



**ARGAN YAĞININ *YARROWIA LIPOLYTICA*'NİN
LİPİD ÜRETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ**

Rouna ALAAELDIN

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Güzin KABAN**

2022

(Her hakkı saklıdır).

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ARGAN YAĞININ *Yarrowia lipolytica*'NİN LİPİD ÜRETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ
(Effect of Argan Oil on Lipid Production Capacity of *Yarrowia lipolytica*)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rouna ALAAELDIN

Danışman: Prof. Dr. Güzin KABAN

Erzurum
Haziran, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Rouna ALAAELDIN tarafından hazırlanan “ARGAN YAĞLARININ Yarrowia lipolytica’NIN LİPİD ÜRETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ” başlıklı çalışması 17/06/ 2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof.Dr.Güzin KABAN Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof.Dr.Güzin KABAN Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr.Öğr.Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr.Öğr. Üyesi Bilge SAYIN BÖREKÇİ Ardahan Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
....../....../.... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, Tablo, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Güzin KABAN danışmanlığında sunulan “*ARGAN YAĞININ Yarrowia lipolytica*’ININ LİPİD ÜRETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	5	30
Kuramsal Temeller	2	30
Materyal ve Yöntem	5	35
Bulgular	5	20
Tartışma	1	0
Tezin Geneli	3	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Rouna ALAAELDIN	Prof. Dr. Güzin KABAN
17.6.2022	17.6.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

x Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince hiçbir zaman benden bilgi, deneyim ve desteğini esirgemeyen ve daima her konuda yardımcı ve anlayışlı olan Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN'a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda büyük desteğini gördüğüm Sayın Hocam Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE'ye, Yüksek lisans süresince her zaman desteğini sunan Faical MOUTA-AFIF'e, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Gıda Müh. Zerrin POLAT'a ve Zeynep Esra NUHOĞLU'na ve ayrıca tez çalışmamda yardımını eksik etmeyen Eyad AOUDEH'a teşekkürü bir borç bilirim.

Her daim dualarını ve desteklerini hissettiğim muhterem babam Wajih ALAAELDIN'e, kıymetli annem Layla KARAMUHAMMED'e ve her daim sevgisini ve yardımını hissettiğim sevgili rahmetli ablam Bayan ALAAELDIN'e, abilerim ve ablalarım sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Rouna ALAAELDIN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARGAN YAĞININ *Yarrowia lipolytica*'NİN LİPİD ÜRETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ

Rouna ALAAELDIN

Danışman: Prof. Dr. Güzin KABAN

Amaç: Bu çalışmada, *Yarrowia lipolytica* YB-423 suşunun lipid üretim kapasitesi, biyokütle miktarı ve yağ asidi profili üzerine farklı oranlarda kullanılan (0, 5, 1 ve 2 mL/L) geleneksel yemeklik, endüstriyel yemeklik ve kozmetik argan yağlarının farklı azot oranlarında etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Besiyerlerine geleneksel, endüstriyel veya kozmetik argan yağlarından 0,5, 1 ve 2 mL/L oranlarında ilave edilmiş ve azot oranları (0,5 ve 1 g/L) olacak şekilde hazırlanmıştır. İnkübasyonu takiben hücrelerin biyokütlesi hesaplanmış ve biyokütleden toplam lipid üretim miktarı belirlenmiştir. Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesinde GC/FID kullanılmıştır. Çalışmada, argan yağ çeşidi ve oranı ile azot oranı faktör olarak seçilmiş ve denemeler tam şansa bağlı deneme planına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: *Y. lipolytica* NRRL YB-423'in, en yüksek ortalama biyokütle ve lipid miktarı besiyerinde bulunan endüstriyel argan yağı varlığında belirlenmiştir. Lipid üretimi üzerinde azot oranı ve argan yağ oranı çok önemli ($p<0,01$) derecede etkili olurken, argan yağ çeşidi önemli ($p<0,05$) derecede etki göstermiştir. Palmitik ve oleik asit üzerinde faktörlerin tümü istatistiki açıdan çok önemli ($p<0,01$) farklılıklara neden olmuştur. Palmitoleik asit ise en düşük ortalama değerini %2 argan yağı kullanımı durumunda vermiştir. Stearik asit üzerinde azot oranının çok önemli bir etkisi olmuştur. Oleik asit açısından en düşük değer kozmetik argan yağı varlığında tespit edilmiştir. Linoleik asitin en yüksek değeri ise 0,5 g/L azot ile 0,5 mL/L kozmetik argan yağı kullanıldığında belirlenmiştir.

Sonuç: *Y. lipolytica* NRRL YB-423 suşunun besi ortamında farklı argan yağlarının, farklı oranlarda kullanımı biyokütle, lipid üretim miktarı ve yağ asidi kompozisyonunda değişikliklere neden olmaktadır. Ayrıca, azot oranında yapılacak değişiklik de bu özellikleri etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: *Yarrowia lipolytica*, tek hücre yağı, mikrobiyal yağlar, argan yağı, biyokütle, lipid üretimi.

Haziran 2022, 66 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

EFFECT OF ARGAN OIL ON LIPID PRODUCTION CAPACITY OF *Yarrowia lipolytica*

Rouna ALAAELDIN

Supervisor: Prof. Dr. Güzin KABAN

Purpose: It was aimed to determine the effects of adding traditional and industrial edible argan oil and cosmetic argan oil in different ratios (0,5,1 and 2mL/L) under different nitrogen ratios on the lipid production capacity, biomass and fatty acid profile of *Yarrowia lipolytica* YB 423 strain.

Method: Traditional and industrially produced edible argan oils or cosmetic argan oils were added to the medium composition at 0,5, 1 and 2mL/L and were prepared with nitrogen ratios (0.5 and 1 g/L). Following incubation, biomass of cells was calculated and total amount of lipid production from biomass was determined. GC/FID was used to determine fatty acid composition. Argan oil type and ratio, and nitrogen ratio were selected as factors, and experiments were carried out according to the completely randomized design.

Findings: *Y. lipolytica* YB423 had the highest average biomass and lipid content in the presence of industrial argan oil. While nitrogen content and argan oil ratios were very important ($p<0.01$) effect on lipid production, argan oil type had a significant ($p<0.05$) effect. All factors on palmitic and oleic acid caused statistically significant ($p<0.01$) differences. Palmitoleic acid gave the lowest value in using 2% argan oil. Nitrogen ratio had a very significant effect on stearic acid. The lowest value for oleic acid was determined cosmetic argan oil. The highest linoleic acid value was determined in 0.5mL/L cosmetic argan oil combination with 0.5g nitrogen.

Results: Use of argan oils in different ratios in the medium of *Y. lipolytica* YB423 strain causes changes in biomass, lipid production and fatty acid composition. Also, changes in nitrogen ratio affect these properties.

Keywords: *Yarrowia lipolytica*, single cell oils, microbial oils, argan oil, biomass, lipid production.

June 2022, 66 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ.....	viii
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
GİRİŞ.....	1
KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
MATERYAL VE YÖNTEM	14
Materyal	14
Yöntem.....	14
Mikroorganizma ve kültür ortamı	14
Biyokütle tayini	14
Toplam lipid üretim düzeyinin tayini.....	14
Yağ asidi metil esterlerinin elde edilmesi	15
Yağ asidi kompozisyonun tayini	16
İstatistiki analizler	16
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	17
Argan Yağlarına Ait Yağ Asidi Kompozisyonu (%)	17
Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Oranlarının <i>Yarrowia lipolytica</i> YB 423 Suşunun Biyokütle ve Lipid Üretimi Üzerine Etkisi	19
Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Oranlarının <i>Yarrowia lipolytica</i> YB 423 Suşunun Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi	28
SONUÇ.....	46
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Toplam lipid üretim düzeyinin belirlenmesi	15
Şekil 2. Yağ asidi metil esterlerinin hazırlanması.....	15
Şekil 3. AM x AYC interaksyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi.....	22
Şekil 4. AM x AYO interaksyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi.....	22
Şekil 5. AYC x AYO interaksyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi	23
Şekil 6. AM x AYC x AYO interaksyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi	24
Şekil 7. AM x AYO interaksyonunun lipid üretim miktarı (g/L) üzerine etkisi.....	27
Şekil 8. AYC x AYO interaksyonunun lipid üretim miktarı (g/L) üzerine etkisi.....	28
Şekil 9. AM x AYC interaksyonunun palmitik asit miktarı (%) üzerine etkisi	31
Şekil 10. AM x AYC x AYO interaksyonunun palmitik asit miktarı (%) üzerine etkisi	32
Şekil 11. AYC x AYO interaksyonunun palmitoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi	34
Şekil 12. AM x AYC x AYO interaksyonunun palmitoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi...	34
Şekil 13. AM x AYC interaksyonunun stearik asit miktarı (%) üzerine etkisi.....	36
Şekil 14. AYC x AYO interaksyonunun stearik asit miktarı (%) üzerine etkisi.....	37
Şekil 15. AM x AYC x AYO interaksyonunun stearik asit miktarı (%) üzerine etkisi	37
Şekil 16. AM x AYC interaksyonunun oleik asit miktarı (%) üzerine etkisi	40
Şekil 17. AM x AYO interaksyonunun oleik asit miktarı (%) üzerine etkisi	40
Şekil 18. AYC x AYO interaksyonunun oleik asit miktarı (%) üzerine etkisi	41
Şekil 19. AM x AYC interaksyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi	43
Şekil 20. AM x AYO interaksyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi	44
Şekil 21. AYC x AYO interaksyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi	45
Şekil 22. AM x AYC x AYO interaksyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi.....	45

