37	21,393	6,9835	miristisin

Kaynak: (Spricigo vd., 1999)

Yapılan bir diğer çalışmada 28 bileşen (toplam kromatografik pik alanının %94,3'ü) Tablo 5'te yüzdesel olarak tanımlanmış olup, sabinen (25,00), a-pinen (14,10), b-pinen (12,40), mirisin (10,90), terpin-4-ol (7,60) ve limonen (6,30), Muskat cevizi uçucu yağının %76,30'unu oluştururken, kalan %23,70'lik kısım %4'ten daha az nispi konsantrasyona sahip 22 bileşikten oluşmuştur. Geçici olarak tanımlanan 28 bileşikten, toplam kromatografik pik alanının %87,3'üne karşılık gelen 11 bileşiğin (a-thujene, a-pinen, sabinen, b-pinen, mirsen,

limonen, Y-terpinen, terpin-4-ol, safrol, Öjenol ve miristisin) varlığı standartlarla doğrulanmıştır (Valente vd., 2011).

Tablo 5

Muskat cevizi uçucu yağlarının kimyasal profili

Pik Sırası	Tanımlama	Alan (%)
1	α-Thujene	1,5
2	α-Pinen	14,1
3	Kampen	0,2
4	Sabinen	25,0
5	β-Pinen	12,4
6	Mirsen	2,5
7	Felandren	0,5
8	δ3-Karane	0,8
9	α-Terpinen	1,7
10	p-Simen	1,2
11	Limonen	6,3
12	γ-Terpinen	3,4
13	Terpinolen	1,3
14	Linalool	0,6
15	Cis-p-ment-2-enol	0,5
16	β-Terpineol	0,3
17	Terpin-4-ol	7,6
18	α-Terpineol	0,8
19	Safrol	2,8
20	α-Kübeben	0,2
21	Sitronelil asetat	0,2
22	Öjenol	0,5
23	Geranil asetat	0,6
24	β-Kübeben	0,3
25	Metil öjenol	2,6
26	Miristisin	10,9
27	Vanilin asetat	0,2
28	Elemisin	1,0
Toplam		94,3

Kaynak: (Valente vd., 2011).

2.1.4 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Antioksidan Kapasitesi

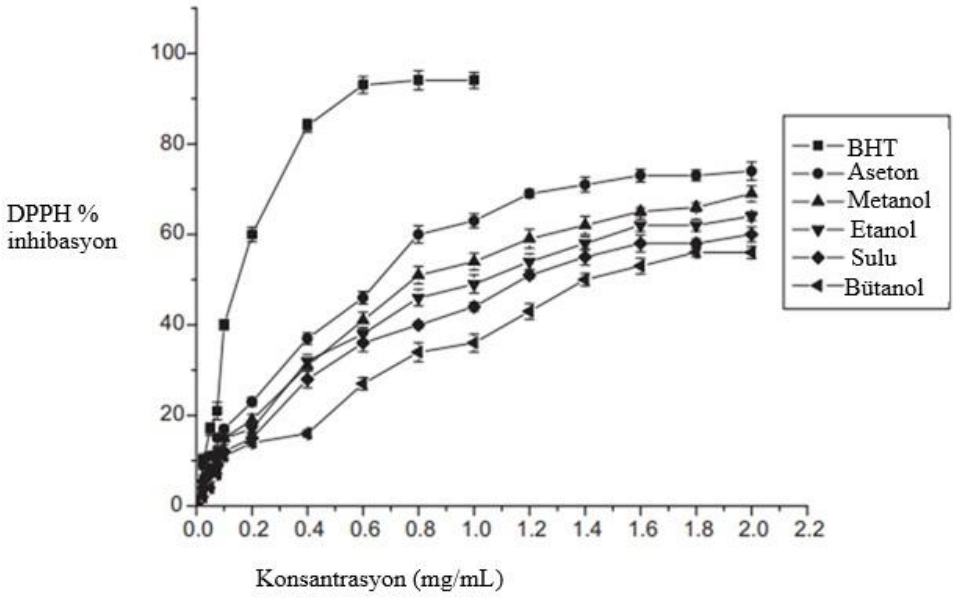
Muskat cevizi tohumlarının antioksidan kapasitesi, toplam fenolik konsantrasyonunun tahmini, kararlı serbest radikal DPPH'yi (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) temizleme kapasitesi, ferrik indirgeme / antioksidan güç deneyi (FRAP), lipid peroksidasyonunun inhibisyonu, β-karotenin ağartılmasının inhibisyonu gibi çeşitli kimyasal testlerle ölçülebilir. Muskat cevizi tohumlarının uçucu yağının ve çeşitli ekstrelerinin antioksidan kapasitesi birçok araştırma ile ortaya konmuştur (Jukic vd., 2006).

Yapılan bir çalışmada çeşitli muskat cevizi ekstraktlarının antioksidan aktivitesi, kararlı bir serbest radikalin (DPPH) tüketiminin ölçüldüğü DPPH radikal süpürme deneyi ile test edilmiştir. Bir DPPH çözeltisi, bir hidrojen atomu bağışlayabilen bir antioksidan bileşik ile karıştırıldığında, indirgenmiş form olan difenipikrilhidrazin (radikal olmayan) ortaya çıkmaktadır. Reaksiyon karışımının rengi mordan sarıya değişmekte ve 517 nm dalga boyundaki absorbansı azalmaktadır. Çeşitli ekstraktların antioksidan aktivitesi, bilinen yüksek antioksidan aktiviteli standart bir bileşik olan BHT ile karşılaştırıldı. Muskat cevizinin çeşitli ekstraktlarının doz yanıt eğrileri Şekil 2'de gösterilmektedir. 1 mg/mL konsantrasyonda, en yüksek serbest radikal süpürme aktivitesi aseton ekstraktından (%63,04 ± 1,29), en düşük aktivite bütanol ekstraktından (%36,21 ± 1,31) gözlenirken, BHT'nin (pozitif kontrol) serbest radikal süpürme aktivitesi %94,2 ± 1,41 olarak bulundu ($P < 0,05$). Ekstraktların radikal süpürme aktivitesinin artan konsantrasyonla arttığı bulunmuştur (aseton ekstraktı için: $R^2 = 0.8924$). Düşük IC_{50} değeri daha yüksek antioksidan aktiviteyi gösterdi. BHT için IC_{50} değeri 0,17 ± 0,018 mg/mL olarak bildirilirken, aseton ekstresi için 0,66 ± 0,015 mg/mL olarak bulundu (Tablo 6). Muskat cevizi lignanlarının ve glikozitlerinin emilimden sonra metabolize olarak kateşol yapısı içeren biyolojik olarak aktif bileşik ürettiği ve bunun da muskat cevizinin yüksek antioksidan potansiyelini açıklayabileceği bildirilmiştir (Nakai vd., 2003)

Yapılan bir diğer çalışmada kateşol yapısına sahip bileşiklerin iyi antioksidanlar olarak kabul edildiği bildirilmiştir, çünkü kateşol yapısı kolayca oksidatif strese ve bu ise sonunda hücresel lipitlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin zarar görmesine neden

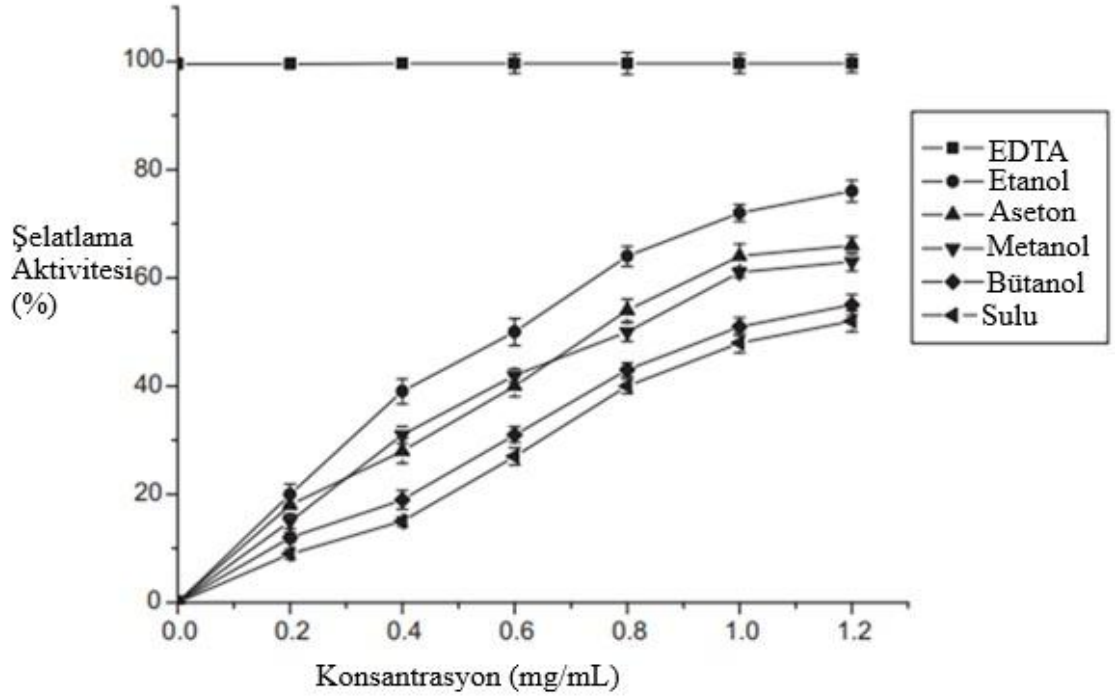
olmaktadır. Aynı çalışmada, Fe^{2+} 'nin muskat cevizi ekstraktları ile şelatlanması test edilmiştir. Şelatlanmanın serbest demiri dolaşımdan uzaklaştırdığı ve oksidatif stres kaynaklı bozulmaları azaltmak için umut verici bir yaklaşım sunduğu belirtilmektedir. (Gupta vd., 2013).

Yapılan bir diğer çalışmada 1 mg/mL konsantrasyonda farklı muskat cevizi ekstraktlarının, en yüksek şelatlama aktivitesi etanol ekstresi (%72,11 ± 1.54) tarafından gösterilirken, en az şelatlama aktivitesi sulu ekstrakt (%48,34 ± 1.85) tarafından gösterilmiş, pozitif kontrol EDTA ise aynı konsantrasyonda %99,6 ± 1.65 şelatlama aktivitesi göstermiştir ($P < 0.05$, Şekil 3). Tüm ekstraktlar demir (II) iyonlarını doza bağlı bir şekilde şelatlama kabiliyeti göstermiştir (etanol ekstraktı için: $R^2 = 0.9569$). Şelatlama aktivitesi için sırasıyla EDTA> etanol> aseton> metanol> bütanol> sulu muskat cevizi ekstraktları şeklinde gözlenmiştir. Metal ile σ bağı oluşturan şelatlama ajanlarının redoks potansiyelini azalttıkları ve metal iyonunun oksitlenmiş formunu stabilize ettikleri için ikincil antioksidanlar olarak çalışabildikleri gözlemlenmiştir (Srivastava vd., 2006).



Şekil 2. Muskat cevizi ekstraktlarının antioksidan kapasitesi

Kaynak: (Gupta vd., 2013)



Şekil 3. Muskat cevizi ekstraktlarının antioksidan kapasitesi

Kaynak: (Gupta vd., 2013)

Tablo 6

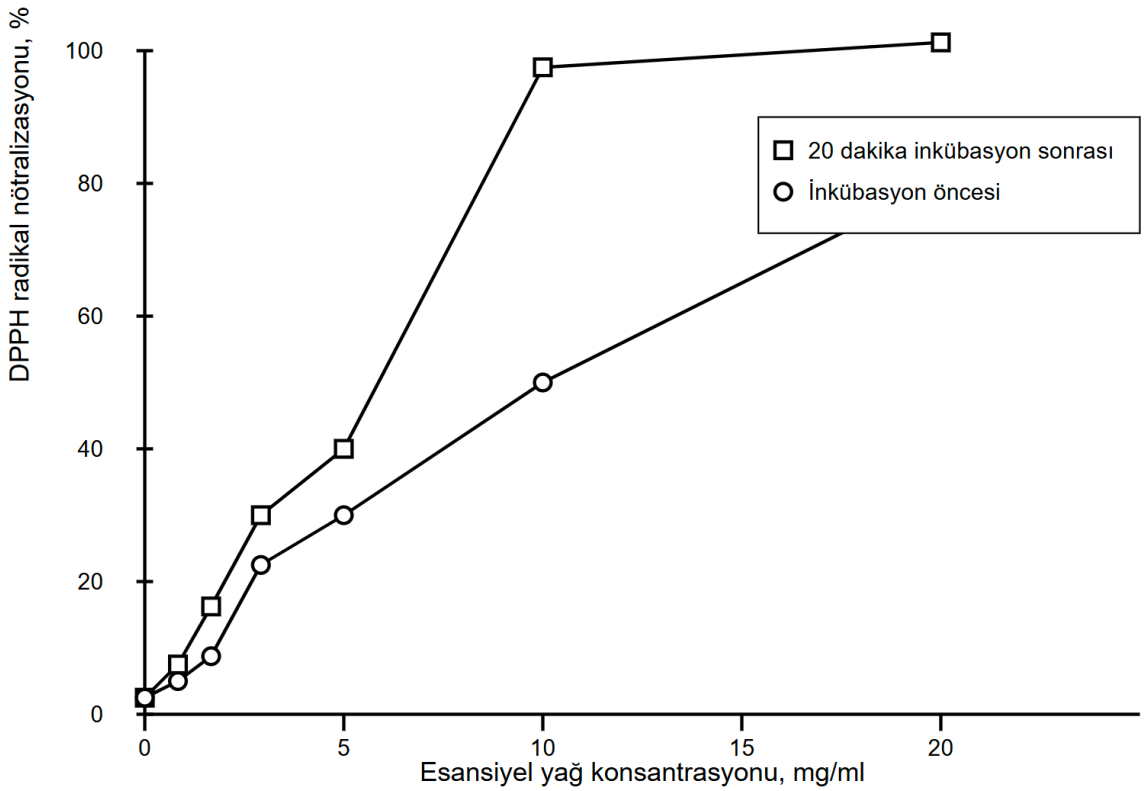
Muskat Cevizi Ekstraktlarının Toplam Fenol İçeriği ve Antioksidan Kapasitesi