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Mikroorganizma Çeşitleri ve Biriktirebildikleri Lipid Miktarları.....	2
Tablo 2. Argan Yağlarına Ait Yağ Asidi Kompozisyonu (%)	17
Tablo 3. Argan Yağ Çeşidi Verilerine Ait Varyans Analizi	17
Tablo 4. Geleneksel, Endüstriyel ve Kozmetik Argan Yağlarının Yağ Asidi Kompozisyonuna Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	19
Tablo 5. <i>Y. lipolytica</i> YB 423 Suşunun Biyokütle Miktarı (g/L) Üzerine Azot Miktarı, Farklı Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağı Oranlarının Etkisi.....	19
Tablo 6. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Biyokütle Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	20
Tablo 7. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Biyokütle (g/L) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	21
Tablo 8. <i>Y. lipolytica</i> YB 423 Suşunun Lipid Üretim Miktarı (g/L) Üzerine Azot Miktarı, Farklı Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağı Oranlarının Etkisi.....	24
Tablo 9. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Lipid Üretim Miktarına Ait Varyans Analiz Sonuçları	25
Tablo 10. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Lipid Üretim Miktarına (g/L) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	26
Tablo 11. <i>Y. lipolytica</i> YB 423 Suşu Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Azot Miktarı, Farklı Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağı Oranlarının Etkisi.....	29
Tablo 12. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	30
Tablo 13. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi Ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	31
Tablo 14. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitoleik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçlar	32
Tablo 15. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi Ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitoleik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	33

Tablo 16. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Stearik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçlar	35
Tablo 17. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Stearik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	36
Tablo 18. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Oleik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçlar	38
Tablo 19 Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Oleik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	39
Tablo 20. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Linoleik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçlar	42
Tablo 21. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Linoleik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma).....	43

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat Derece
ACL	Adenozin trifosfat-sitrat liyaz
ADP	Adenozin difosfat
AMP	Adenozin monofosfat
CoA	Asetil Koenzim A
ATP	Adenozin trifosfat
CO ₂	Karbondioksit
DAG	Diaçilgliserol
DGAT	Diaçilgliserol transferaz
g	Gram
GC/FID	Gaz kromatografisi /alev iyonizasyon dedektörü
IMP	İnosin monofosfat
KO	Kareler ortalaması
L	Litre
M	Molar
mg	Miligram
ml	Mililitre
NADPH	Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat
rpm	Dakida/Devir
SD	Serbestlik derecesi
TAG	Triaçilgliserol
PUFA	Çoklu doymamış yağ asitleri
FA	Yağ asitleri
UYK	Uçucu yağ kaynağı
UYS	Uçucu yağ seviyesi
YAS	Yağ asidi sentetaz

GİRİŞ

Yağ asitleri ve türevleri, gıda endüstrisi de dahil olmak üzere pek çok endüstri için önem arz etmektedir (Donot *et al.* 2014). Önümüzdeki yıllarda gıda kıtlığı ile birlikte gıda ürünlerinin fiyatların artacak olması, başka yağ kaynaklarına ihtiyacın olacağını düşündürmektedir. Ayrıca 2050 yılında dünya nüfusunun 9 milyar kişiye kadar ulaşacağı ve enerji talebinin artacağı da düşünüldüğünde, yağ asitleri ve türevlerinin kullanıldığı önemli bir sektör olan enerji sektörü açısından talebi karşılamanın oldukça zor olacağı tahmin edilmektedir (Christophe *et al.* 2012). Bu açıdan mikrobiyal yağlar, hem gıda endüstrisi hem de biyodizel üretimi için alternatif bir yağ kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Bharathiraja *et al.* 2017).

Mikroorganizmaların gıda endüstrisinde kullanımı her geçen gün önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, lipid biyoteknolojisi kullanılarak mikroorganizmalardan sıvı ve katı yağa alternatif olarak geliştirilen yağlar üretilebilmektedir. “Mikrobiyal yağlar” veya “tek hücre yağları (Single Cell Oil)”, mikrobiyal lipofilik bileşikler veya mikroorganizmalardan elde edilen yağlar olarak tanımlanmaktadır. Bu yağlar, tür ve bileşim olarak bitkisel/hayvansal yağlara benzedikleri için alternatif yemeklik yağ kaynakları olarak kabul edilmektedir (Ratledge, 2004). Bununla birlikte, mikrobiyal yağların geleneksel teknoloji kullanılarak özütlenip saflaştırılabilir olduğu da bildirilmektedir (Chen and Ratledge 2005).

Mikroorganizmaların, bitki ve hayvanlara kıyasla daha yüksek büyüme hızı, daha yüksek lipid içeriği, mevsimsel veya iklimsel değişikliklere daha az duyarlı olması ve küçük alanlarda üretim imkanı gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Kültürel koşullar ayarlanarak yağ verimi ve bileşiminin geliştirilebileceği veya değişiklik gösterebileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca, genetik modifikasyonlarla daha yüksek organizmalardan çok daha kolay üretilebilecekleri de bilinmektedir (Amaretti *et al.* 2010; Bellou *et al.* 2014; Park *et al.* 2015). Bununla birlikte, çevresel koşullardan büyük ölçüde bağımsız olması ve çeşitli kaynakların kullanılabilir olması gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Ledesma-Amato *et al.* 2016; Racicka *et al.* 2015). Bu nedenle, mikrobiyal yağlar diğer mikrobiyal metabolitlerin yanı sıra son on yılda büyük ilgi görmektedir (Amaretti *et al.* 2010).

Tüm mikroorganizmalar lipid üretebilmekte ve bunları enerji depolama molekülleri olarak depolayabilmektedir. Bununla birlikte, biyokütle ağırlıklarının %20'sinden fazla yağ biriktiren mikroorganizmalara “oleaginous mikroorganizmalar” denilmektedir (Carşanba 2018). Biyokütlelerinin %20'sinden fazla yağ biriktirebilen mikroorganizmaların sayısı, toplam

mikroorganizma sayısına göre nispeten düşük sayıdadır. Bununla birlikte, bazı mikroorganizmalarda yağ birikiminin biyokütlenin %70'ini geçebildiği belirtilmektedir (Beopoulos *et al.* 2011). Mikrobiyal yağ, geleneksel sıvı ve katı yağların tamamlayıcı kaynağı olarak yağ üretici mikroorganizmalar tarafından üretilen bir tür lipittir (Enshaeieh *et al.* 2014). Mikrobiyal yağlar, temel olarak triaçilgliseroller (TAG) ve az miktarda steril esterler olarak depolanmaktadır (Bellou *et al.* 2014). TAG'lar bitkisel yağların ana bileşenleri olup üç hidroksil gliserol grubu ile yağ asitlerinden oluşan triesterlerdir (Donot *et al.* 2014)

Hücre içi yağ birikimi esas olarak maya, küf ve mikroalgelere özgüdür. Bazı mikroorganizma türleri ve biriktirebildikleri lipid miktarları Tablo 1.1'de gösterilmiştir (Caporusso *et al.* 2021). pH, inkübasyon sıcaklığı, çözünmüş oksijen, karbon ve azot kaynakları ve karbon/azot (C/N) oranı mikrobiyal yağ üretimini etkileyen ana faktörlerdir (Rodriguez 2016). Bunun yanında, kükürt, çinko ve fosfor gibi mineraller ve tiamin gibi vitaminler mikrobiyal aktivitede hayati bir rol oynamakta (Donot *et al.*, 2014) ve sitrat gibi oluşan ikincil metabolitler de mikrobiyal yağ üretimini etkilemektedir (Beopoulos *et al.*, 2009b).

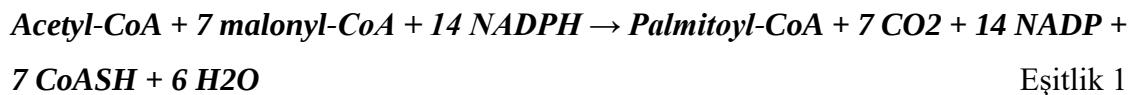
Tablo 1. Mikroorganizma Çeşitleri ve Biriktirebildikleri Lipid Miktarları

<i>Cins</i>	<i>Mikroorganizma</i>	<i>Substrat</i>	<i>Lipid içeriği % (w/w)</i>	<i>Kaynak</i>
Mikroalg	<i>Chlorella sp.</i>	-	53,5	Feng et al. (2020)
	<i>Botryococcus braunii</i>		34,6	Nascimento et al. (2015)
	<i>Monoraphidium sp</i>		49,6	Li et al. (2017)
	<i>Scenedesmus obliquus</i>		18,5	Arbib et al. (2014)
Bakteri	<i>Rhodococcus opacus</i>	şeker kamışı	30,0	Saisriyoot et al. (2019)
	<i>Bacillus subtilis</i>	pamuk atığı	39,8	Zhang et al. (2014)
	<i>Streptomyces</i>	sellebioz	47,0	Röttig et al. (2016)
	<i>Acinetobacter baylyi</i>	glukoz	61,0	Salcedo-Vite et al. (2019)
Küf	<i>Mortariella isabellina</i>	glukoz	61,0	Gardeli et al. (2017)
	<i>Cunninghamella echinulata</i>	glukoz	51,3	Li et al. (2019)
	<i>Mucor moelleri</i>	gliserol	24,0	Carota et al. (2018)
	<i>-Aspergillus tubingensis</i>	portakal kabuğu atığı	16,0	Carota et al. (2018)
Maya	<i>Yarrowia lipolitica</i>	glukoz	45,0	Carsanba et al. (2020)
	<i>Lipomyces tetrasporus</i>	cardoonhydrolysate	47,0	Caporusso et al. (2021)
	<i>Rhodosporidium toruloides</i>	sugarcane molasses	61,0	Boviatsi et al. (2020)
	<i>Lipomyces starkeyi</i>	<i>Arundo donax</i> L	30,0	Di Fidio et al. (2021)
	<i>Trichosporon oleaginosus</i>	glukoz	54,0	Capusoni et al. (2017)

Yağ biriktirebilen mayaların iki farklı lipid birikimi yolu bulunmaktadır. Bu yollar, “De novo” lipid sentezi ve “Ex novo” lipid sentezi olarak ayrılmaktadır. “De novo” lipid biriktirme süreçleri, hidrofilik substratlar üzerinde gerçekleşen, mikroorganizma sınırlı miktarda azot ve yüksek miktarda karbon kaynağı bulunan ortamlarda geliştiğinde meydana gelen bir süreçtir. Bu, lipojenik faz lehine büyümenin durdurulduğu metabolik değişime yol açmaktadır. Buna karşın, “Ex novo” lipid biriktirme süreçlerinin, hidrofobik substratlar (FA'lar, TAG'ler, sterol esterler vb. içeren) hücreye dahil edildiğinde veya enerji amacıyla

kullanıldığında ya da depolama lipidleri olarak biriktiğinde meydana geldiği bilinmektedir (Papanikolaou and Aggelis 2011).

“De novo” lipid biriktirme süreçlerinde, yağ üreten mayalar, kuru hücre ağırlıklarının %20’sinden fazlasına eşdeğer olan yüksek lipid oranlarını biriktirebilse de tüm mikroorganizmalar aynı birikim yolunu kullanarak lipidleri sentezleyebilmektedir. Lipid birikim fazı, yüksek karbon kaynağı ve azot veya fosfor, magnezyum, çinko, demir ve kurşun sınırlı miktarlarda kullanıldığında meydana gelmektedir (Beopoulos *et al.* 2009; Wu *et al.* 2010). Bununla birlikte, nitrojenin sınırlı miktarda kullanılmasının, lipogenezi indüklemenin etkili şekli olduğu bilinmekte, ayrıca yüksek substrat/lipid dönüşüm verimi değerlerine ve biyokütlede yüksek lipid içeriğine yol açtığı vurgulanmaktadır (Wynn *et al.* 2005). Eksojen nitrojen eksikliği, hücre nitrojen temini için endojen bir yolun aktivasyonu ile tamponlandığı Şekil 1’de görülmektedir. Azot sınırlaması ile aktive edilen AMP-deaminaz, IMP ve NH₄⁺ oluşturmak için AMP bölünmesini katalize etmekte ve böylece hücreye bir nitrojen kaynağı sağlamaktadır. AMP konsantrasyonundaki sonraki düşüşün, izositrat seviyesinde duran Krebs döngüsü üzerinde negatif bir geri beslemeye sahip olduğu bilinmektedir. İzositratın α-ketoglutarata dönüştürülmesinden sorumlu enzim olan izositrat dehidrojenaz, hücre içi AMP tarafından allosterik olarak aktive edildiğinden aktivitesini kaybetmektedir (Ratledge *et al.* 2002). Bu, akonitaz enzimi sayesinde sitrat ile kendini dengeleyen ve malat/sitrat antiportu yoluyla mitokondri dışına çıkarılan bir mitokondriyal izositrat birikimine yol açmaktadır. Sitoplazmada sitrat, ATP tüketimi ile ATP-sitrat liyaz (ACL) tarafından oksaloasetat ve asetil-CoA’ya dönüştürülmektedir. Sadece yağlı mayalarda bulunan ACL, lipogenez fazı için anahtar bir enzim olup, yokluğu karbonun FA sentezine akışını sınırlamaktadır (Ratledge *et al.* 2002). Asetil-CoA, asetil-CoA karboksilaz (ACCase) aracılığıyla malonil-CoA oluşturmak üzere bikarbonat ile yoğunlaştırılmakta, bu noktada lipid sentezi, malonil-CoA’nın yağ asidi sentaz (FAS) kompleksinin bir bileşeni olan açıl taşıyıcı protein (ACP) ile bağlanması yoluyla başlamaktadır. FA’lar, kondenzasyon, indirgeme ve dehidrasyonun döngüsel reaksiyonları ile üretilmektedir (Ratledge *et al.* 2002). Bu döngüye ait eşitlik 1’de verilmiştir (Caporusso *et al.* 2021).



Eşitlik 1’de de gösterildiği gibi palmitoil-CoA’nın sentezi için 14 NADPH molekülü ve her uzama adımı için iki molekül NADPH gerekmektedir. Sitosolik NADPH’nin başlıca kaynakları pentoz fosfat yolu (PP) ve malik enzimidir (ME). Malik enzim her zaman FA’ların sentezi için faydalı indirgeyici eşdeğerlerin sağlanmasında anahtar enzim olarak düşünülse de

(Ratledge *et al.* 2002), son alışmalar *Yarrowia lipolytica* (Wasylenko *et al.* 2015) ve *Rhodospiridium toruloides*'te (Zhang *et al.* 2016), mikrobiyal hücrenin PP yolu ile NADPH 'yi sağlandığını göstermektedir. Yağ asitlerinin ACP'den salınması, bir tiyoesteraz enzimi tarafından katalize edilmektedir. Üretilen FA'ler serbest FA'ler olarak salınabilmekte veya CoA tarafından palmitoil-CoA ve stearoil-CoA olarak aktive olabilmekte ve TAG'lerin sentezi için endoplazmik retikuluma aktarılabilmektedir. Bu süreç reaksiyonun daha fazla uzaması veya desatürasyon ile sonuçlanmaktadır. TAG sentezi Kennedy yolunu izlemekte ve glikoliz tarafından sağlanan ve ayrıca gliserol omurgası olarak kullanılan gliserol-3-fosfat (G3P) ile başlamaktadır. Seri halinde, iki asetiltransferaz, G3P asiltransferaz (GPAT) ve lizofosfatidik asit asiltransferaz (LPAAT), fosfatidik asit (PA) oluşturmak için iki FA eklemekte, daha sonra PA, diaçilgliserol (DAG) retmek için fosfatidat fosfataz (PAP) tarafından defosforile edilmektedir. Son olarak, DAG, lipid damlacıkları şeklinde depolanan TAG'leri üretmek için ya diaçilgliserol ailtransferaz (DGAT) ya da fosfolipid diaçilgliserol ailtransferaz tarafından aillenmektedir. Bu lipid damlacıklarının boyutu, morfolojisi ve sayısı, cinsler arasında ve hatta yakından ilişkili türler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Arous *et al.* 2017).