Numune	Toplam Fenol İçeriği (mg GAE/100 g)	İndirgeme Gücü (EC_{50})	DPPH Süpürme Aktivitesi (IC_{50})
BHT	İncelenmedi	0.36 ± 0.013	0.17 ± 0.018
Aseton	93.12 ± 1.48	0.65 ± 0.024	0.66 ± 0.015
Etanol	70.69 ± 2.06	0.78 ± 0.041	0.77 ± 0.011
Metanol	61.26 ± 1.32	0.91 ± 0.017	1.04 ± 0.029
Sulu	57.49 ± 1.87	1.09 ± 0.014	1.18 ± 0.022
Bütanol	49.82 ± 1.26	1.46 ± 0.021	1.40 ± 0.018

Kaynak: (Gupta vd., 2013)

Yapılan bir diğer çalışmada muskat cevizi uçucu yağının antioksidan aktivitesi DPPH testi kullanılarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4'te gösterilmiştir. Uçucu

yağın DPPH radikallerini nötralize etme kapasitesi, uygulanan yağ konsantrasyonunun artmasının yanı sıra inkübasyon ile de artmıştır. Artan yağ konsantrasyonunun antioksidan aktivite üzerindeki etkisi özellikle inkübe edilmemiş numunelerde belirgin olmuştur. Yağ konsantrasyonunun 10 mg/mL'den 20 mg/mL'ye artmasıyla, nötralize DPPH radikallerinin yüzdesi %40'tan maksimum %80'e çıkmıştır. Öte yandan, inkübe edilen numunedeki nötralize DPPH radikallerinin yüzdesi, yağ konsantrasyonunun 5 mg/mL'ye yükselmesiyle %93'e ulaştığında keskin bir şekilde artmış ve ardından yağ konsantrasyonunun daha da artmasıyla maksimum değer olan %95'e ulaşmıştır.



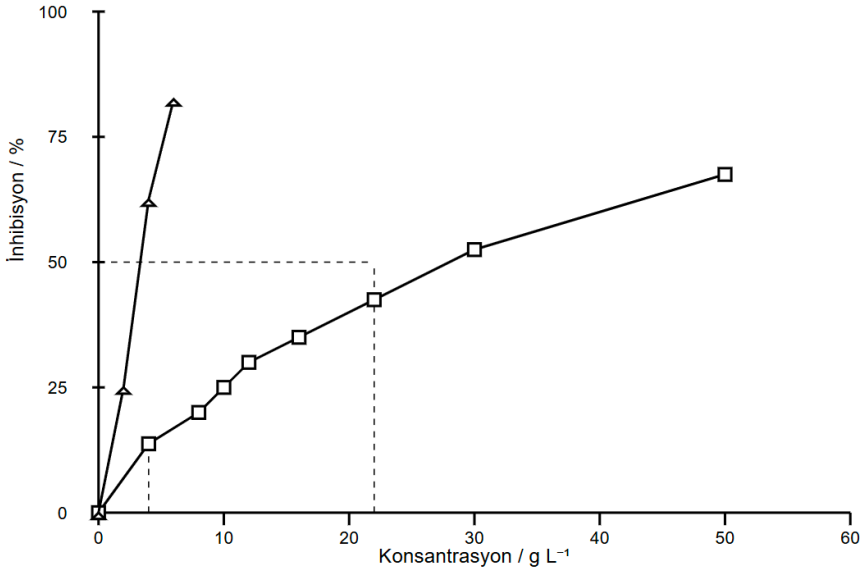
Şekil 4. Muskat cevizi uçucu yağının antioksidan kapasitesi

Kaynak: (Gupta vd., 2013)

Yapılan başka bir çalışmada muskat cevizinden elde edilen uçucu yağ ve enzimatik olarak salınan aglikonların antioksidatif kapasitelerini ölçmek için 2,2'-difenil1 pikrilhidrazil radikal süpürme yöntemi (DPPH) ve ferrik indirgeme / antioksidan güç deneyi (FRAP)

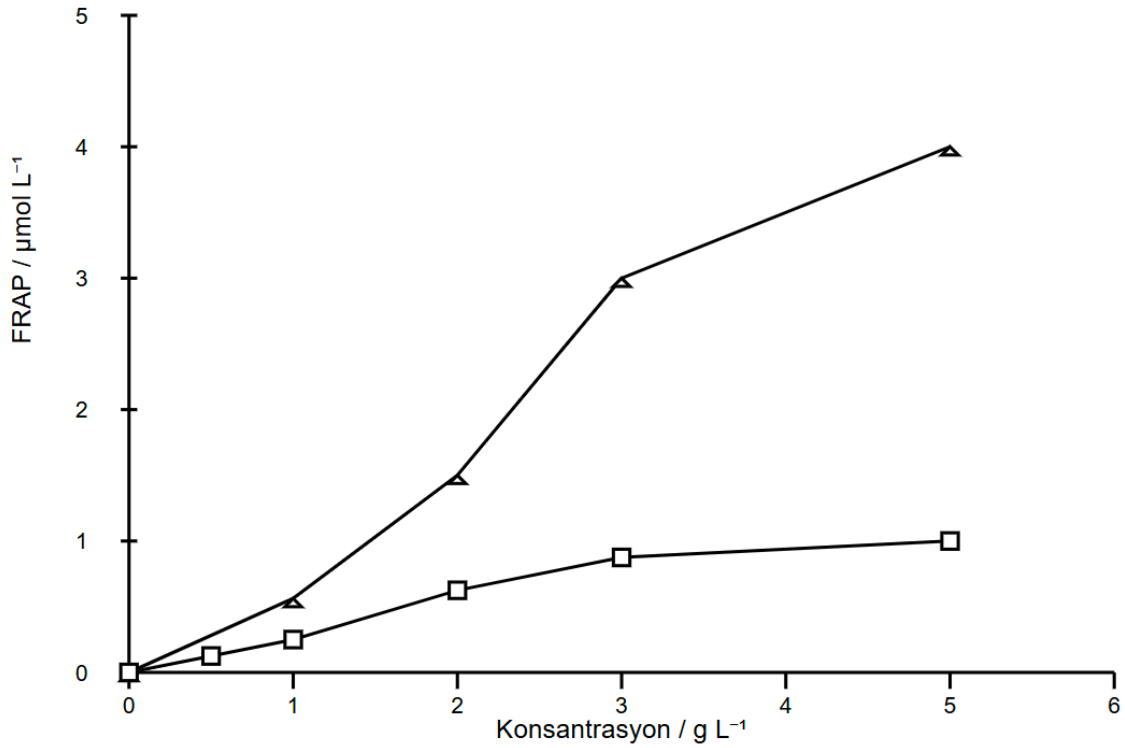
olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. İyi antioksidatif özelliklere sahip bir uçucu yağ olarak bilinmesine rağmen, muskat cevizi uçucu yağı ile salınan aglikonları arasındaki karşılaştırma Şekil 5'te verilmiştir ve aglikon fraksiyonunun, aglikonlar ve muskat cevizi yağı için sırasıyla 3,50 g/L ve 22 g/L olan IC50 değerleriyle daha da iyi bir temizleme aktivitesine sahip olduğunu göstermektedir (Jukic vd., 2006).

FRAP yöntemi, toplam antioksidan miktarının numunenin indirgeme kapasitesi ile karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Absorbans değişimleri antioksidan karışımı ile geniş bir aralıkta doğrusallık göstermektedir. FRAP yönteminin avantajı hızlı, kullanımı kolay ve yüksek oranda tekrarlanabilir sonuçlara sahip olmasıdır. FRAP yöntemi ile belirlenen uçucu yağ ve salınan uçucu aglikonların antioksidan kapasiteleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Gösterilen sonuçlardan, salınan aglikonlar ve FRAP yöntemi ile ölçülen uçucu yağ için doğrusal bir doz-yanıt konsantrasyon çizgisi görülebilir. Her iki tahlille yapılan antioksidatif ölçümlerden elde edilen sonuçlar, aglikon fraksiyonunun uçucu yağdan çok daha güçlü antioksidatif kapasite sergilediğini göstermektedir (Jukic vd., 2006).



Şekil 5. Muskat cevizi uçucu yağının (-▯-) ve uçucu aglikonlarının (-△-) DPPH yöntemi ile ölçülen antioksidan aktivitesi

Kaynak: (Jukic vd., 2006).



Şekil 6. FRAP deneyi ile ölçülen muskat cevizi uçucu yağının (-▪-) ve uçucu aglikonlarının (-▲-) antioksidan kapasitesinin doz-yanıt eğrileri

Kaynak: (Jukic vd., 2006)

2.1.5 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal Aktivitesi

Yapılan çalışmalarda muskat cevizi ekstraktları gram negatif (***P. aeruginosa ve P. putida***), gram pozitif (***S. Aureus ve B. subtilis***) bakterilere ve patojenik mantarlara (***A. niger, A. fumigatus ve A. flavus***) karşı disk difüzyon yöntemi kullanılarak antimikrobiyal aktivite açısından değerlendirilmiş ve MIC değerleri de belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan muskat özütlerinin test edilen mikroorganizmalara karşı kayda değer antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Muskat cevizinin aseton ekstraktı, çalışmada kullanılan diğer tüm muskat cevizi ekstraktlarına kıyasla en güçlü antimikrobiyal aktiviteyi göstermiştir. Çeşitli muskat cevizi ekstraktlarının inhibisyon zonu çapı ve MIC değerleri Tablo 7'de gösterilmiştir. Bu çalışma, muskat tohumlarının önemli patojenik bakteri ve mantarlara karşı güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu güçlü bir şekilde

desteklemektedir. Farklı ekstraktların antimikrobiyal aktivitesi, bu ekstraktta bulunan çeşitli kimyasal maddelerin oluşumuna ve konsantrasyonuna bağlanabilir. Muskat cevizinden antimikrobiyal öneme sahip birçok bileşik izole edilmiştir. Muskat cevizinden izole edilen başlıca antibakteriyel prensipler olarak trimristin ve miristik asidi rapor edilmiştir (Narasimhan ve Dhake, 2006). Muskat cevizinin metanolik ekstresinden; 3-lignan, eritro-austrobailignan-6, mezodihidroguaiaretik asit ve nektandrin-B, izole edilmiş ve bunların antifungal aktiviteye sahip oldukları bildirilmiştir (Cho vd., 2007).

Tablo 7

Muskat cevizi uçucu yağı ekstraktlarının inhibisyon zonu çapı ve MIC değerleri

Mikroorganizma	Aseton		Etanollü		Metanollü		Sulu		Butanollü		Standart	
	DI[a]	MIC[b]	DI[a]	MIC[b]	DI[a]	MIC[b]	DI[a]	MIC[b]	DI[a]	MIC[b]	DI[a]	MIC[b]
Bakteri												
Gram Pozitif											Gentamicin	
B. subtilis	13.4±0.87	31.25	13.6± 0.62	31.25	12.9 ±0.25	31.25	9.7±0.39	62.50	12.4 ±0.89	62.50	22.1± 0.47	7.81
S. aureus	13.8±0.42	31.25	-	-	11.5 ±0.69	31.25	12.6± 0.21	62.50	-	-	23.3± 0.62	3.90
Gram Negatif												
P. putida	11.2±0.12	31.25	10.9± 0.26	31.25	11.1 ±0.14	31.25	9.4±0.51	62.50	11.0 ±0.35	62.50	22.7± 0.57	7.81
P. aeruginosa	9.3±0.28	62.50	8.9± 0.47	62.50	9.4 ±0.28	62.50	-	-	9.7 ±0.24	62.50	19.2± 0.13	7.81
Mantarlar											Nystatin	
A. fumigates	12.7±0.25	125.0	12.2± 0.45	125.0	11.5 ±0.19	125.0	9.5±0.18	125.0	9.9 ±0.41	125.0	14.8± 0.73	62.50
A. niger	14.4±0.37	62.50	13.5± 0.14	62.50	-	-	10.7± 0.29	125.0	10.4 ±0.11	125.0	19.7± 0.51	31.25
A. flavus	10.8±0.46	125.0	10.3± 0.63	125.0	10.6 ±0.52	125.0	8.9±0.17	125.0	-	-	20.4± 0.28	31.25

(-): İnhibasyon zonu yok

[a]: İnhibisyon zonunun çapı (mm) 6 mm disk çapı dahil. Her değer ortalama ± SD olarak ifade edilmiştir (n = 3).