“Ex novo” lipid biriktirme süreçlerinde, “Ex novo” lipid biyosentezi, esterler, TAG'ler, FA'ler ve steroller gibi hidrofobik substratların alımını içermektedir. Hidrofobik substratların hücreye aktif taşınması, salgılanan lipazlar tarafından kolaylaştırılmakta, bu nedenle sadece lipaz üretebilen mikroorganizmalar serbest FA'leri içerebilmektedir. Hücreye girdikten sonra, serbest FA'ler enerji amacıyla kullanılabilmekte ve daha sonra ̢-oksidasyon işlemi ile peroksizomlarda metabolize edilebilmekte veya depolama için lipidik yapılara dahil edilebilmektedirler. Serbest FA'lerin alımının seçiciliği ve oranı, fermentasyon süresi boyunca FA profillerinin değiştirilmesine izin veren bazı FA'lar için genellikle spesifiktir. Yağ biyomodifikasyonu olarak da bilinen seçici FA kullanımı, hidrofobik substratların FA profillerini katma değerli yağlara uyarlamak için kullanılabilirliğinin mümkün olduğunu göstermektedir (Papanikolaou *et al.* 2011).

Mayaların hızlı lipid biriktirme yetenekleri ve TAG bileşimlerinin bitkisel yağlara benzerliği lipid biyosentezi için bakteri, alg ve kflere göre birçok avantajı vardır (Zhao *et al.* 2010; Saenge *et al.* 2011). Mayalar, tek hücreli mikroorganizmalardır ve genellikle güvenli olarak kabul edildikleri için birçok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir (Beopoulos *et al.* 2009; Darvishi *et al.* 2009). Mayalar iklim koşullarından etkilenmezken, fototrofik alger etkilenmektedir. Mayalar ayrıca ksiloz gibi çeşitli şeker kaynaklarını, heterotrofik mikroalglerden daha yüksek büyüme hızlarında kullanmaktadır. Bununla beraber mayalar, düşük oksijen seviyelerine ve metal iyonlarına karşı kflere göre daha fazla tolerans

gösterebilmektedir (Abghari and Chen 2014). *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Trichosporon* ve *Yarrowia* cinsi mayalar yağ üretiminde en fazla kullanılan mikroorganizmalardır (Thevenieau and Nicaud 2013). Yağ üretebilen mayaların ürettikleri lipidlerin %90'ı TAG'lardan ve bunların %44'ü ise doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Yağ üreten mayalar esas olarak miristik (C14:0), palmitik (C16:0), palmitoleik (C16:1), stearik (C18:0), linoleik (C18:2) ve linolenik (C18:3) asitler üretmektedir (Beopoulos *et al.* 2011).

Yarrowia lipolytica (*Candida*, *Endomycopsis* veya *Saccharomycopsis lipolytica*), *Dipodascaceae* familyasına ait aerobik ve dimorfik bir mayadır. Bu mikroorganizma, moleküler biyoloji, sanayi ve genetik araştırmalar için oldukça önemlidir (Barth and Gaillardin 1997). Patojen olmayan bu mikroorganizma, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından genel olarak güvenilir (GRAS) olarak kabul edilmektedir (Coelho *et al.* 2010). *Y. lipolytica*'nın fizyolojik özellikleri, n-alkan, 1-alken, yağ asitleri, parafin, hayvansal ve bitkisel yağlar gibi hidrofobik karbon kaynaklar üzerinde gelişebilmesi bu mikroorganizmayı önemli bir biyoteknolojik maya haline getirmektedir (Yılmaz 2019).

Y. lipolytica, topraktan, tarımsal veya endüstriyel atıklardan, yağ ve protein içeren materyallerden izole edilebilmektedir (Çarşamba *et al.* 2018). *Y. lipolytica*, mutlak aerob bir maya türü olup tuz, düşük sıcaklık ve pH'ya toleranslıdır. Organik asitler, enzimler, emülgatörler ve sürfaktanlar, tek hücre proteini ve yağı, polialkol, γ -dekalakton, *Y. lipolytica*'dan elde edilen başlıca ürünlerdir (Bankar *et al.* 2009; Ledesma-Amaro and Nicaud 2016). Ayrıca *Y. lipolytica* kuru hücre ağırlığının %40'ına kadar lipid biriktirebilmektedir. Bu maya tarafından üretilen lipidin yağ asidi kompozisyonu palmitik asit (C16:0), palmitoleik asit (C16:1), stearik asit (C18:0), oleik asit (C18:1), linoleik asit (C18:2) ve linolenik asitten (C18:3) oluşmaktadır (Beopoulos *et al.* 2011).

Argan yağı (*Argania Spinosa* Kernel Oil), argan ağacının meyvelerinin çekirdeği içerisindeki tanelerden elde edilen, kırmızımsı-turuncu renge sahip olan bir bitkisel yağdır. Doymuş ve doymamış yağ asitleri bakımından zengin olan argan yağının en önemli özelliklerinden biri linoleik asit içeriğidir (Hilali *et al.* 2005; Drissi *et al.* 2006, El Abbassi *et al.* 2014). Argan yağı %43-49 oleik asit, %29-36 linoleik asit ve 600-900 mg/kg tokoferol içermekte ve sabunlaşmaması diğer bitkisel yağlara göre en önemli ayırt edici özellikleridir (Charrouf and Guillaume 2008; Charrouf and Guillaume 2014). Argan yağının kardiyovasküler koruyucu özelliği bulunduğu, kolesterol seviyesini düşürdüğü ve bazı kanser türlerinin gelişimini veya ilerlemesini durdurduğu da bildirilmiştir (Berrougui *et al.* 2005; Adlouni 2010).

Yemeklik argan yağı kavrulmuş çekirdeklerden soğuk presleme yöntemi ile hazırlanırken, kozmetik argan yağı üretiminde kavrulmamış çekirdekler ve solvent ekstraksiyonu kullanılmaktadır (Charrouf *et al.* 2002a,b; El Monfalouti *et al.* 2010). Yemeklik argan yağı düşük nem ve yüksek antioksidan içerdiğinden dolayı çok kalitelidir. Kozmetik argan yağı doğrudan cilde uygulama veya saç losyonu olarak kullanılabilir. Kozmetik argan yağının uçucu bileşenlerin içeriği, yemeklik argan yağından daha düşüktür (Pauly *et al.* 2001) ve muhtemelen kavurma adımı sırasında Millard bileşiklerinin oluşumu nedeniyle raf ömrünün daha kısa olduğu belirtilmektedir (El Monfalouti *et al.* 2010; Harhar *et al.* 2010). Kozmetik argan yağı, aynı zamanda antioksidan özelliklere sahip olan ve yağın muhafazasında katılan sabunlaşmayan maddelerin yaklaşık %1'ini içermektedir (Guillaume ve Charrouf, 2011a,b).

Sağlık açısından birçok faydalı etkisi olan argan yağı ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle argan yağının bileşimi, kimyasal kompozisyonu ve sağlık sektöründeki kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır (Derouiche *et al.* 2005; Berrougui *et al.* 2005; Cebrera-Vique *et al.* 2012; Kouidri *et al.* 2015; Dhifi and Mnif 2018; El Orche *et al.* 2021; Kharbach *et al.* 2021). Bununla birlikte, argan yağının *Y. lipolytica*'nın yağ üretim kapasitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Mevcut bu çalışmada, *Yarrowia lipolytica* YB 423 suşunun lipid üretim kapasitesi, biyokütle ve yağ asidi profili üzerine farklı azot (0,5 ve 1 g/L), oranlarında (0,5, 1 ve 2 mL/L) geleneksel, endüstriyel ve kozmetik argan yağı ilavesinin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde, argan yağı kullanımının *Y. lipolytica*'nın gelişimi, lipid üretimi ve yağ asidi kompozisyonuna etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, *Y. lipolytica*'nın gelişimi, lipid miktarı ve yağ asidi kompozisyonu üzerine yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Aggelis *et al.* (1998) yaptıkları araştırmada farklı uçucu yağ kaynakları kullanarak *Y. lipolytica* ve *Saccharomyces cerevisiae*'nin gelişimi ve bu mayaların ürettikleri yağ asitleri üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Sonuçta, uçucu yağın mayaların gelişmesini kısmen inhibe ettiğini, yağ asidi profillerinde doymamış yağ asitlerinin miktarlarında önemli değişikliklere neden olduğunu, linolenik asitin yükseldiğini, oleik asit miktarının ise düştüğünü rapor etmişlerdir.

Gelişme ortamına zeytinyağı ilavesinin *Y. lipolytica* CBS 7504'nin yağ üretimi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kuru hücre ağırlığının %37,8'i kadar lipid biriktirdiği, yağ asidi profilinde oleik asidin yükseldiği tespit edilmiştir (Najjar *et al.* 2011).

Papanikolaou *et al.* (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı endüstriyel yağların (stearin, kimyasal olarak hidrolize edilen oleik kolza yağı ve bu iki substratın karışımları) kullanımının *Y. lipolytica* LGAM S(7)1'in hücre büyümesi, lipid birikimi ve hücresel lipid bileşimine etkisi incelenmiştir. Araştırmada gelişme ortamına stearik asit dahil edildiğinde nispeten yüksek lipid birikimi gözlenmiş, ağırlıklı olarak triaçilgliserollerden (%45-55 w/w) oluşan biriken lipidlerin, substratıkiyle karşılaştırıldığında farklı bir yağ asidi bileşimi elde edildiği rapor edilmiştir.

Papanikolaou ve Aggelis (2002a) tarafından yürütülen bir araştırmada, sınırlı azot koşullarında karbon kaynağı olarak endüstriyel gliserolbulunan ortamda geliştirilen *Y. lipolytica* LGAM S (7)1'in biyokütlesi 6,0-7,5 g/L ve rezerv lipid miktarı 0,05-0,10 g/g şeklinde rapor edilmiştir. Çalışmada, hücre dışında sitrik asit üretildiği de rapor edilmiştir. Bununla birlikte, 3,5 g/L kuru hücre ağırlığının %43'ünden lipid üretildiği ve bunların yağ asidi kompozisyonunda yüksek oranlarda oleik ve linoleik asitlerin tespit edildiği bildirilmiştir.

Papanikolaou *et al.* (2002b) *Y. lipolytica* ACA-DC 50109 suşunun gelişimi üzerine hayvansal kökenli %100 serbest yağ asitlerinden oluşan endüstriyel bir yağ olan stearinin etkisini incelemişlerdir. Denemelerin sonucunda, üzerinde inkübasyon sıcaklığı ve ortamın pH değerinin suşun lipid üretiminin yüksek oranda etkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, inkübasyon

sıcaklığı 28-33°C ve pH değeri 6'ya ayarlandığında kuru biyokütlenin 9-12 g/L olarak üretildiği ve maya hücrelerinde lipid birikiminin 0,44-0,54 g/g olduğu, stearik asit içeriğinin yüksek oranda (%80) olduğu, doymamış yağ asitlerinin içeriğinin ise çok düşük oranlarda bulunduğu rapor edilmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada, *Y. lipolytica* ACA-DC 50109 suşunun yardımcı substratlar olarak stearin (doymuş serbest yağ asitlerinden oluşan substrat), glikoz karışımları ve teknik gliserol kullanımı durumunda lipid üretim kapasitesine etkileri incelenmiştir. Stearin ve gliserol karışımı ile stearin ve glikoz karışımından daha yüksek lipid ve sitrik asit elde edildiği bildirilmiştir. Besiyeri ortamında 10 (g) stearin ve 34 (g) gliserol kullanıldığında 11,40 g/L biyokütle ve %30 verimle 3,4 g/L mikrobiyal yağ üretildiği ve bu üretilen yağın kakao yağına benzer bir içeriğe sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, üretilen yağların düşük oranda oleik (%7-20), linoleik asit (%2-7) ve palmitik asit (%15-20) içerirken, yüksek oranda stearik asit (%50-70) içerdiği tespit edilmiştir (Papanikolaou *et al.* 2003).

Papanikolaou *et al.* (2006) yaptıkları çalışmada *Yarrowia lipolytica* ACA-DC 50109 suşunun glikoz ve stearinin nitrojenle sınırlı besi ortamında biyokütle, rezerv lipid ve sitrik asit üretimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Maya hücrelerinin içindeki hücresel lipid miktarının 0,3-2,0 g/L ve lipid veriminin %4-20 arasında farklılık gösterdiği bulunmuştur.

Papanikolaou *et al.* (2007) yaptıkları çalışmada, *Y. lipolytica* ACA-DC 50109 suşu ile karbon kaynağı olarak kullanılan doymuş serbest yağ asitlerinden (stearin) oluşan katı bir ortam üzerinde mikrobiyal lipid, biyokütle ve lipaz üretimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bununla birlikte, 7,9 mg/mL maksimum kuru hücre ağırlığının %52'sinin lipid içerdiği ve üretilen lipid içeriğinin yüksek oranda stearik asit içerdiğini bildirilmiştir.

Papanikolaou *et al.* (2008a) tarafından yapılan araştırmada, uçucu yağı kullanımı ile *Y. lipolytica* suşunun gelişimi ve hücresel lipid üretimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aerobik şartlarda glikoz içeren besiyeri ortamına portakal kabuğundan elde edilen uçucu yağ 0,0 ve 1,5 mL/L olacak şekilde eklenmiştir. Uçucu yağ kullanımının *Y. lipolytica* suşunun gelişimini inhibe ettiği, uçucu yağın eklenmesiyle biyokütle veriminin azaldığı ve laurik ve miristik asitlerin yükseldiği rapor edilmiştir.

Papanikolaou *et al.* (2008b), azot sınırlı aerobik bir ortam üzerinde karbon kaynağı olarak ham gliserolü kullanarak geliştirilen *Y. lipolytica* ACA-DC 50109 suşunun lipid miktarı ve gliserolün başlangıç oranının hücresel lipidin yağ asidi profili üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, lipid miktarının gelişme aşamalarının tümünde kuru hücre ağırlığının %6-14 arasında değiştiğini, zamanla ya da gliserol oranının artışıyla hücresel

lipid yağ asidi profilinin sınırlı seviyede değiştiğini ve başlangıç gliserol miktarının artması ile doymamış yağ asiterinde az bir artış tespit edildiği bildirilmiştir.

Papanikolaou *et al.* (2009) genetiği değiştirilmiş ve yabancı tip *Y. lipolytica* suşlarını glikoz bulunan azot sınırlı ortamda ve erlenlerde geliştirdiği bir çalışmada, azotun tükenmesinin sitrik asit üretimine sebep olduğu, hücre içi lipid içeriğinin ise oldukça düşük oranlarda kaldığını bildirilmiştir. Diğer yandan, ilave edilen glikoz oranını yükseltmenin toplam lipid oranlarında yükselmeye sebep olsa da %14'ün üstüne geçmediği ve üretilen yağların yağ asidi içeriğinin palmitik asit ve stearik asitlerden oluştuğu rapor edilmiştir.

Darvishi *et al.* (2009) tarafından yapılan bir çalışmada zeytinyağı, soya fasulyesi, kanola, hint, susam, buğday tomurcuğu, tatlı badem, acı badem, ceviz ve hindistancevizi yağlarının *Y. lipolytica* DSM 3286 suşunun lipaz, sitrik asit ve tek hücre proteini verimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Test edilen bitkisel yağlar arasında zeytinyağının yüksek biyokütle verimlerine (9.73 ve 8.30 g/L) yol açtığı ve lipaz/sitrik asit üretimi için en iyi ortam olduğu gösterilmiştir. Maya ekstraktı ile takviye edilmiş zeytinyağı ortamında yan ürün olarak 34.6 ± 0.1 U/mL lipaz ve ayrıca sitrik asit ve tek hücre proteini üretilmiştir. Araştırmacılar, lipaz ve sitrik asitin, tek bir prosedürde bitkisel yağlar gibi yenilenebilir düşük maliyetli substratlar kullanarak bu suş tarafından aynı anda üretilebileceğini de vurgulamışlardır.

Y. lipolytica'nın gliserol ile hazırlanan besiyeri ortamındaki gelişiminin incelendiği bir çalışmada, gelişme döngüsü esnasında sitrik asit ve biyokütle üretim fazları ile lipojenik fazı rapor edilmiştir. Lipojenik fazın 50 saat olarak belirlendiği çalışmada, başlangıç gliserol oranı, kuru hücre ağırlığı ve lipid verimi sırasıyla 27,8 g/L, 4,64 g/L ve %22,3 şeklinde bildirilmiştir. Başlangıç gliserol oranı 104,9 g/L olduğu durumda kuru hücre ağırlığı 6,72 g/L'ye yükselirken, lipid veriminin %20,61 olduğu tespit edilmiştir. Üretilen yağların bileşiminde oleik asidin yüksek oranlarda üretildiği ve bunu palmitik, palmitoleik, stearik ve linoleik asitin takip ettiği tespit edilmiştir (Makri *et al.* 2010).

Chatzifragkou *et al.* (2011), kekik otundan elde edilen uçucu yağın kimyasal bileşimini ve *Yarrowia lipolytica* LFMB 20 suşunun biyokimyasal davranışı üzerindeki etkisini araştırmışlar ve araştırma sonucunda düşük oranlarda uçucu yağ kullanıldığında (0,05 mL/L) suş gelişiminin etkilendiği, daha yüksek uçucu yağ oranlarında ise güçlü bir inhibisyon etki gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, gliserol bazlı ortama çeşitli uçucu yağ ilaveleri (0,05-2 mL/L) ile *Y. lipolytica* LFMB 20'nin intraselüler yağ profilinin değişiklik gösterdiği ve doymuş yağ asitleri olarak palmitik asit ve stearik asit gibi asitlerin artış gösterdiği bildirilmiştir.