[b]: µg / mL

Kaynak: (Gupta vd., 2013)

Yapılan çalışmalarda birçok bitki fenoliğinin antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Chanwitheesuk vd., 2007; Panizzi vd., 2002). Muskat cevizinin entero-hemorajik ***Escherichia coli*** O157'ye karşı antimikrobiyal aktivitesi tespit edilmiştir ve ***E. coli O157***'nin β-pinen karşı oldukça hassas olduğu bulunmuştur (Takikawa vd., 2002). Muskat cevizinde bildirilen bazı önemli antimikrobiyal bileşikler α-pinen, β-pinen, p-simen, β-karyofilen ve karvakroldür (Dorman ve Deans, 2004; König vd., 1992). α-Pinen ve β-pinenin (pinen tipi monoterpen hidrokarbonlar) antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir ve lipofilik bileşikler tarafından membran bozulmasına dahil olduğu düşünülmektedir (Dorman ve Deans, 2000). Antimikrobiyal aktiviteler için bir diğer önemli bileşen karvakrol olabilir. Karvakrolün hücre zarlarını geçebildiği ve antimikrobiyal aktiviteler için kritik olan hücre içi bölgelerle etkileşime girdiği hücre içine nüfuz edebildiği bildirilmiştir (Cristani vd., 2007; Ultee vd., 1999). p-Simen de önemli bir bileşen olabilir çünkü karvakrolün bir öncüsüdür. p-Simenin zayıf antibakteriyel aktivite gösterdiği ancak membranı genişletmede karvakrol ile sinerjik olarak çalıştığı ve bunun da membranın destabilizasyonuna neden olduğu bildirilmiştir (Ultee vd., 2002). β-Karyofilenin anti-enflamatuar ve antifungal aktivitelere sahip olduğu bildirilmiştir (Sabulal vd., 2006). Antimikrobiyal aktivitenin hem majör hem de minör bileşenlere atfedilebileceği, majör bileşenlerin antimikrobiyal aktivitesinin diğer bazı minör bileşenler tarafından düzenlendiği ve bu minör bileşenlerin antimikrobiyal aktivite göstermek için diğer bileşenlerle etkileşime girebileceği öne sürülmüştür (Bounatirou vd., 2007).

Yapılan bir başka çalışmada muskat cevizi uçucu yağlarının antimikrobiyal etkisi; doğal antimikrobiyal ilaçlara olan ihtiyacın artması nedeniyle antimikrobiyal aktivitesi kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Loying vd., 2019; Munda vd., 2019). Muskat cevizi uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesi Gram-pozitif bakteri, Gram-negatif bakteri ve mantar suşlarına karşı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8

Mikroorganizmalarda muskat cevizi uçucu yağı ve nistatin karşılaştırılması

Test Edilen Mikroorganizmalar	Esansiyel Yağ İnhibasyon zonu (mm)	Antimikotik Nistatin İnhibasyon zonu
C. albicans ATCC 2091	28	17
S. aureus ATCC 25923	14	n.t.
B. cereus ATCC 11778	14	n.t.
B. luteus, in-house strain	23	n.t.
L. monocytogenes ATCC 15313	n.a.	n.t.
E. coli ATCC 25922	14	n.t.
K. pneumoniae ATCC 700603	15	n.t.
P. aeruginosa ATCC 2785	n.a.	n.t.
P. vulgaris ATCC 8427	n.a.	n.t.

n.a: Aktivite yok

n.t: Test edilmedi

Kaynak: (Nikolic vd., 2021).

Yapılan çalışmalarda muskat cevizi uçucu yağı, Gram-pozitif bakteri, Gram negatif bakteri ve mantar gruplarından test edilen mikroorganizmaların çoğuna karşı aktivite göstermiştir. Muskat cevizi uçucu yağının etkisine en duyarlı olan mantar, 28 mm'lik büyüme inhibisyon bölgesi çapı ile ***C. albicans*** olmuştur. Öte yandan, ***C. albicans'ın*** neden olduğu enfeksiyonların tedavisinde kullanılan bir antifungal ilaç olan nistatin önemli ölçüde daha zayıf bir aktivite göstermiştir. Muskat cevizi uçucu yağının antifungal aktivitesi daha önce araştırılmış ve doğrulanmış, antikandidal aktivitesi hakkında literatürde sınırlı veri bulunmaktadır (Valente vd., 2011; Valente vd., 2015).

Oral ve vajinal kandidiyazis en yaygın mantar enfeksiyonlarından bazıları olduğundan ve bunların tedavisinde kullanılan ilaçların çeşitli yan etkileri bulunduğundan, aralarında muskat cevizi esansiyel yağına dayalı ajanların da yer alabileceği yeni, doğal antifungal ilaçların geliştirilmesine açık bir ihtiyaç vardır (Lewis, 2011).

Yapılan başka bir çalışmada bakteri suşları için, gram-pozitif bakterilerin (***S. aureus ve B. subtilis***) ve gram-negatif bakterilerin (***E. coli, S. typhi, K. pneumonia, P. aeruginosa, B. pumilus*** (Tablo 9). Veriler, muskat yağının gram-pozitif bakterilere ve gram-negatif bakterilere karşı eşit inhibitör aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, en temsili gram-negatif ve gram-pozitif bakteri olarak ***E. coli*** ve ***S. aureus*** takip deneylerini gerçekleştirmek üzere seçilmiştir.

Tablo 9

Yedi patojene karşı muskat cevizi uçucu yağının MİK ve MBK değerleri

Mikroorganizma	MİK (% v/v)	MBK (% v/v)
Escherichia coli	0,05	0,1
Staphylococcus aureus	0,05	0,1
Bacillus subtilis	0,05	0,1
Salmonella typhi	0,05	0,1
Klebsiella pneumonia	0,05	0,1
Bacillus pumilus	0,05	0,1
Pseudomonas aeruginosa	0,05	0,1

Kaynak: (Cui vd., 2015)

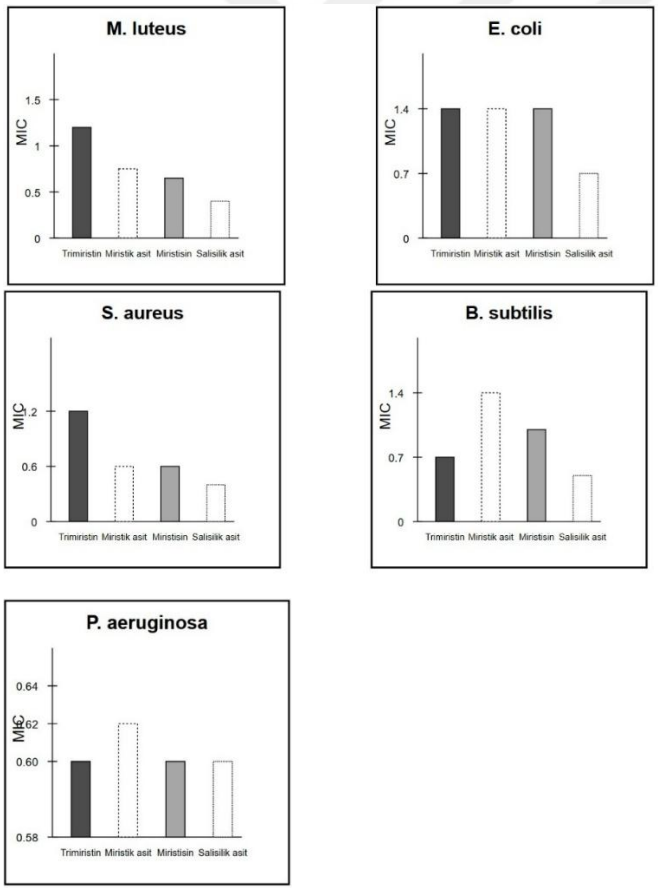
Yapılan başka bir çalışmada muskat cevizi uçucu yağından izole edilen bileşenler ve standart salisilik asit, gram-pozitif ***S. aureus***, ***B. subtilis*** ve ***M. luteus*** ile gram-negatif ***P. aeruginosa*** ve ***E. coli'ye*** karşı antibakteriyel aktivite açısından Double Strength Nutrient Broth I.P. kullanılarak tüp seyreltme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 10'da sunulmuştur. Antibakteriyel aktivitenin standart salisilik asit ile karşılaştırılması, tüm bileşenlerin test edilen organizmalara karşı etkili olduğu Şekil 7'de gösterilmiştir (Narasimhan vd., 2006).

Tablo 10

Muskat cevizi uçucu yağından elde edilen bazı bileşenlerin antimikrobiyal etkisi

	MİK (µg/mL)				
Bileşen	***S. aereus***	***B. subtilis***	***M. luteus***	***P. aeruginosa***	***E. coli***
Trimiristin	1,000	0,600	1,250	0,600	1,250
Miristik asit	0,750	1,250	0,750	0,625	1,250
Miristisin	0,750	1,000	0,625	0,600	1,250
Salisilik asit(standard)	0,500	0,500	0,400	0,600	0,625

Kaynak: (Narasimhan vd., 2006)



Şekil 7. Muskat cevizi uçucu yağından elde edilen bileşenlerin antimikrobiyal aktivitesi

Kaynak: (Narasimhan vd., 2006)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılmak üzere muskat cevizi (*Myristica fragrans Houtt)* örnekleri Edremit/Balıkesir'de bir aktardan temin edilmiştir. Araştırmalarda örneklerin benzer özellikleri göstermesi amacıyla tek seferde 5 kg muskat cevizi alımı yapılmıştır ve analizler için 15 ℃'de vakumlu ambalaj içerisinde karanlık ortamda depolanmıştır.

3.2 Yöntem

Muskat cevizi örneklerinin kalite parametrelerinin belirlenebilmesi için; materyal olarak aktardan alınan muskat cevizi örneklerinde tanımlayıcı, antioksidan kapasite, antimikrobiyal aktivite ve duyusal analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Muskat cevizleri analizlerde kullanılmak üzere analizden hemen önce öğütülerek analizlerde kullanılmıştır.

3.2.1. Nem Analizi

Altı düz, kurutma kapları kapakları ile beraber sabit tartıma gelene kadar etüvde tutulur. Kap, kapağı ile birlikte bir desikatöre alınır, soğutulur ve tartılır. Sabit tartıma geldikten sonra, kapağı kapatılarak desikatöre alınır, soğuduktan sonra hemen tartılır. Sabit tartıma getirilen kurutma kaplarına 3gr öğütülmüş muskat cevizi örnekleri eklenerek tekrar etüvde kurutmaya alınır. 2 saat bekletilen örnekler 2 saat sonra her 15 dk'da bir tartımı alınarak son 2 tartım aynı değere ulaştığında sabit tartıma geldiği kabul edilerek örnekteki nem miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Nielsen, 2009).; *Hesaplama*:

$$\% \text{ Nem} = \frac{\text{m2} - \text{m3}}{\text{m2} - \text{m1}}\ x\ 100 \qquad (3.1)$$

m1: Kurutma kabı darası (g)

m2: Analiz örneği + kurutma kabı darası (g)

m3: Analiz örneğiyle birlikte kurutulan kurutma kabının ağırlığı (g)

3.2.2 Toplam Kül Analizi

Toplam kül tayini için sabit tartıma gelmiş ve darası bilinen bir krozeye 5gr öğütülmüş muskat cevizi örneği tartılarak bir kül fırınında 400-900°C'de çoğunlukla da 550°C'de karbon içermeyen beyaz bir kül elde edilinceye kadar yakılır. Sonra kroze bir desikatöre alınır, soğutulur ve tartılır. (Nielsen, 2009) *Hesaplama;*

$$Toplam\ Kül\ \% = \frac{\text{kül ağırlığı(g)}}{\text{örnek miktarı (g)}} \text{x100} \quad (3.2)$$

3.2.3 Toplam Yağ Analizi

Sokselet (soxhelet) ekstraksiyon cihazı kullanılarak uygun bir çözücü ile örnekteki yağın ekstrakte edilmesi ilkesine dayanır. Bu şekilde örnekten elde edilen yağ miktarı, yöntemde belirtilen şartlarda ekstrakte edilen maddenin tümüdür ve % olarak ifade edilir. Etüvde sabit tartıma getirilen yağ balonlarına 10gr öğütülmüş muskat cevizi örneği ve 1,5 sifon hacmi olan 150mL hekzan ekstraktöre konduktan sonra yağ balonu soğutucu ekstraktöre bağlanır. 6 saat boyunca kaynatılarak örnekteki yağ ekstrakte edilir. Daha sonra çözgen vakumlu döner buharlaştırıcıda uzaklaştırılarak sabit tartıma gelmesi için etüve konur. (Hyvönen, 1996) *Hesaplama;*

$$\%\ Yağ = \frac{\text{m2}-\text{m1}}{\text{m}} x100 \quad (3.3)$$

m = Örnek miktarı (g)dır.

m1 = Balonun sabit tartıma getirildikten sonraki darası (g)

m2 = Son tartımda balondaki toplam yağ miktarı (g).