Sarris *et al.* (2011), *Y. lipolytica* suşlarının nitrojenin sınırlı olduğu ve karbon kaynağı olarak glukoz ve zeytin karasuyu karışımının kullanıldığı çalkalamalı erlen kültüründe, zeytin

karasuyunun hücrel lipidlerin birikmesi ve üretilen yağda oleik asit miktarının artışına neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Fontanille *et al.* (2012) tarafından yapılan çalışmada, uçucu yağ asitlerinin, *Y. lipolytica* MUCL 28849 suşunun ürettiği mikrobiyal lipidlerine etkisi incelenmiştir. Bununla birlikte, *Y. lipolytica* başlangıçta glukoz veya gliserol ortamında, daha sonra azotun sınırlı olduğu ortamda ve asetik asidin artırılarak ilave edildiği ortamlarda geliştirilmiştir. 40 g/L glikoz miktarı kullanımı ile biyokütle miktarının 31 g/L olduğu ve bu biyokütleden %40 verim ile lipid içeriğinin 12,4 g/L yağ ürettiği tespit edilmiştir. Üretilen yağların yağ asidi kompozisyonuna bakıldığında bitkisel yağlara oldukça benzer olduğunu rapor edilmiştir.

Endüstriyel atıklar üzerinde yapılan bir çalışmada, 4 farklı *Yarrowia lipolytica* suşunun gelişimleri ve mikrobiyal yağ üretimleri incelenmiştir. Araştırmacılar, mayaların palm yağı üretiminin atık sularda iyi bir gelişme gösterdiğini, üretilen lipid oranının kuru hücre ağırlığının %48-61'i ve toplam yağ miktarının ise 1,6-1,7 g/L seviyesinde olduğunu rapor etmişler ve bu suşun gliserolde iyi bir gelişme gösterdiğini ve yüksek oranda lipid biriktirebildiğini (%64) bildirmişlerdir (Cheirsilp and Louhasakul 2013).

Enshaeieh *et al.* (2014) gerçekleştirdikleri çalışmada, *Cryptococcus albidus* ve *Y. lipolytica* DSM 8218 suşlarının yağ üretimini Taguchi metodu ile optimize etmişlerdir. Azot limitli erlen kültür ortamında *C. albidus* suşu ile 19.65 g/L biyokütle, 11.81 g/L lipid ve %60,1 lipid verimi elde edilmişken, *Y. lipolytica* DSM 8218 suşunun biyokütlesi 15,97 g/L-olarak, hücrel yağ üretimini ise 6,71 g/L olarak rapor edilmiştir.

Poli *et al.* (2014) besiyeri bileşimi ile inkübasyon şartlarının *Y. lipolytica* QU21'nin biyokütle üretimi, lipid içeriği ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Gliserol/(NH₄)₂SO₄ (%10/%0,1) besiyerinde geliştirilen suşun lipid üretiminin 1,48 g/L'ye (%30,1 kuru hücre ağırlığı) ulaştığını ve gliserol yerine endüstriyel atık (ham gliserol) kullandığında lipid veriminin 1,27 g/L olduğunu tespit etmişlerdir. Ham gliserol, bira atığı (maya ekstraktı) ile birleştirildiğinde, eikosadienoik asit, linolenik asit, eikosapentaenoik ve eikosatrienoik asit gibi yağ asitlerinin üretildiği de rapor edilmiştir. Ayrıca, araştırmada ham gliserol/(NH₄)₂SO₄ içeren besiyerinde geliştirilen *Y. lipolytica* QU21 tarafından üretilen yağın yağ asidi bileşiminin düşük PUFA içeriği ve biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilirliği gösterilmiştir.

Saygün *et al.* (2014) tarafından yapılan çalışmada, farklı yağ kaynakları (hoda, kanola, susam, Echium ve alabalık yağı) ve atıkları (prina yağı, fındık yağı pres küspesi ve ayçiçek yağı küspesi) ile geliştirilen *Y. lipolytica* YB 423-12 suşunun kuru biyokütle, lipid verimi, yağ asidi profili, lipaz aktivitesi ve sitrik asit miktarı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırmada

ortama yağ ilave edilmesinin, *Y. lipolytica*'nın oranında önemli bir artışa sebep olduğu, kontrol şartlarında gelişme ortamına yağ eklemeksizin sadece glukozun kullanılması durumunda 4,61 g/L biyokütle ve 14,40 g/L yağ içeriğinin, keten tohumu ve Echium yağları ilave edildiğinde ise 26,14 g/L biyokütle oranının ve 26,67 g/L yağ içeriğinin elde edildiği bildirilmiştir. Maksimum lipid birikimi 16,45 g/L olarak keten tohumu yağında 14,86 g/L olarak Echium yağında görüldüğü rapor edilmiştir. Elde edilen lipidlerin yağ asidi kompozisyonlarının substrattaki yağların yağ asidi kompozisyonundan etkilendiği de rapor edilmiştir.

Melas ve ham gliserolün kullanıldığı bir araştırmada, *Y. lipolytica* JMY4086 suşunun kesikli beslemeli kültürde farklı inokülasyonlarda ve farklı oksijenasyon koşullarında geliştirilerek üretilen lipid üretim miktarı belirlenmiştir. En yüksek lipid üretim miktarı 15,5 g/L olarak belirlenmiştir. *Y. lipolytica*'nın sınırlı azot içeren kemostat kültür koşullarında 450 saat inkübasyona bırakılması durumunda ise lipid üretim miktarının 24,2 g/L ve biyokütle miktarının 59,8 g/L olarak belirlendiği, lipid üretimini etkileyen en önemli faktörün çözünmüş oksijen oranının olduğu, oksijen sınırlamasının karbon metabolizmasında kısıtlayıcı bir faktör olabileceği ve bunun sitrik asit sekresyonu ile sonuçlanabileceği belirtilmiştir (Rakicka *et al.* 2015).

Canonico *et al.* (2016)'nın taeafından gerçekleşen çalışmada, *Metschnikowia spp.* 271 ve *Y. lipolytica* 347 suşlarının ham gliserol üzerinde geliştirildiğinde biyokütle ve lipid üretimi araştırılmıştır. Deneylerin sonucunda 90 g/L oranında gliserol, 118 oranında C/N ve 144 saat h fermentasyon sonunda 2,60 g/L maksimum lipid üretimi gerçekleşirken *Metschnikowia sp.* 271'nin maksimum lipid üretimi 0.49 g/L olmuştur. *Y. lipolytica* 'nın ürettiği yağlarda önemli miktarda vaksenik asit (%36), oleik asit (%16) ve palmitik asit (%16) bulunurken, *Metschnikowia spp.*'nin esas olarak oleik asit (%33), palmitik asit (%21) ve palmitoleik asit (%21) ürettiği, her iki mayanın da benzer oranlarda doymamış yağ asitleri (%70) ürettiği sadece *Metschnikowia spp.* varlığında önemli miktarlarda çoklu doymamış yağ asidinin (%12) belirlendiği rapor edilmiştir.

Dourou *et al.* (2016) tarafından substrat olarak glukoz veya gliserol ile zenginleştirilmiş zeytin karasuyu kullanarak erlen ve biyoreaktör koşullarında *L. starkeyi*, *Y. lipolytica*, *C. tropicalis* ve *S. cerevisiae* suşlarının geliştirildiği bir çalışmada, zeytin karasuyu üzerinde *Y. lipolytica* geliştirildiğinde, biyokütle miktarının 2,2 g/L'yi geçmediği, yağ veriminin ise %19,1 olduğu tespit edilmiştir. Aynı besiyeri içeriğinde, gliserol ile 50 g/L zenginleştirme yapıldığında ise 5,6 g/L biyokütle üretiminin olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca zeytin karasuyunun, *L. starkesi*, *Y. lipolytica*, *C. tropicalis* ve *S. cerevisiae* tarafından tek hücre yağı, mannitol, sitrik asit ve etanol üretimi için substrat olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceği, zeytin

karasuyunun seyreltilmesinin ve ortamın glikoz, gliserol gibi karbon kaynaklarıyla zenginleştirilmesinin fenolik maddelerin mikrobiyal gelişme üzerindeki önleyici etkisinden dolayı gerekli olduğu ve ayrıca oleik asitin ana bileşen olduğu belirtilmiştir.

Dobrowolski *et al.* (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, ham gliserol (%42-87) içeren beş farklı atık ürünün (herhangi bir ön saflaştırma yapılmadan) üzerinde *Y. lipolytica* A101 suşunun lipid üretimi araştırılmıştır. En iyi sonuçlar yağ sabunlaştırması atığından elde edilen besiyeri ortamında belirlenmiştir. Erlen kültüründe belirlenen lipid miktarı 1,69 g/L, biyokütle verimi ise 0,17 g/L iken biyoreaktörde kesikli beslemeli kültür koşullarında lipid üretimi 4,72 g/L ve biyokütle verimi 0,21 g/L olarak tespit edilmiştir.