3.2.4 Ham Protein Analizi

Kjeldahl tüplerine 1gr öğütülmüş muskat cevizi örnekleri ve 25mL derişik sülfirik asit ilave edilir. Hazırlanan Kjeldahl tüpleri yakma ocağında 420°C'de içerik berraklaşana kadar yakılır. Yanmış örnek 50-75mL derişik (%40'lık 10M) sodyum hidroksit ve buhar ile NH_4 NH_3'e dönüştürülerek borik aside tutunması sağlanır. 150-200mL destilat oluşunca destilasyona son verilir ve 0,1N standart HCl ile titre edilerek sarf edilen hacim kaydedilir (Moore, 2010). *Hesaplama;*

$$\%\ \text{Azot} = \frac{(\text{A}-\text{B})\text{xNx}0{,}014\text{x}100}{\text{w}} \tag{3.4}$$

A: Örnek için sarfedilen HCl miktarı (ml)

B: Kör denemede sarfedilen HCl miktarı (ml)

N: HCl çözeltisinin normalitesi

w: Alınan örnek miktarı

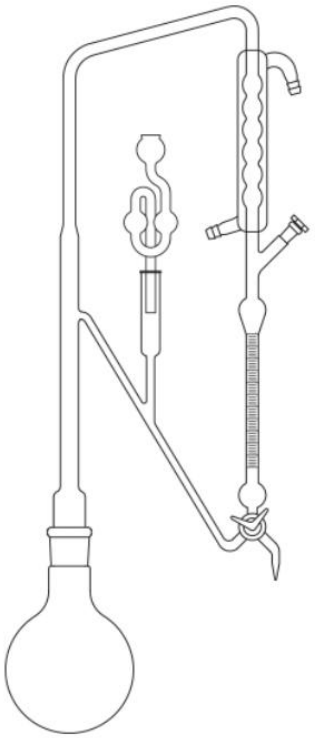
0,014: 1ml 1 N HCl çözeltisi için eşdeğer azotun gram cinsinden karşılığı

Örnekte % protein miktarı: (% azot miktarı) x 6.25 veya diğer faktörler.

3.2.5 Klevenger Düzeneği ile Uçucu Yağ Destilasyonu

Hidrodistilasyon (HD) uçucu yağ ekstraksiyonu için kullanılan en yaygın yöntemdir (Meyer Warnod, 1984). Prensip olarak, heterojen bir damıtmaya karşılık gelir. Bu yöntem bitki materyalinin bir su banyosuna daldırılmasından oluşur; karışım daha sonra atmosferik basınçta kaynama noktasına kadar ısıtılır (Şekil 8). Klevenger düzeneği için 500 mL hacimli

yağ balonuna 40g öğütülmüş muskat cevizi örneği konmuş ve üzerine 400 mL saf su eklenerek elektrikli ısıtıcı yardımıyla 95 ℃'de 6 saat boyun kaynatılmış ve 2 mL hacimde uçucu yağ toplanmıştır.



Şekil 8. Klevenger düzeneği

3.2.6. Mikrodalga Destekli Klevenger Düzeneği ile Uçucu Yağ Destilasyonu

Literatürde mikrodalga ışınlama ile uçucu yağ ekstraksiyonunun hızlandırıldığını bildiren sadece birkaç makale bulunmaktadır (Luque de Castro vd., 1999, Chemat vd., 2004). Bitki materyallerinden uçucu yağların ekstraksiyonu için temassız bir ısı kaynağı olan mikrodalga enerjisinin kullanılmasının avantajları arasında şunlar sayılabilir: daha etkili ısıtma, daha hızlı enerji transferi, azaltılmış termal gradyanlar, seçici ısıtma, azaltılmış ekipman boyutu, proses ısıtma kontrolüne daha hızlı yanıt, daha hızlı başlatma, artan üretim ve proses adımlarının ortadan kaldırılması (Nelson, 2018).

Mikrodalga yardımıyla; 300 gram öğütülmüş örnek saf su ile 3 litre hacme tamamlanıp 1 saat karanlık ve 15℃ ortamda bekletildikten sonra 750watt güçte 2 saat ekstrakte edilmiştir. 300 g öğütülmüş örnekten ilk denemede 17 mL, ikinci denemede 20 mL uçucu yağ elde edilmiştir.

3.2.7 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Kimyasal Profili

Klevenger düzeneği ve mikrodalga destekli klevenger düzeneği ile elde edilen uçucu yağların kimyasal profilinin belirlenmesi amacıyla 20 µL uçucu yağ örneği 40℃ su banyosunda 5 dk bekletildikten sonra fiber örneğe takılarak 5 dk daha bekletilmiştir. Sonrasında 63dk'lık gc/ms programında analiz tamamlanmıştır.

Qual Faktörü; bir bileşiğin kütle spektrumundaki ana iyon (base peak) ile doğrulama iyonları (qualifier ions) arasındaki oranı gösterir. Bu değer, bileşiğin kimyasal kimliğinin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır. %50'i aşan sapmalar şüpheli tanımlama olarak değerlendirildiği için yaptığımız çalışmada Qual Faktörü %50'den az sapmaya sahip olan bileşenler raporlanmıştır.

3.2.8 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında DPPH Analizi

Muskat cevizi uçucu yağ numunelerinde DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) antioksidan aktivitesi analizi Brand-Wiliams yöntemine göre incelenmiştir (Brand-Williams, Cuvelier ve Berset, 1995). DPPH'ın mor rengi antioksidan aktivitesinin varlığıyla açık sarı veya şeffaf renge doğru açılmaktadır ve renkteki değişim spektrofotometrik belirlenerek muskat cevizi uçucu yağının antioksidan kapasitesi ölçülmektedir.

Ethanol içerisinde 12,5 mg DPPH tartılmış ve 500 mL'e tamamlanarak çözdürülmesiyle DPPH çözeltisi günlük olarak hazırlanmıştır. Muskat cevizi uçucu

yağlarının örnek tüpleri ethanol ile 10-50-75-100 kat seyreltilerek 4 farklı konsantrasyonda günlük olarak hazırlanmıştır.

Örnek tüpü içerisine 100 µL örnek ve 3900µL DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Vorteks yardımıyla karışım homojen hale getirildikten sonra spektrofotometrede (Shimadzu, UV 1800, Japonya) 517 nm'de kör denemeye karşı 15 dk boyunca incelenmiş ve 15 dk sonunda absorbans değerleri okunmuştur. Muskat cevizi uçucu yağlarının antioksidan kapasitesi aşağıda verilen formül ile hesaplanarak sonuç %DPPH radikal süpürme etkisi olarak belirlenmiştir.

$$I = [(AB-AA) / AB] \times 100 \quad (3.5)$$

I = %DPPH inhibasyonu

AB= Kör deneme absorbans değeri

AA= Muskat cevizi uçucu yağ çözeltisinin ortalama absorbans değeri

3.2.9 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında Antimikrobiyal Aktivite

Muskat cevizi uçucu yağ örneklerinde antimikrobiyal aktiviteyi belirlemek için 8 farklı gram pozitif bakteri (***S. aureus ATCC 29213, S. aureus ATCC 25923, S. aureus ATCC 6538, S. aureus ATCC 700695, B. cereus ATCC 7464, Listeria ATCC 3390, Listeria inocua, E. Faecium ATCC 19434***), 5 farklı gram negatif bakteri (***S. Typhi ATCC 14028, Klebsiella ATCC 13048, E. Coli ATCC 43895, E. Coli ATCC 25922, E. Coli ATCC 13846***) 3 farklı maya (***C. albicans ATCC 10231, C. utilis, S. Boulardii***) türleri üzerine Agar well difüzyon ve disk difüzyon yöntemleriyle antimikrobiyal aktivite deneyi yapılmıştır. Mikroorganizmalar Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarından alınarak analizler bu laboratuvarda yapılmıştır.

Antibakteriyel etkinin Agar well difüzyon testiyle belirlenmesi: Mikroorganizma kültürleri üremeleri için optimum sıcaklık olan 37 ℃' de 24 saat Tryptic Soy Broth besiyerinde ve 0,5 McFarland (1x108 kob/mL) bulanıklığa kadar inkübe edildi. Mueller Hilton Agar (MHA) besiyeri bulunan petri kaplarına steril koşullarda kuyucuklar açılmış ve Mikroorganizmaların ekimi yapılmıştır. Steril şartlarda besiyerinde bulunan farklı kuyucuklara 20 µL muskat cevizinden klevenger ve mikrodalga yardımıyla elde edilen uçucu yağlar ve dimetil sülfoksit (DMSO) referans olarak konulmuştur. Sonrasında 18-24 saat aralığında 37 ℃ sıcaklıkta inkübasyona konulmuştur. İnkübasyon sonrası oluşan zon çapları ölçülmüştür (Süssmuth vd, 1987).

Antibakteriyel etkinin disk difüzyon testiyle belirlenmesi: Mikroorganizma kültürleri Tryptic Soy Broth besiyerinde 37 °C'de 24 saat inkübe edilerek 0,5 McFarland (1x108 kob/ml) bulanıklığına ayarlanmıştır. 0,5 McFarland bulanıklığına ayarlanan kültürler, Muller Hinton Agar (MHA) besiyerine 100 µL inoküle edilmiştir. 5 mm çapında kesilen disk şeklindeki film örneklerine 10 µL muskat cevizinden klevenger ve mikrodalga yardımıyla elde edilen uçucu yağlar inoküle edilmiş ve besiyeri üzerine yerleştirilerek 37 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda oluşan inhibisyon zonları ölçülerek değerlendirilmiştir (Seydim ve Sarıkuş, 2006).

3.2.10 Muskat Cevizi Uçucu Yağı ile Dondurma Hazırlama

Dondurma miksi hazırlama: 2 litre süte dengemix firmasından alınan DGT 415 MARAŞ kodlu stabilizatörden 11 gram, DNG4C kodlu emülgatörden 6 gram ve 300 gram toz şeker eklenip kaynatılarak dondurma miksi hazırlanmış ve bir gece +4℃'de buzdolabında dinlendirilmiştir.

Muskat cevizi uçucu yağları ile dondurma hazırlama: İki farklı dondurma hazırlamak için iki adet 250 mL dondurma miksine %0,25 olacak şekilde KD ile elde edilen uçucu yağ ve mikrodalga destekli KD elde edilen uçucu yağ eklenerek dondurma

makinesinde bir saat boyunca karıştırılmıştır. Karışım dondurma formuna getirildikten sonra bir gece boyunca -18°C'de bekletilmiştir.

Sade dondurma hazırlama: Hazırlanan miks dondurma makinesinde bir saat boyunca karıştırılarak dondurma formuna getirildikten sonra bir gece boyunca -18°C'de bekletilerek hazırlandı.

3.2.11 Duyusal Analiz

Hazırlanan dondurmaların lezzetini değerlendirmek amacıyla hedonik skala testi içeren bir duyusal panel gerçekleştirilmiştir. Bu panel için yaşları 25-55 arası değişen 25 gönüllü gıda mühendisi panelist olarak seçilmiştir. Lezzet değerlendirmesi için 5 farklı (*hiç beğenmedim, beğenmedim, ne beğendim ne beğenmedim, beğendim, çok beğendim*) duyusal skala kullanılmıştır. Rastgele seçilen ve 3 haneli sayılarla kodlanan 3 dondurma örneği şeffaf plastik kaplar içinde gün ışığı altında oda sıcaklığında panelistlere sunulmuştur. Panelistlere örnekler arasında damak temizliği için su verilmiştir. Hazırlanan duyusal hedonik skala test formu EK. 1'de verilmiştir.

3.2.12 İstatistiksel Analiz

Muskat cevizi ve muskat cevizi uçucu yağlarında yapılan duyusal analiz sonuçları One-way ANOVA, Tukey HSD post-hoc Analizi ve antioksidan sonuçları bağımsız iki örneklem t-Testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme için SPSS (SPSS,2007) istatistik programından faydalanılmıştır. Analizler 3 tekerrür 2 paralel şeklinde gerçekleştirilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Muskat Cevizi Tanımlayıcı Özellikleri

Muskat cevizinin kimyasal özelliklerinin tanımlanması için; nem içeriği (%), toplam kül içeriği (%), toplam yağ (%) ve ham protein (%) analizleri yapılmıştır.

Muskat cevizleri mikrobiyal büyümeyi kolaylaştıran yüksek nem içeriğine sahip oldukları ve depolama süresiyle kalitelerinin bozulduğu için taze halde uzun süre saklanamazlar. Muskat cevizinin taze formundaki nem içeriği %66 olup, kurutulmuş formundaki nem içeriği ise %6'dır (Abhiram, 2004).

Çalışmamızda öğütülmüş muskat cevizi örneklerinden elde edilen nem oranları % 11,69 ile 12,15 arasında değişmektedir. Muskat cevizinin standart nem içeriği genellikle %5-13 arasında olmalıdır (Spice Board of India, 2016). Ayrıca SNI (Standard National Indonesia) 0006:2015 standardına göre hammadde olarak alınan kabuksuz muskat cevizinin kalite kriterleri, kaliteli muskat cevizi tohumları sınıf 1 (ABCD) ve sınıf II (SS) şeklinde tanımlanmaktadır. Sınıflamada; 1. sınıf olanlar; parlak ve sağlam kabuğa sahip, içi pürüzsüz ve 2. Sınıf olanlar ise buruşuk ve içi pürüzsüz olmayan olmak üzere kalite bakımından değerlendirilmektedir.

Budiastra tarafından yapılan çalışmada güneşte kurutma yöntemiyle kurutulan muskat cevizlerinin nem içeriği 1. Sınıflarda % 7,92, ikinci sınıfta ise % 10,51 olarak tespit edilmiştir. Muskat cevizlerinde su içeriği hasat safhasıyla ilişkilidir. Hasat ne kadar gecikirse tohum ağırlığı, yağ ve sıvı yağ içeriği de o kadar artar. Ayrıca kurutmada kullanılan yöntem de nem içeriğini değiştiren diğer bir faktördür (Budiastra, 2021).

Çalışmamızda analizler sonucu bulduğumuz tanımlayıcı değerler Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11

Muskat cevizinin tanımlayıcı özellikleri

Tanımlayıcı Özellik	$\bar{x} \pm S\bar{x}$ (%)
Nem	11.84 ± 0.26
Kül	2.09 ± 0.01
Yağ	30,13 ± 0.04
Protein	7,21 ± 0,10

*Sonuçlar Ortalama ± Standart sapma olarak verilmiştir.

Öğütülmüş muskat cevizi örneklerinden elde edilen toplam kül oranları (%) 2,08 ile 2,11 arasında değişmektedir. Ogungbenle ve Adu tarafından yapılan çalışmada afrika muskat cevizinde kül içeriği % 2.27, muskat cevizinin sulu ekstraktında kül içeriği % 1,81 (Ogungbenle ve Adu, 2012), Akinduko ve arkadaşları ve Agiriga ve Siwela tarafından yapılan çalışmada ise kurutma yöntemine bağlı olmakla birlikte yaklaşık % 3 olarak tespit edilmiştir (Akinduko vd., 2024; Agiriga ve Siwela, 2018). Kül içeriği mineral madde miktarını göstermekte olup, örneklerimizin kül miktarı önerilen maksimum değer olan % 3.0'ın (ISO standard 6577:2002 (2002); ESA, 2015) altında olduğundan toprak ve taş gibi yabancı madde içeriğinin düşük olduğunu gösterir.

Öğütülmüş muskat cevizi örneklerinden elde edilen toplam yağ oranları (%) 27,80 ile 33,46 arasında değişmektedir. Agiriga ve Siwela tarafından yapılan çalışmada yağ içeriği %35-46 (Agiriga ve Siwela, 2018) ve Abdurrasheed ve Janardanan tarafından ise % 33.80 olarak tespit edilmiştir (Abdurrasheed ve Janardanan, 2009). Çalışmamızda ölçülen yağ değeri (%30,13) literatür değerlerinden biraz düşük çıksa da bu farklılıkların çevresel ve toprak koşullarındaki değişikliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde ise Agiriga ve Siwela tarafından da belirtildiği üzere Monodora myristica tohumlarının soya fasulyesi tohumlarından daha iyi bir yağ kaynağı olduğu, dolayısıyla yağ açısından zengin bitkisel gıdalar arasında sınıflandırılabileceğini göstermektedir (Agiriga ve Siwela, 2018). Tohumları aynı zamanda evsel ve endüstriyel amaçlı bitkisel yağ kaynağı olarak da kullanılabilir. Yağ, yağda çözünen vitaminlerin emilimini artırdığı için diyetlerde önemlidir.

Öğütülmüş muskat cevizi örneklerinden elde edilen ham protein oranları (%) 7,09 ile 7,29 arasında değişmektedir. Abdurrasheed ve Janardanan tarafından yapılan çalışmada protein içeriği % 8.30 (Agiriga ve Siwela, 2018) ve Okiki ve arkadaşları tarafından % 18,67 olarak tespit edilmiştir (Okiki vd., 2023).

Genel olarak değerlendirildiğinde Okiki ve arkadaşları tarafından da belirtildiği gibi proteinler aminoasitlerden oluşan moleküllerdir ve biyolojik süreçlerde merkezi bir rol oynarlar (Okiki vd., 2023). Proteinler organizmamızda katalitik işlevler gösterip biyokimyasal süreçleri düzenler, gaz ve molekül taşıyıcılığı yapar, immünolojik savunmada görev alır ve hücreler arasında bilgi aktarımını gerçekleştirir.

4.2. Muskat Cevizi Uçucu Yağ Destilasyonu ve Uçucu Yağların Kimyasal Profili

4.2.1 Muskat Cevizi Uçucu Yağ Destilasyonu

Klevenger düzeneği (KD) ve Mikrodalga destekli klevenger (MDKD) düzeneği ile 2 çeşit destilasyon yapılmıştır. KD için 500 mL hacimli yağ balonuna 40g öğütülmüş muskat cevizi örneği konmuş ve üzerine 400 mL saf su eklenerek elektrikli ısıtıcı yardımıyla 95 ℃'de 6 saat boyun kaynatılmış ve 2 mL hacimde uçucu yağ toplanmıştır.

MDKD; 300g öğütülmüş örnek saf su ile 3 litre hacme tamamlanıp 1 saat süreyle karanlık ve serin ortamda bekletildikten sonra 750 watt güçte 2 saat ekstrakte edilmiştir. 300g öğütülmüş örnekten ilk denemede 17mL, ikinci denemede 20mL uçucu yağ elde

edilmiştir. KD ve MDKD yöntemleri ile elde edilen destilasyon sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12

Farklı yöntemlerle elde edilen uçucu yağ oranı

	Elde Edilen Uçucu Yağ Oranı (%)	
Kullanılan Yöntem*	KD	MDKD
Öğütülmüş muskat cevizi	5	5,67
Öğütülmüş muskat cevizi	5	6,67

*: KD: Klevenger Düzeneği, MDKD: Mikrodalga Destekli Klevenger Düzeneği

(Ashokkumar vd., 2020; Hoda vd., 2020; Monika-Thakur, 2014; Pal vd., 2011; Zachariah vd., 2008) yapılan çalışmalarda uçucu yağ oranı ortalama %5,21 olarak belirlenmiştir. Tek başına KD literatür araştırmalarındaki ortalama değere yakın elde edilirken, MDKD ile bu ortalamanın üzerinde uçucu yağ elde edilebildiği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak mikrodalganın hızlı ve içten ısıtma mekanizmasıyla, su moleküllerini doğrudan hedeflemesi, dipollerin titreşimiyle su moleküllerinin hızla ısınması, hücre içi basınç oluşup hücre duvarını daha etkin parçalaması ve uçucu yağların hızla ve verimli şekilde serbest kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.2 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarının Kimyasal Profili

Sonuçlarda iki farklı filtreleme yapılmış olup bu filtrelemeler; Qual faktörü 50 üzeri olan bileşenler ve yüzdesel olarak %1'den fazla olan bileşenler değerlendirmeye alınmış olup iki paralelin ortalaması KD için Tablo 13 ve MDKD için ise Tablo 14 şeklinde verilmiştir.

Tablo 13

Klevenger düzeneği ile elde edilen uçucu yağların kimyasal profili

Tespit Zamanı	% Alan	Tanımlama	Referans	CAS	Qual
10.5385	22.4549	α-Pinen	336	007785-26-4	96
14.0248	22.3271	sabinen	419	003387-41-5	95
14.6545	15.6715	γ-Terpinen	210	000099-85-4	90
33.9638	6.9443	4-Carvomenthenol; terpinen-4-ol	215	000562-74-3	95
17.0949	6.7676	Limonen	413	000138-86-3	59
16.4651	5.7926	α-terpinen	418	000099-86-5	97
12.8964	4.9657	β-Pinen	230	018172-67-3	96
19.7489	4.3168	Terpinolen	221	000586-62-9	95
19.2991	2.9814	p-Simen	317	000099-87-6	90
15.9403	1.5418	α-felandren	416	000099-83-2	90
14.872	0.5529	δ-3-karane	417	013466-78-9	97
37.2438	0.5526	α-Terpineol	55	010482-56-1	91
29.7391	0.4248	Linalol	271	000078-70-6	96
41.0824	0.1121	Geraniol	283	000106-24-1	81
35.8681	0.1012	Citronellyl propionate	186	000141-14-0	91
46.6154	0.0414	Öjenol	303	000097-53-0	98
38.0048	0.0367	Farnesol (Z,E-)	387	003790-71-4	64
12.4241	0.0326	Kampen	45	005794-03-6	95
39.0957	0.0295	Sitronellol	223	000106-22-9	95
28.9893	0.0246	Benzaldehyde	359	000100-52-7	96
37.3563	0.0156	Isoborneol (Isomer 2)	85	000124-76-5	91
39.7554	0.0156	Cuminaldehyde	264	000122-03-2	97
36.3704	0.0141	Estragole	339	000140-67-0	97
38.2447	0.0135	d-Piperitone	243	000089-81-6	96
35.9506	0.0116	Farnesol (E,E-)	388	000106-28-5	59
48.9246	0.0069	İsoöjenol	273	000097-54-1	96
40.7938	0.0068	trans-Anethole	99	004180-23-8	96
47.084	0.0053	Carvacrol	127	000499-75-2	95
Toplam	95.7615	%4.2385 = Qual <50 ve %Alan <%1			

Daha önce (Nikolic vd., 2021; Cui vd., 2015; Spricigo vd., 1999; Valente vd., 2011) yapılan çalışmalarda muskat cevizi uçucu yağının ana bileşenleri sabinen (%25-%42,30), α-pinen (%5,70-%14,10), β-pinen (%6,50-%12,40) ve limonen (%3,77-%6,40) olduğu görüldü.

Yapılan bu çalışmada KD ile elde edilen uçucu yağlarda literatürde ana bileşen olarak değerlendirilen sabinen (%22,33), α -pinen (%22,45), β-pinen (%4,97) ve limonen (%6,77) olarak saptanırken, bizim uçucu yağımızda ana bileşenler sabinen (%22,33), α -pinen (%22,45), γ-terpinen (%15,67) ve 4-carvomenthenol; terpinen-4-ol (%6,98) olarak saptanmıştır.

Tablo 14

Mikrodalga yardımıyla elde edilen uçucu yağların kimyasal profili

Tespit Zamanı	% Alan	Tanımlama	Ref	CAS	Qual
10.5164	29.7473	α-Pinen	336	007785-26-4	94
13.8452	21.4994	γ-Terpinen	210	000099-85-4	90
17.1103	8.3273	δ-3-karane	417	013466-78-9	58
15.817	5.5802	α-felandren	416	000099-83-2	90
33.8179	5.5367	4-Carvomenthenol; terpinen-4-ol	215	000562-74-3	94
16.4767	5.3965	α-terpinen	418	000099-86-5	98
14.6736	4.4526	sabinen	419	003387-41-5	83
19.2845	4.3252	4'-Methylacetophenone	252	000122-00-9	76
19.7118	3.6282	Terpinolen	221	000586-62-9	97
13.1629	2.6278	β-Pinen	230	018172-67-3	96
41.9637	1.5269	Methyl cinnamate	48	000103-26-4	32
37.218	0.6173	α-Terpineol	55	010482-56-1	91
29.7469	0.6011	Linalol	271	000078-70-6	97
12.5856	0.3206	Kampen	45	005794-03-6	98
38.8973	0.079	Nerol, cis-geraniol	253	000106-25-2	72
35.8422	0.0737	Citronellyl butyrate	332	000141-16-2	91
28.9972	0.0574	Benzaldehyde	359	000100-52-7	96
17.9312	0.0492	3,7-Dimethyl-1,3,6-octatriene; ocimene	182	003338-55-4	97
46.6158	0.046	Öjenol	303	000097-53-0	98
39.0923	0.0439	Sitronellol	223	000106-22-9	95
41.0753	0.0265	Geraniol	283	000106-24-1	83
37.9939	0.0257	Farnesol (Z,E-)	387	003790-71-4	64
36.2058	0.0234	Bisabolen	111	000495-62-5	59
12.6381	0.0234	Kampen	45	005794-03-6	97
37.3417	0.0206	Isoborneol (Isomer 2)	85	000124-76-5	90
39.7483	0.0203	Cuminaldehyde	264	000122-03-2	94
46.4059	0.0183	Carvacrol	127	000499-75-2	60
38.2263	0.0161	d-Piperitone	243	000089-81-6	96
36.3558	0.0147	Estragole	339	000140-67-0	98

Tablo 14 devamı

44.9064	0.0121	Cinnamaldehyde	56	000104-55-2	96
21.1625	0.0088	6-Methyl-5-hepten-2-one	249	000110-93-0	90
48.925	0.007	İsoöjenol	273	000097-54-1	96
40.7904	0.0058	trans-Anethole	99	004180-23-8	96
38.4288	0.0046	Carvone	204	000099-49-0	96
Toplam	%94.7636	%5.2364 = Qual <50 ya da %Alan <%1			

Yapılan bu çalışmada MDKD ile elde edilen uçucu yağlarda bileşenler sabinen (%4,45), α -pinen (%29,75), β-pinen (%2,63) limonen (Qual faktörü <50 ya da <%1) bulunmuştur.

Yapılan bu çalışmada MDKD ile elde edilen uçucu yağlarda ana bileşenler α-pinen (%29,75), γ-Terpinen (%21,50) δ-3-karane (%8,33) ve α-felandren (%5,88) bulunmuştur.