Gao *et al.* (2017) tarafından yapılan araştırmada, kesikli besleme koşullarında sentetik ve gıda atıklarından elde edilen uçucu yağ asitlerinin *Y. lipolytica* (CICC 31596)'nın lipid birikimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, lipid içeriği asetik asit (%31,62) , bütirik asit (%28,36) ve propiyonik asit (%28, 91) olarak bildirilmiş, ancak yüksek uçucu yağ asidi oranlarının (butirik asit> propiyonik asit> asetik asit) hücre gelişimini olumsuz yönde etkilediği rapor edilmiştir. Bununla birlikte, kesikli kültürlerde fermente edilen gıda üzerinde geliştirilen *Y. lipolytica* 'nın daha düşük lipid içeriği ($18,23 \pm 1,12$) ve lipid verimi ($0,12 \pm 0,02$ g/L/gün) gösterdiği de belirlenmiştir. Sentetik ve gıda atıklarından elde edilen uçucu yağ asitleri ile elde edilen lipid bileşiminin, ticari biyodizel hammaddesine oldukça benzer olduğu da vurgulanmıştır.

Daskalaki *et al.* (2018) gerçekleştirdikleri araştırmada; zeytinyağı, keten tohumu yağı, hurma yağı, ayçiçeği yağı, morina karaciğeri yağı ve sığır yağı içeren ortamlarda geliştirilen *Y. lipolytica*'nın lipid fraksiyonlarının yağ asidi bileşimini incelemişler ve zeytinyağı ortamında geliştirilen *Y. lipolytica* 'nın 335 saat inkübasyonundan sonra en yüksek %96.0 yağ asidi ürettiğini tespit etmişlerdir.

Sarris *et al.* (2019) yaptıkları bir başka araştırmada, *Y. lipolytica* suşunun ham gliserol ilaveli azotun sınırlı olduğu bir ortamda zeytin karasuyu karışımı kullanılarak çalkalamalı erlen kültüründe üretilen tek hücreli yağları incelemişlerdir. Zeytin karasuyu oranı arttıkça üretilen yağ oranının da arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, %20 verim ile 2,0 g/L yağ üretiminin gerçekleştiği, besiyerine zeytin karasuyunun ilave edilmesinin, üretilen yağda oleik asit oranının artışına sebep olduğu bildirilmiştir.

Yılmaz (2019) tarafından yapılan çalışmada üç farklı kaynaktan elde edilen uçucu yağların *Y. lipolytica* suşlarının lipid üretimi, lipid verimi ve biyokütle üzerine olan etkileri incelenmiş ve bu suşların ürettikleri yağların yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Besiyeri ortamında portakal kabuğu uçucu yağı kullanıldığında *Y. lipolytica* suşlarının en yüksek

biyokütle, lipid üretim ve lipid verimini verdiği, tarhun uçucu yağının varlığında ise en düşük biyokütle, lipid üretim ve lipid veriminin sağlandığı saptanmıştır. Tarhundan elde edilen uçucu yağın miristik, palmitik ve stearik asit miktarında artışa, palmitoleik asit ve oleik asit miktarında ise azalmaya neden olduğu belirtilmiştir.

Ng *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada substrat olarak bitkisel yemeklik yağlar (%1 (h/h)) kanola yağı/harmanlanmış palm ve soya fasulyesi yağı) kullanarak çalkalamalı erlen kültürü koşullarında *Y. lipolytica*'nın yağ asidi etil esterleri üretimini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda bitkisel yemeklik yağ ilavesi ile 82 mg/L'ye kadar yağ asidi etil esterleri üretildiği rapor edilmiştir.

Carşanba *et al.* (2020) tarafından yapılan araştırmada, *Y. lipolytica* K57 kesikli biyoreaktörde ve çalkalamalı erlen kültürlerinde nitrojenle sınırlı ve glukoz bazlı bir ortamda sitrik asit ve mikrobiyal yağ üretimi açısından incelenmiştir. Sonuç olarak, 0.77 (g sitrik asit/g glukoz) yüksek sitrik asit verimi, ancak 0.14 (g yağ/g kuru hücre ağırlığı) düşük yağ verimi sentetik ortam içeren kesikli biyoreaktörde belirlenmiş, atık ekmek hidrolizatı içeren kesikli biyoreaktörde ise düşük sitrik asit verimi (0.13 g /g), yüksek yağ verimi 0.32 g/g ve 60 g/L'den fazla biyokütlenin *Y. lipolytica* K57 suşu kullanılarak elde edildiği rapor edilmiştir. Lipitlerin esas olarak C16 ve C18 yağ asitlerinden oluştuğu da belirlenmiştir. Genel olarak, başlangıç glukoz oranı 150 g/L ve çözünmüş oksijen seviyesi düşük tutulduğunda daha yüksek yağ birikimi elde edildiği tespit edilmiştir. Ortamda bulunan yüksek azot içeriği, sitrik asit sentezini engellerken, biyokütle üretimini arttırmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmada *Y. lipolytica* YB 423 (ATCC 18942) suşu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan geleneksel ve endüstriyel olarak üretilen yemeklik argan yağları ve kozmetik argan yağı Fas'ın Agadir şehrinde bulunan Jibal Azyar işletmesinden temin edilmiştir.

Yöntem

Mikroorganizma ve kültür ortamı

Y. lipolytica YB 423 (ATCC 18942) suşunun yağ üretim kapasitesini belirlemek için 30g glukoz; 7g KH_2PO_4 ; 0,02g $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$; 0,15g $\text{FeCl}_3 \times \text{H}_2\text{O}$; 2,5g Na_2HPO_4 ; 1,5g $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$; 0,06g $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$; 0,15g $\text{CaCl}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ ve 0,5g maya ekstraktı içeren sıvı besiyeri (g/L) kullanılmıştır (Yılmaz 2019). Besiyerinde azot kaynağı olarak $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kullanılmış ve besiyerine 0,5 veya 1 g/L olarak ilave edilmiştir. Analizler, 250 ml'lik erlenlerde bulunan 50 ml besiyerinde gerçekleştirilmiştir. Bütün analizlerde, besiyeri pH'sı HCl kullanılarak 6'ya ayarlanmıştır. 121°C'de 15 dakika süreyle steril edilen besiyerlerine 0,5 ml/L, 1 ml/L ve 2 ml/L olmak üzere üç farklı konsantrasyonda kozmetik argan yağı, geleneksel ve endüstriyel argan yağlarından katılmıştır. Ardından besiyerine 24 saatlik kültürden 1 ml inoküle edilmiş ve 180 rpm'de 28 °C'de 5 gün süre ile inkübe edilmiştir (Chatzifragkou *et al.* 2011). Yukarıda belirlenen üretim ortamı, mikroorganizmaları aktive edilmesi için de kullanılmıştır.

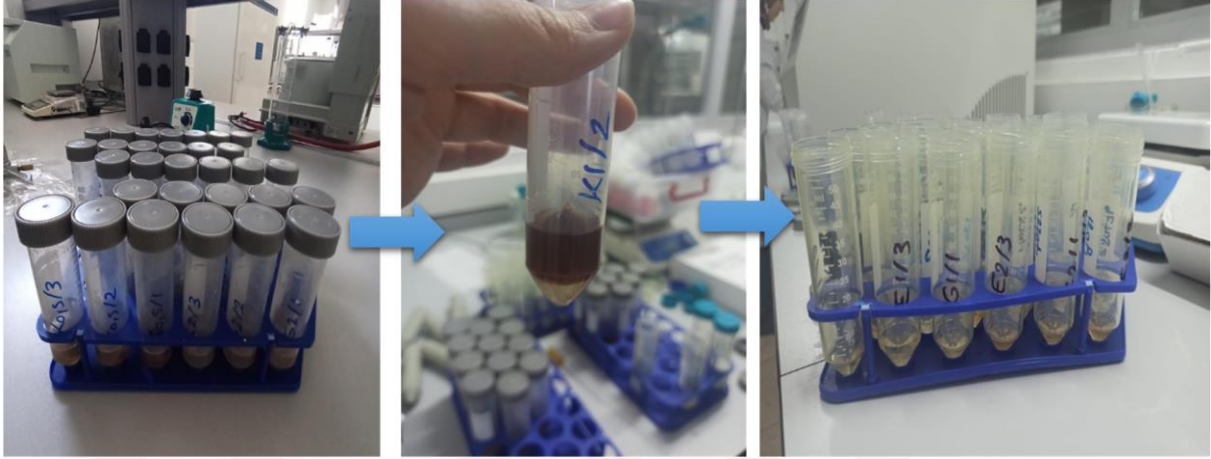
Biyokütle tayini

İnkübasyonu müteakiben hücreler 16,000xg'de 10°C'de 15 dk. santrifüjleme (Thermo Fisher MR23İ, Almanya) işlemine tabi tutulmuş ve hücreler uzaklaştırılmıştır. Daha sonra hücreler distile suyla yıkanmış ve 95°C'de sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur. Sonuçlar, besiyerinin litresinde bulunan kuru hücre ağırlığı (g/L) şeklinde değerlendirilmiştir (Chatzifragkou *et al.* 2011).