4.3 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında Antioksidan Kapasite Analizi

Muskat cevizinden klevenger düzeneği ve mikrodalga yardımıyla elde edilen uçucu yağlarda antioksidan kapasite analizi her bir örnek için üç paralel yapılarak %DPPH değeri belirlenmiş ve analiz sonuçları Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15

Muskat cevizi uçucu yağlarında antioksidan kapasite

	Değişim Aralığı (%)	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Mikrodalga yardımıyla elde edilen uçucu yağlar	71,6346-74,0384	$72,75^{A} \pm 1,20$
Klevenger düzeneğiyle elde edilen uçucu yağlar	75,9615-77,4038	$76,60^{B} \pm 0,73$

$p<0.05$ için örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır.

p-değeri 0.05'ten küçük olduğu için (p = 0.0087), iki örnek arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. KD ile elde edilen uçucu yağlar, daha yüksek antioksidan kapasitesi göstermektedir. Bu sonuçlar, ürün geliştirme, kalite kontrol veya araştırma amaçlarınız doğrultusunda KD ile elde edilen uçucu yağların daha güçlü bir antioksidan kaynağı olduğunu göstermektedir.

Analiz edilen muskat cevizi uçucu yağı örnekleri, literatürde belirtilen (Gupta vd., 2013, Abourashed ve El-Alfy 2016, Piaru vd., 2012) %46,40-77,32 tipik değerlerden daha yüksek DPPH inhibisyonu göstermektedir. Özellikle KD ile elde edilen uçucu yağlar (%76,60), literatürdeki en yüksek muskat cevizi uçucu yağı değerleriyle eşdeğer veya daha yüksektir. Bu sonuçlar, örneklerimizin yüksek kaliteli olduğunu, optimum ekstraksiyon koşulları kullanıldığını ve antioksidan bileşenler açısından zengin olduğunu göstermektedir. Muskat cevizi uçucu yağları, gıda koruyucu, nutrasötik bileşen veya kozmetik endüstrisinde kullanım için değerli bir doğal antioksidan kaynağı olabilir. İki örnek arasındaki fark (%3,85), ekstraksiyon koşullarındaki veya hammadde kaynaklarındaki farklılıklardan kaynaklanabilir ve antioksidan içeriği optimize etmek için daha fazla araştırma yapılmasını gerektirebilir.

4.4 Muskat Cevizi Uçucu Yağlarında Antimikrobiyal Aktivite Analizi

Agar well difüzyon yöntemiyle yapılan antimikrobiyal çalışması her mikroorganizma için 2 paralel olarak yapılmış ve muskat cevizi uçucu yağlarının ***Staphylococcus aureus ATCC 25923, Staphylococcus aureus ATCC 29213 Escherichia coli ATCC 25922, Escherichia coli ATCC 43895, Bacillus cereus ATCC 7464, Salmonella typhi ATCC 14028*** üzerine antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilirken ***Klebsiella ATCC 13048, Enterococcus Faecium ATCC 19434*** ve ***Listeria monocytogenes ATCC 3390*** üzerinde herhangi bir antimikrobiyal etkiye rastlanmamış (Ek.3) ve Tablo 16'da mikroorganizma, uçucu yağ çeşidi ve zon çapı (mm) verilmiştir.

Tablo 16

Agar well difüzyon yöntemiyle muskat cevizi uçucu yağlarının antimikrobiyal etkisi

Mikroorganizma	Uçucu Yağ	Zon Çapı (mm)
S. aureus ATCC 25923	Mikrodalga- Klevenger	12 – 8
S. aureus ATCC 29213	Mikrodalga- Klevenger	8- 10
E. coli ATCC 25922	Mikrodalga- Klevenger	12- 32
E. coli ATCC 43895	Mikrodalga- Klevenger	9- 13
B. cereus ATCC 7464	Mikrodalga- Klevenger	10- 11
S. typhi ATCC 14028	Mikrodalga- Klevenger	18- 14
Klebsiella ATCC 13048	Mikrodalga- Klevenger	0- 0
E. Faecium ATCC 19434	Mikrodalga- Klevenger	0- 0
L. monocytogenes ATCC 3390	Mikrodalga- Klevenger	0- 0

Disk difüzyon yöntemiyle yapılan antimikrobiyal çalışması her mikroorganizma için 2 paralel olarak yapılmış ve muskat cevizi uçucu yağlarının ***C. albicans ATCC 10231, C. utilis, S. Boulardii, S. Aereus ATCC 6538, S. Aereus ATCC 29213, S. Aereus ATCC 25923, S. Aereus ATCC 700695, L. İnocua, E. coli ATCC 13846*** ve ***E. coli 25922*** üzerine antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiş (EK.4) ve Tablo 17'de mikroorganizma, uçucu yağ çeşidi, kullanılan antibiyotik ve zon çapı (mm) verilmiştir.

Tablo 17

Disk difüzyon yöntemiyle muskat cevizi uçucu yağlarının antimikrobiyal etkisi

Mikroorganizma	Uçucu Yağ	Antibiyotik	Zon çapı (mm)
C. albicans ATCC 10231	Mikrodalga-Klevenger	Cyclo	12-14-0
C. utilis	Mikrodalga-Klevenger	Cyclo	11-16-0
S. Boulardii	Mikrodalga-Klevenger	Cyclo	5,5-5-0
S. Aereus ATCC 6538	Mikrodalga-Klevenger	Kinamisin	7-7-15
S. Aereus ATCC 29213	Mikrodalga-Klevenger	Kinamisin	6-6-8
S. Aereus ATCC 25923	Mikrodalga-Klevenger	Kinamisin	6-7-14,5
S. Aereus ATCC 700695	Mikrodalga-Klevenger	Kinamisin	6-6-13
L. İnocua	Mikrodalga-Klevenger	Kinamisin	12-6-20
E. coli ATCC 13846	Mikrodalga-Klevenger	Meropenem	8-7-0
E. coli ATCC 25922	Mikrodalga-Klevenger	Meropenem	6-8-28

Daha önce (Narasimhan vd.; 2006, Cho vd., 2007; Takikawa vd., 2002; Gupta vd., 2013; Nikolic vd., 2021; Cui vd., 2015) yapılan çalışmalarda muskat cevizi uçucu yağlarının ***C. albicans, S. aereus, B. cereus, B. luteus, E. coli K. pneumoniae B. subtilis S. typhi B. pumilus P. aeruginosa*** mikroorganizmaları üzerine antimikrobiyal etkisi olduğu rapor edilmiştir. Yaptığımız çalışmada KD ile ve MDKD ile elde edilen uçucu yağların; ***S. aureus 25923, S. aureus 29213, E. coli 25922, E. coli 43895, B. cereus 7464, S. typhi 14028, C. albicans 10231, C. utilis, S. Boulardii, S. Aereus 6538, S. Aereus 700695, L. İnocua, E. coli 13846*** üzerine antimikrobiyal etkisini ve KD ile, MDKD ile elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal etkisinin farkları rapor edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada MDKD ile elde edilen uçucu yağlar ***S. aureus ATCC 25923, S. typhi ATCC 14028, S. Boulardii, L. İnocua, E. coli ATCC 13846,*** mikroorganizmaları üzerinde daha yüksek antimikrobiyal etki gösterirken, KD ile elde edilen uçucu yağlar ***S. aureus ATCC 29213, E. coli ATCC 25922, E. coli ATCC 43895, B. cereus ATCC 7464, C. albicans ATCC 10231, C. utilis S. Aereus ATCC 25923*** üzerinde daha yüksek antimikrobiyal etki göstermiştir.

4.5 Duyusal Analiz

Kontrol olarak hazırlanan sade dondurma için uygulanan hedonik skala testinde 25 panelistten; 9 panelist *'çok beğendim'*, 9 panelist *'beğendim'*, 7 panelist *'ne beğendim ne beğenmedim'* olarak yanıt vermiştir.

KD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma için uygulanan hedonik skala testinde 25 panelistten; 2 panelist *'çok beğendim'*, 9 panelist *'beğendim'*, 8 panelist *'ne beğendim ne beğenmedim'*, 4 panelist *'beğenmedim'*, 2 panelist *'hiç beğenmedim'* olarak yanıt vermiştir.

MDKD düzeneği ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma için uygulanan hedonik skala testinde 25 panelistten; 13 panelist çok beğendim, 9 panelist beğendim, panelist ne beğendim ne beğenmedim, 1 panelist beğenmedim, 1 panelist hiç beğenmedim

olarak yanıt vermiştir. Elde edilen yanıtlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18

Dondurmalara uygulanan hedonik skala testi

Örnek	Panelist Sayısı	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
107	25	$3,20^{B} \pm 1,06$
206	25	$4,28^{A} \pm 1,00$
295	25	$4,08^{A} \pm 0,80$

P<0.05 için örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır.

107: KD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma

206: MDKD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma

295: Kontrol

Yapılan One-Way ANOVA testi sonucunda üç örnek arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($F(2,72) = 8.97$, $p < 0,05$).

Tukey HSD post-hoc testi sonuçlarına göre:

Örnek 206 ve 295, Örnek 107'ye göre anlamlı derecede daha yüksek beğenilmiştir.

Örnek 206 ile Örnek 295 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Hedonik değerlendirmede örneklerin beğeni sıralaması: 206 ≈ 295> 107

En düşük beğeni puanını KD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma örneği almıştır (Ort.= 3,20). En yüksek beğeni puanını MDKD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma örneği almıştır (Ort.= 4,28). Ayrıca MDKD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma örneği ile kontrol örnek (Ort.= 4,08) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. KD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma örneği ise diğer iki örnekten istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük beğeni almıştır.

MDKD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma ve kontrol örnekleri tüketici beğenisi açısından benzer performans göstermiştir ve her ikisi de oldukça yüksek beğeni almıştır. Buna karşın KD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma örneği diğerlerine göre daha az beğenilmiştir. Panelist değerlendirmelerinde; diğer örneklere kıyasla bu dondurma örneğinin tadının daha acı olduğu ve ağızda buruk bir tat bıraktığı belirtilmiştir. Bunun sebebi olarak; klevenger yöntemiyle uçucu yağ elde etme yönteminin mikrodalga destekli klevenger yöntemiyle uçucu yağ elde etme yönteminden daha uzun sürmesi ve uçucu yağın içerdiği bileşenlerin miktarlarının değişmesi söylenebilir. Söz konusu formülasyon için geliştirilmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın; uçucu yağ konsantrasyonunun düşürülmesi veya dondurma miksinin şeker oranının arttırılması olabileceği yönünde düşünülmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde doğal katkı maddelerine yönelim hızla artmakta, buna bağlı olarak sentetik katkı maddelerinin yerini doğal katkı maddeleri almaktadır. Bu bağlamda muskat cevizi gerek fiziksel gerekse kimyasal özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Yapılan araştırmada kullanılan muskat cevizi örnek standardizasyonu açısındandan değerlendirilerek yerel bir aktardan aynı parti üründen 5 kilogram muskat cevizi temin edilmiştir. Yapılan nem analizi sonucunda muskat cevizlerinin nem kapmayacak kuru bir ortamda depolama süreci geçirdiği gözlemlenerek çalışmada yer alan bütün analizlerde materyal olarak kullanılabilirliğine karar verilmiştir.

Muskat cevizi örnekleri öğütülerek yapılan toplam kül analizinin sonuçları inorganik madde içeriğinin düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bu düşük inorganik madde içeriği bize hammadde olarak kaliteli olduğunu, düşük nem içeriği ise uzun süre doğru şartlarda depolanabilirliğini ortaya koymuştur.

Muskat cevizi örneklerinden soxhalet yardımıyla ortalama %30,13 ± 0,04 yağ içerdiği tespit edilmiştir. Yüksek yağ içeriği nedeniyle besleyiciliğinin yüksek olduğu kabul edilir. Ayrıca analizler sırasında yağın oda sıcaklığında donması nedeniyle içerisinde mumsu maddelerin yüksek miktarda bulunduğu gözlemlenmiştir.

Muskat cevizi örneklerinin toplam protein oranı değerlendirildiğinde sonuçlar protein içeriğinin %7'den (%7,21 ± 0,10) yüksek olduğunu göstermektedir. Bu değer baharatların protein içeriğiyle kıyaslandığında muskat cevizinin daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yüksek protein içeriği sayesinde besleyici değerinin fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Muskat cevizi uçucu yağlarında yapılan çalışmalarda % uçucu yağ oranı ortalama olarak %5.21 olarak belirlenmiştir. Klevenger düzeneği (KD) ile elde edilen uçucu yağlarda literatür araştırmalarındaki ortalama değere yakın elde edilirken, mikrodalga destekli klevenger düzeneği (MDKD) ile bu ortalamanın üzerinde uçucu yağ elde edilebildiği gözlemlenmiştir.

Muskat cevizinden KD ile elde edilen uçucu yağlarda ana bileşenler sabinen (%22,33), α-pinen (%22,45), γ-terpinen (%15,67) ve 4-Carvomenthenol; terpinen-4-ol (%6,98), MDKD ile elde edilen uçucu yağlarda ana bileşenler α-pinen (%29,75), γ-terpinen (%21,50) δ-3-karane (%8,33) ve α-felandren (%5,88) bulunmuştur.

Muskat cevizinden KD ve MDKD ile elde edilen uçucu yağlarda antioksidan kapasite sırasıyla 76.60 ± 0.73, 72.75 ± 1.20 olmak üzere antioksidan kapasitesinin yüksek olduğu raporlanmıştır.

Muskat cevizinden KD ve MDKD ile elde edilen uçucu yağların; ***S. aureus 25923, S. aureus 29213, E. coli 25922, E. coli 43895, B. cereus 7464, S. typhi 14028, C. albicans 10231, C. utilis, S. Boulardii, S. Aereus 6538, S. Aereus 700695, L. İnocua, E. coli 13846*** mikroorganizmaları üzerine antimikrobiyal etkisi raporlanmıştır.

Muskat cevizi KD ve MDKD ile elde edilen uçucu yağlar kullanılarak yapılan dondurmaların lezzet açısından değerlendirildiğinde KD ile elde edilen uçucu yağ kullanılarak yapılan dondurmanın kontrol numunesi olan sade dondurmaya ve MDKD ile elde edilen uçucu yağ kullanılarak yapılan dondurmaya oranla istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratacak şekilde daha az beğenilmiştir. MDKD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma en yüksek beğeni skorunu (4,28) elde ederken KD ile elde edilen uçucu yağ ile yapılan dondurma en düşük beğeni skorunu (3,20) elde etmiştir.

Bu çalışmada muskat cevizinin uçucu yağları farklı yöntemlerle elde edilerek bir sade dondurmaya katılmıştır. Dondurmaya ek olarak antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri dikkate alındığında söz konusu bu uçucu yağların; meyve suyu, kek, kurabiye ve puding gibi farklı özelliklere sahip gıdalara da katılarak yeni ürün geliştirme çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Ayrıca, ileriye yönelik yapılacak bu çalışmalarda yalnızca uçucu yağların değil, öğütülmüş muskat cevizinin de kullanılması yeni ürün formülasyonlarının geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Abdullah, M. H. R. O., Ching, P. E., ve Lim, T. H. (2010). Determination of some physical properties of nutmeg (Myristica fragrans) seeds. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2(7), 669-672.

Abdurrasheed , K., ve Janardanan, C. (2009). Chemical composition of nutmeg and mace (Myristica fragrans Houtt.) from Tellicherry and Kannur regions, Kerala. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 18(2), 108-110.

Abhiram, G. (2024). A review of different drying methods and their impact on physiochemical and functional properties of nutmeg and star anise. *Journal of Spices ve Aromatic Crops*, *33*(2).

Abourashed, E. A., ve El-Alfy, A. T. (2016). Chemical diversity and pharmacological significance of the secondary metabolites of nutmeg (Myristica fragrans Houtt.). *Phytochemistry Reviews*, 15(6), 1035–1056. https://doi.org/10.1007/s11101-016-9469-x

Agbogidi, O. M., ve Azagbaekwe, O. P. (2013). Health and nutritional benefits of nutmeg (Mystica fragrans Houtt.). *Scientia Agriculturae*, 1(2), 40–44.

Agiriga, A. N., ve Siwela, M. (2018). Chemical composition of selected spices consumed in Nigeria. American *Journal of Food Science and Nutrition*, 5(4), 98-102.

Akinduko, A., Akindahunsi, A., Uzoka, U., ve Nwonuma, C. (2024). Nutritional and safety assessment of aqueous extract of nutmeg seeds, Myristica fragrans. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 15(1), 24082-24096.

Ashokkumar, K., Vellaikumar, S., Muthusamy, M., Dhanya, M. K., ve Aiswarya, S. (2020). Compositional variation in the leaf, mace, kernel, and seed essential oil of nutmeg (Myristica fragrans Houtt.) from the Western Ghats, India. *Natural Product Research*, 1–4. https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1771713

Budiastra IW, Zahra AM, Sugiyono ve Sutrisno (2021) Physicochemical Properties of Nutmeg Oleoresin Obtained by Ultrasound-Assisted Extraction from Different Raw Material Qualities and Drying Methods. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 11(01): 229-235.

Bounatirou, S., Smiti, S., Mıguel, M., Faleıro, L., Rejeb, M., Neffatı, M., Pedro, L., Barroso, J. G., ve Figueiredo, A. C. (2007). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian Thymus capitatus Hoff. et Link. *Food Chemistry*, 105(1), 146–155. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.059

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., ve Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. https://doi.org/10.1016/s0023-6438(95)80008-5

Caillet, S., Ursachi, L., Shareck, F., ve Lacroix, M. (2009). Effect of γ radiation and oregano essential oil on murein and ATP concentration of Staphylococcus aureus. *Journal of Food Science*, *7*, 145-149. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01368.x

Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A., Kilburn, J. D., ve Rakariyatham, N. (2007). Antimicrobial gallic acid from Caesalpinia mimosoides Lamk. *Food Chemistry*, 100(3), 1044–1048. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.008

Chemat, S., Lagha, A., AitAmar, H., Bartels, P. V., ve Chemat, F. (2004). Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(3), 188–195. https://doi.org/10.1002/ffj.1339

Cho, J. Y., Choi, G. J., Son, S. W., Jang, K. S., Lim, H. K., Lee, S. O., Sung, N. D., Cho, K. Y., ve Kim, J.-C. (2007). Isolation and antifungal activity of lignans from Myristica fragrans against various plant pathogenic fungi. *Pest Management Science*, 63(9), 935–940. https://doi.org/10.1002/ps.1420

Conley, S. (2002). Nutmeg: Only a spice? *Proceedings of the 11th Annual History of Medicine Days.* 22-23 Mart 2002, Calgary, AB, 21-22.

Cristani, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Micieli, D., Venuti, V., Bisignano, G., Saija, A., ve Trombetta, D. (2007). Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: Implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6300–6308. https://doi.org/10.1021/jf070094x

Cui, H., Zhang, X., Zhou, H., Zhao, C., Xiao, Z., Lin, L., ve Li, C. (2015). Antibacterial properties of nutmeg oil in pork and its possible mechanism. *Journal of Food Safety*, 35(3), 370–377. https://doi.org/10.1111/jfs.12184

Dorman, H. J. D., ve Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology,* 88(2), 308–316. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x

Dorman, H. J. D., ve Deans, S. G. (2004). Chemical composition, antimicrobial and in vitro antioxidant properties of Monarda citriodora var. citriodora, Myristica fragrans, Origanum vulgare ssp. hirtum, Pelargonium sp. and Thymus zygis oils. *Journal of Essential Oil Research*, 16(2), 145–150. https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698679

Du, S.-S., Yang, K., Wang, C.-F., You, C.-X., Geng, Z.-F., Guo, S.-S., Deng, Z.-W., ve Liu, Z.-L. (2014). Chemical constituents and activities of the essential oil from Myristica fragrans against cigarette beetle Lasioderma serricorne. *Chemistry ve Biodiversity*, 11(9), 1449–1456. https://doi.org/10.1002/cbdv.201400137

Duarte, R. C., Fanaro, G. B., Koike, A. C., ve Villavicencio, A. L. C. (2011). Irradiation effect on antifungal potential Myristica fragrans (nutmeg) essential oil: A preliminary study, *2011 International Nuclear Atlantic Conference,* 24-28 Ekim 2011, Belo Horizonte, MG, Brazil, 1-8.

ESA (2015). European Spice Association quality minima document. https://www.esa-spices.org/download/esa-qmd-rev-5-update-as-per-esa-tc-26-03-18.pdf, Accessed date: 21 September 2018.

Francis, K. S., Suresh, E., ve Nair, M. S. (2014). Chemical constituents from Myristica fragrans fruit. *Natural Product Research*, 28(20), 1664–1668. https://doi.org/10.1080/14786419.2014.934236

Grice, H. C. (1986). Safety evaluation of butylated hydroxytoluene (BHT) in the liver, lung and gastrointestinal tract. *Food and Chemical Toxicology*, 24, 1127–1130.

Gupta, A. D., ve Rajpurohit, D. (2011). Antioxidant and antimicrobial activity of nutmeg (Myristica fragrans). In V. R. Preedy, R. R. Watson ve V. B. Patel (Eds.), *Nuts and*

seeds in health and disease prevention (pp. 831–839). https://doi.org/10.1016/b978-0-12-375688-6.10098-2

Gupta, A. D., Bansal, V. K., Babu, V., ve Maithil, N. (2013). Chemistry, antioxidant and antimicrobial potential of nutmeg (Myristica fragrans Houtt). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 11(1), 25–31. https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2012.12.001

Hettiarachchy, N. S., Glenn, K. C., Gnanasambandam, R., ve Johnson, M. G. (1996). Natural antioxidant extract from fenugreek (Trigonella foenumgraecum) for ground beef patties. *Journal of Food Science*, 61(3), 516–519. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb13146.x

Hoda, S., Vermani, M., Joshi, R. K., Shankar, J., ve Vijayaraghavan, P. (2020). Anti-melanogenic activity of Myristica fragrans extract against Aspergillus fumigatus using phenotypic based screening. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1). https://doi.org/10.1186/s12906-020-2859-z

Hyvönen, L. (1996). Approach to fat analysis of foods. *Food Chemistry*, 57(1), 23–26. https://doi.org/10.1016/0308-8146(96)00058-1

ISO standart 6577:2002 (2002). Nutmeg, whole or broken, and mace, whole or in pieces (Myristica fragrans Houtt.) – Specification. Geneva: *International Organization for Standardization*

Jukic, M., Politeo, O., ve Milos, M. (2006). Chemical composition and antioxidant effect of free volatile aglycones from nutmeg (Myristica fragrans Houtt.) compared to its essential oil. *Croatica Chemica Acta*, 79, 209-214.

Kapoor, I. P. S., Singh, B., Singh, G., De Heluani, C. S., De Lampasona, M. P., & Catalan, C. A. N. (2013). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil and Oleoresins of Nutmeg (Myristica fragransHoutt.) Fruits. *International Journal of Food Properties,* 16(5), 1059–1070. doi:10.1080/10942912.2011.576357

König, W. A., Krüger, A., Icheln, D., ve Runge, T. (1992). Enantiomeric composition of the chiral constituents in essential oils. Part 1: Monoterpene hydrocarbons. *Journal of High Resolution Chromatography*, 15(3), 184–189. https://doi.org/10.1002/jhrc.1240150310

Lewis, R. E. (2011). Current concepts in antifungal pharmacology. *Mayo Clinic Proceedings*, 86(8), 805–817. https://doi.org/10.4065/mcp.2011.0247

Loying, R., Gogoi, R., Sarma, N., Borah, A., Munda, S., Pandey, S. K., ve Lal, M. (2019). Chemical compositions, in-vitro antioxidant, anti-microbial, anti-inflammatory and cytotoxic activities of essential oil of Acorus calamus L. rhizome from North-East India. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(5), 1299–1312. https://doi.org/10.1080/0972060x.2019.1696236

Luque de Castro, M. D., Jiménez-Carmona, M. M., ve Fernández-Pérez, V. (1999). Towards more rational techniques for the isolation of valuable essential oils from plants. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 18(11), 708–716. https://doi.org/10.1016/s0165-9936(99)00177-6

Meyer-Warnod, B. (1984). Natural essential oils. Extraction processes and application to some major oils. *Perfumer ve Flavorist*, *9*(2), 93-104.

Monika-Thakur, A. P. S. (2014). Qualitative phytochemical screening, total phenolic content and antioxidant activity in methanolic extracts of M. fragrans Houtt. (Mace). *Journal of Food Science Research*, 5(2), 135–138. https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2279701

Moore, J. C., DeVries, J. W., Lipp, M., Griffiths, J. C., ve Abernethy, D. R. (2010). Total protein methods and their potential utility to reduce the risk of food protein adulteration. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(4), 330–357. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00114.x

Munda, S., Dutta, S., Pandey, S. K., Sarma, N., ve Lal, M. (2019). Antimicrobial activity of essential oils of medicinal and aromatic plants of the North East India: A biodiversity hot spot. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(1), 105–119. https://doi.org/10.1080/0972060x.2019.1601032

Nakai, M., Harada, M., Nakahara, K., Akimoto, K., Shibata, H., Miki, W., ve Kiso, Y. (2003). Novel antioxidative metabolites in rat liver with ingested sesamin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6), 1666–1670. https://doi.org/10.1021/jf0258961

Narasimhan, B., ve Dhake, A. S. (2006). Antibacterial Principles from Myristica fragrans Seeds. Journal of Medicinal Food*, 9(3), 395–399. Journal of Medicinal Food*, 9, 395–399. https://doi.org/10.1089/jmf.2006.9.395

Nelson, S. O., (2018). RF Electrical Seed Treatment to Improve Germination. *2018 ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE.* 29 Temmuz-1 Ağustos Detroit, Michigan. 1-8 doi:10.13031/aim.201800018

Nielsen, S. S. (2009). Determination of moisture content*. In Food science texts series (pp. 17–27)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1463-7_3

Nikolic, V., Nikolic, L., Dinic, A., Gajic, I., Urosevic, M., Stanojevic, L., ve Danilovic, B. (2021). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of nutmeg (Myristica fragrans Houtt.) seed essential oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(2), 218–227. https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1907230

Nkwocha, C. C., Nworah, F. N., Okagu, I. U., ve Nwagwe, O. R. (2018). Proximate and phytochemical analysis of Monodora myristica (African nutmeg) from Nsukka, Enugu State, Nigeria. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(9), 597–601. https://doi.org/10.12691/jfnr-6-9-9

Ogungbenle, H. N., ve Adu, T. O. (2012). Proximate composition and functional properties of dehulled African nutmeg (Monodora myristica). *Pakistan Journal of Scientific ve Industrial Research Series A: Physical Sciences*, 55(2), 80-85.

Olajide, O. A., Ajayi, F. F., Ekhelar, A. I., Awe, S. O., Makinde, J. M., ve Alada, A. R. A. (1999). Biological effects of Myristica fragrans (nutmeg) extract. *Phytotherapy Research*, 13(4), 344–345. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199906)13:4<344:AID-PTR436>3.0.CO;2-E

Okiki, P. A., Nwobi, C. P., Akpor, O. B., Adewole, E., ve Agbana, R. D. (2023). Assessment of nutritional and medicinal properties of nutmeg. *Scientific African*, 19, e01548.

Pal, M., Srivastava, M., Soni, D. K., Kumar, A., ve Tewari, S. K. (2011). Composition and anti-microbial activity of essential oil of Myristica fragrans from Andaman Nicobar Island. *International Journal of Pharmacy and Life Sciences*, 2(10), 1115–1117.

Panizzi, L., Caponi, C., Catalano, S., Cioni, P., ve Morelli, I. (2002). In vitro antimicrobial activity of extracts and isolated constituents of Rubus ulmifolius. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(2), 165–168. https://doi.org/10.1016/s0378-8741(01)00363-4

Periasamy, G., Karim, A., Gibrelibanos, M., Gebremedhin, G., ve Gilani, A.-H. (2016). Nutmeg (Myristica fragrans Houtt.) oils. In V. R. Preedy (Ed.), Essential oils in food preservation, flavor and safety (pp. 607–616). *Academic Press*. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00069-9

Piaru, S. P., Mahmud, R., Abdul Majid, A. M. S., Ismail, S., ve Man, C. N. (2012). Chemical composition, antioxidant and cytotoxicity activities of the essential oils of Myristica fragrans and Morinda citrifolia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 593–597. https://doi.org/10.1002/jsfa.4613

Sabulal, B., Dan, M., John, A. J., Kurup, R., Pradeep, N. S., Valsamma, R. K., ve George, V. (2006). Karyofilen-rich rhizome oil of Zingiber nimmonii from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. *Phytochemistry*, 67(22), 2469–2473. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.08.003

Seydim, A. C., ve Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 39(5), 639–644. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.01.013

Sharathchandra, K., Srujana, M. G., ve Sridhar, K. R. (2023). Nutritional and functional attributes of Myristica malabarica fruits. *In Ethnic knowledge and perspectives of medicinal plants* (pp. 287–301). Apple Academic Press. https://doi.org/10.1201/9781003352983

Sherwin, E. R. (1990). Antioxidants. In R. Branen (Ed.), *Food additives* (pp. 139–193). Marcel Dekker Inc, New York.

Srivastava, A., Harish, S. R., ve Shivanandappa, T. (2006). Antioxidant activity of the roots of Decalepis hamiltonii (Wight ve Arn.). *LWT- Food Science and Technology*, 39(10), 1059–1065. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.005

Spice Board of India. (2016). Quality standards for nutmeg. *Spices specification manual*, 112-115.

Spricigo, C. B., Pinto, L. T., Bolzan, A., ve Ferreira Novais, A. (1999). Extraction of essential oil and lipids from nutmeg by liquid carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 15(3), 253–259. https://doi.org/10.1016/s0896-8446(99)00012-1

SPSS Inc. (2007). *SPSS Statistics* (Version 16.0) [Computer software]. Chicago, IL: SPSS Inc.

Süssmuth, R., Eberspächter, J., Haag, R., ve Springer, W. (1987). '' Wachstum der Mikroorganismen'' J.C.G. Ottow (ed) *Biochemisch mikrobioogisches prakticum* (15-18). George Thieme Verlag Stuttgart-Newyork 1987.

Tajuddin, Ahmad, S., Latif, A., ve Qasmi, I. A. (2003). Aphrodisiac activity of 50% ethanolic extracts of Myristica fragrans Houtt (nutmeg) and Syzygium aromaticum (L) Merr. ve Perry. (clove) in male mice: A comparative study. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 3(1). https://doi.org/10.1186/1472-6882-3-6

Takikawa, A., Abe, K., Yamamoto, M., Ishimaru, S., Yasui, M., Okubo, Y., ve Yokoigawa, K. (2002). Antimicrobial activity of nutmeg against Escherichia coli O157. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 94(4), 315–320. https://doi.org/10.1016/s1389-1723(02)80170-0

Ultee, A., Kets, E. P. W., ve Smid, E. J. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen Bacillus cereus. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(10), 4606–4610. https://doi.org/10.1128/aem.65.10.4606-4610.1999

Ultee, A., Bennik, M. H. J., ve Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen Bacillus cereus. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1561–1568. https://doi.org/10.1128/aem.68.4.1561-1568.2002

Valente, V. M. M., Jham, G. N., Dhingra, O. D., ve Ghiviriga, I. (2011). Composition and antifungal activity of the Brazilian Myristica fragrans Houtt essential oil. *Journal of Food Safety*, 31(2), 197–202. https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2010.00285.x

Valente, V. M. M., Jham, G. N., Jardim, C. M., Dhingra, O. D., ve Ghiviriga, I. (2015). Major antifungals in nutmeg essential oil against Aspergillus flavus and A.

ochraceus. *Journal of Food Research*, 4(1), 51-57. https://doi.org/10.5539/jfr.v4n1p51

Wichi, H. P. (1988). Enhanced tumor development by butylated hydroxyanisole (BHA) from the prospective of effect on forestomach and oesophageal aquamous epithelium. *Food and Chemical Toxicology*, 26, 717–723.

Zachariah, T. J., Leela, N. K., Maya, K. M., Rema, J., Mathew, P. A., Vipin, T. M., ve Krishnamoorthy, B. (2008). Chemical composition of leaf oils of Myristica beddomei (King), Myristica fragrans (Houtt.) and Myristica Malabarica (Lamk.). *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 17(1), 10–15.

EKLER

EK 1

DONDURMA HEDONİK SKALA TESTİ

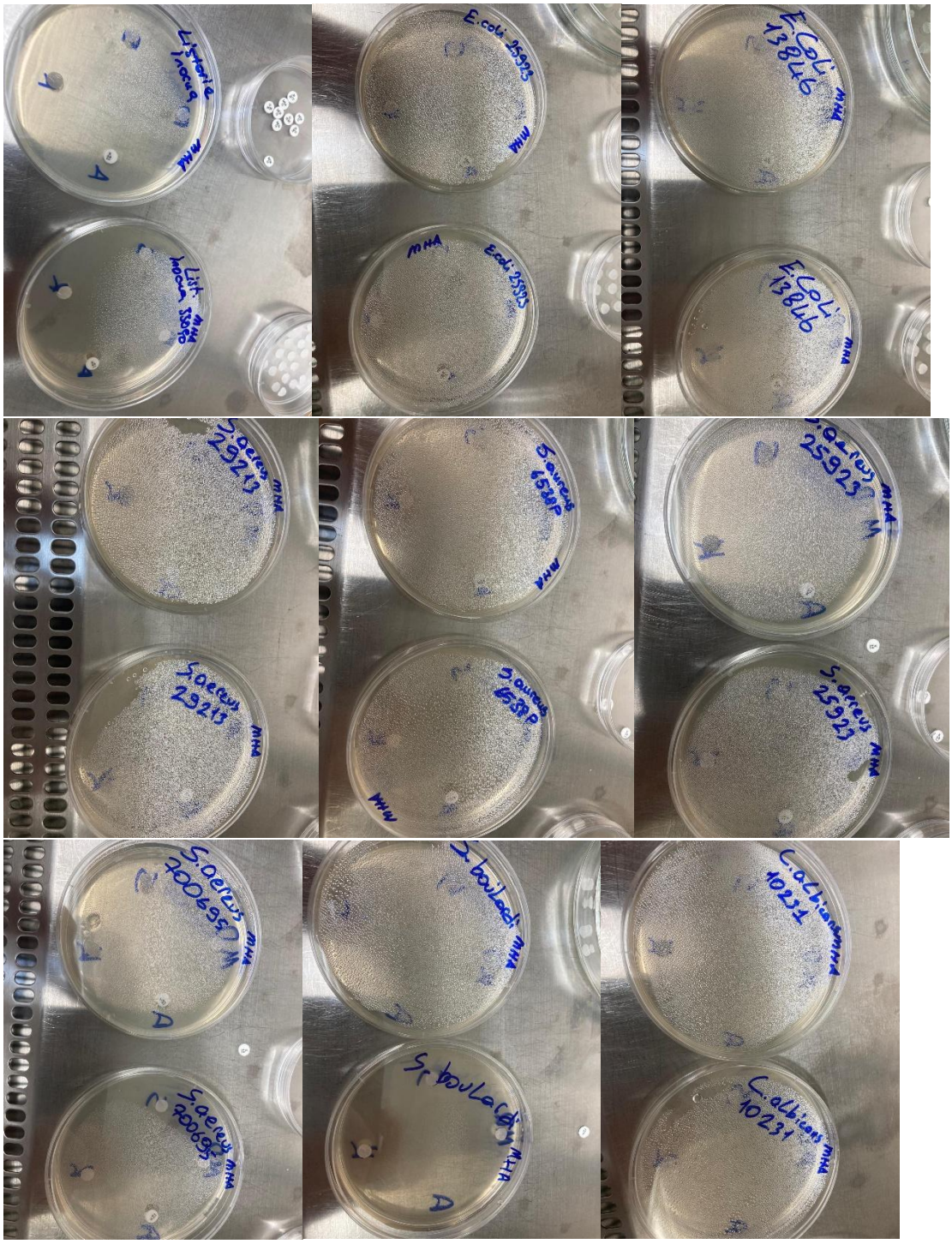
Panelistin Adı Soyadı: Tarih:

Size sunulan dondurma örneklerini soldan başlayarak tadınız ve beğeni tercihinize göre uygun olanı işaretleyiniz. Katılımınız için Teşekkür ederiz.

Örnek Kodu	Hiç beğenmedim	Beğenmedim	Ne beğendim ne beğenmedim	Beğendim	Çok beğendim
107					
206					
295					

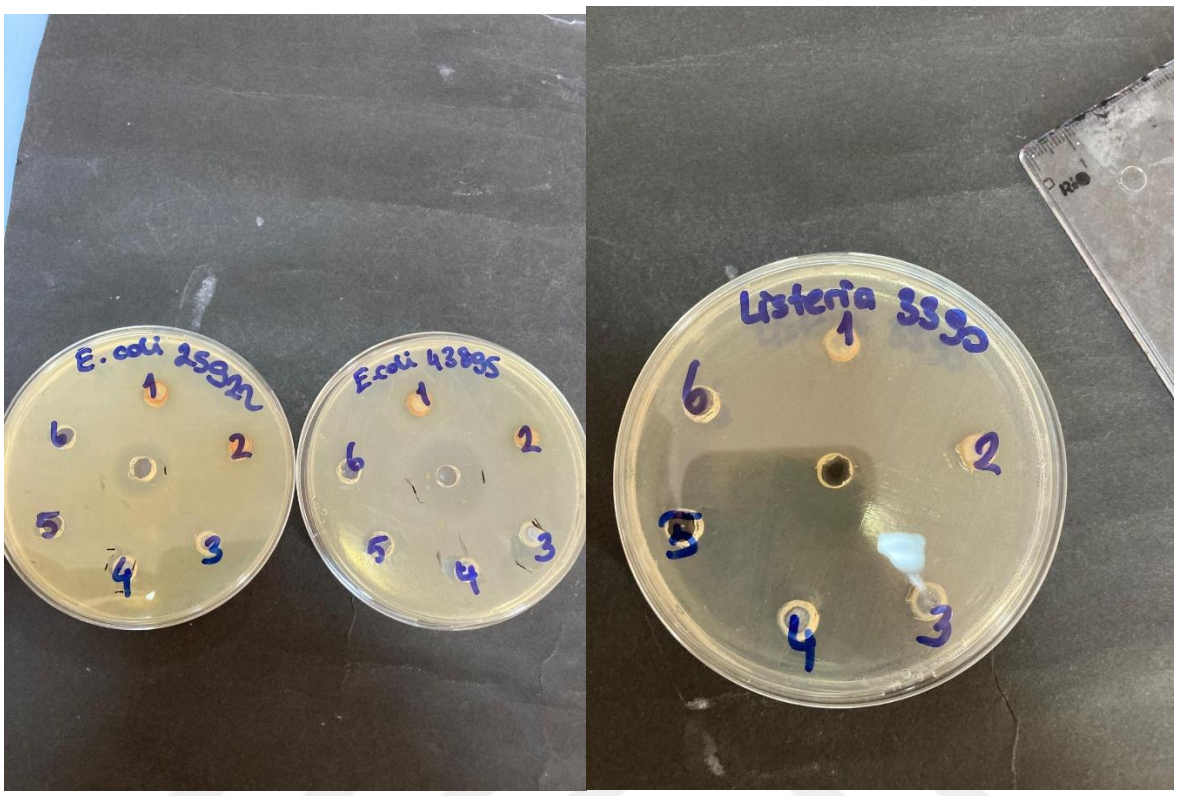
EK 2

DİSK DİFÜZYON YÖNTEMİ HAZIRLIK AŞAMASI



EK 3

AGAR WELL DİFÜZYON YÖNTEMİNDE SONUÇ ALMA



EK 4

DİSK DİFÜZYON YÖNTEMİ SONUÇ ALMA