Toplam lipid üretim düzeyinin tayini

Toplam lipid içeriğinin belirlenmesi için kuru biyokütle üzerine 4 M HCl (8 mL) eklendikten sonra iki saat 60°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Bu işlemi takiben oda sıcaklığında 2-3 saat 16 mL kloroform/metanol karışımıyla (1:1) çalkalanmıştır. Sonrasında, organik alt fazları ve sulu üst fazı ayırmak için oda sıcaklığında santrifüj (5 dk-5000 rpm)

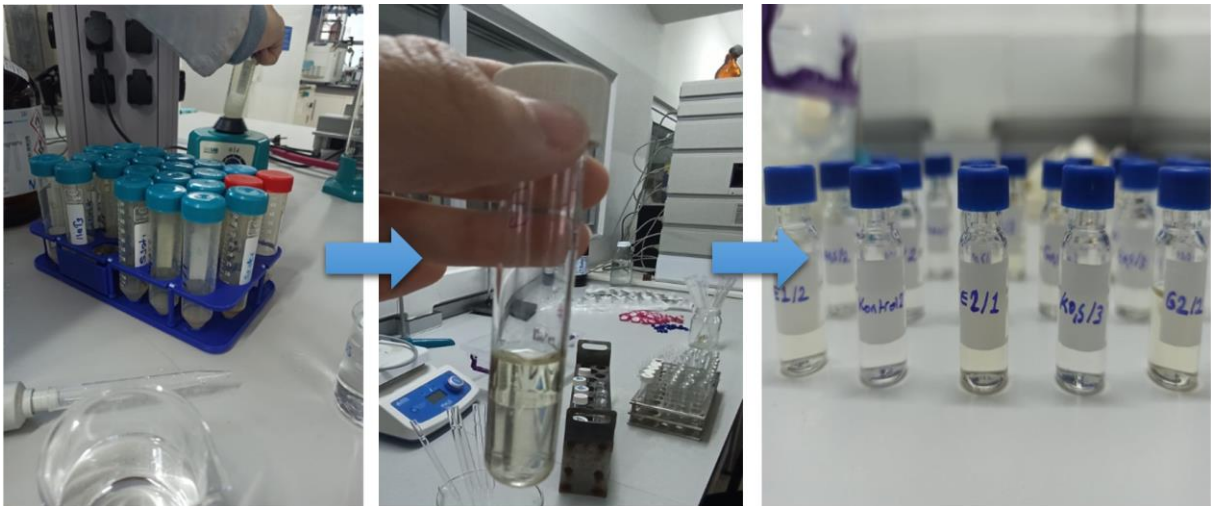
edilmiştir. Bu aşamadan sonra, lipid içeren alt fazlar alınmış ve 40°C’de rotary evaporatörde (Switzerland) buharlaştırma işlemine tabi tutulmuştur (Enshaeieh *et al.* 2014). Sonuçlar, besiyerinin litresinde üretilen lipid ağırlığı (g) olarak değerlendirilmiştir (El Fadaly *et al.* 2009) (Şekil 1).



Şekil 1. Toplam lipid üretim düzeyinin belirlenmesi

Yağ asidi metil esterlerinin elde edilmesi

Elde edilen lipid üzerine 1,5 mL 2 M metanol içeren NaOH aktarıldıktan sonra azot gazı uygulanmış ve 80°C’de 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra örnekler soğumaya bırakılmış ve sonrasında 2 ml boron trifluoride-methanol kompleksinden katılmış ve tekrar azot gazı uygulanarak 30 dk süre ile 80°C’de bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan örnekler oda sıcaklığına geldiğinde 1 ml hekzan katıldıktan sonra 1 ml distile su eklenerek 1 ml hekzan ilave edilmiş ve homojenizasyondan sonra 4°C’de 3000 g’da 5 dk santrifüjleme yapılmıştır. Santrifüjleme işleminden sonra elde edilen üst faza susuz sodyum sülfat ilave edilmiş ve viallere alındıktan sonra azot gazı ile tekrar muamele edilmiştir. Vialler, GC/FID sistemine yerleştirilmiştir (Metcalf and Schmitz 1961) (Şekil 2).



Şekil 2. Yağ asidi metil esterlerinin hazırlanması

Yağ asidi kompozisyonun tayini

Bu amaçla, GC/FID (Agilent Technologies 6890N) sisteminde 1 ml/dak akış hızı ile helyum gazı ve CPSIL 88 (Agilent, 100 m x 250 µm x 0,20 µm) kolonu kullanılmıştır. Fırın sıcaklık programı: 100 °C’de 3 dk ve daha sonra dakikada 3 °C artırılarak 200 °C’ye çıkarılmıştır. Bu sıcaklıkta 5 dak bekletildikten sonra dakikada 4°C artışla 250 °C’ye çıkarılmış ve 10 dakika süre ile bekletilmiştir. Standart olarak bir yağ asidi metil ester karışımı (Supelco, FAME- karışımı, 4-7801, Bellefonte, PA, ABD) kullanılmış ve sonuçlar % olarak belirlenmiştir.

İstatistiki analizler

Çalışmada *Y. lipolytica* YB 423 suşu, geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağları ve kozmetik argan yağı kullanımının yanı sıra bu yağların 3 farklı seviyesi (0,5, 1 ve 2 mL/L) ile azot miktarı faktör olarak alınmış ve analizler 3x3x2 faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına uygun olarak üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Argan Yağlarına Ait Yağ Asidi Kompozisyonu (%)

Argan yağ çeşitlerinin bileşimine ait yağ asidi kompozisyonu değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Argan Yağlarına Ait Yağ Asidi Kompozisyonu (%)

	Tekerrür	C14:0	C16:0	C18:1N9C	C18:2N6C
Kozmetik	1	0,17	22,90	31,05	45,88
	2	0,20	21,84	41,97	36,00
	3	0,18	20,22	37,12	39,38
Geleneksel	1	0,13	18,46	50,30	31,11
	2	0,25	19,06	49,82	30,87
	3	0,17	18,32	49,90	33,88
Endüstriyel	1	0,28	17,74	42,91	39,06
	2	0,50	22,35	34,15	43,00
	3	0,24	19,98	39,77	39,92

Geleneksel ve endüstriyel yemeklik yağlar ile kozmetik argan yağının yağ asidi kompozisyonu verilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir. Buna göre, yağ çeşidi, oleik ve linoleik asitler üzerinde önemli seviyede ($p<0,05$) etkili olurken, miristik ve palmitik asitler üzerinde ise önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3. Argan Yağ Çeşidi Verilerine Ait Varyans Analizi

C14:0			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Argan yağ çeşidi	2	0,025	3,124
Hata	6	0,008	
Genel	9		
C16:0			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Argan yağ çeşidi	2	6,943	2,857
Hata	6	2,430	
Genel	9		

Tablo 3. (Devamı)

C18:1N9C			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Argan yağ çeşidi	2	152,041	9,178*
Hata	6	16,566	
Genel	9		
C18:2N6C			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Argan yağ çeşidi	2	73,774	6,851*
Hata	6	10,768	
Genel	9		

* $p < 0,05$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Geleneksel, endüstriyel ve kozmetik argan yağlarının yağ asidi kompozisyonu verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. Farklı argan yağlarının miristik ve palmitik asit değerleri arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) önemsiz bulunurken, oleik ve linoleik asit oranları farklılık göstermiş ve en yüksek ortalama oleik asit oranı $50,00 \pm 0,25$ olarak geleneksel yemeklik argan yağında tespit edilmiştir. Bununla birlikte, endüstriyel yemeklik ve kozmetik argan yağları arasında istatistiki açıdan miristik, palmitik, oleik ve linoleik asit oranları üzerinde bir farklılık bulunmamıştır. Benzer şekilde, Fellat-Zarrouck *et al.* (1987) tarafından yapılan araştırmada argan yağlarının oleik asit değerlerinin $43.3-48.8$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca, Charrouf *et al.* (1990) argan yağı üzerinde yaptıkları araştırmada oleik asit miktarını $42,8$ olarak rapor etmiştir. Konu ile ilgili yapılan diğer bazı araştırmalarda argan yağının oleik asit miktarını Khallouki *et al.* (2003) $44,8$, Hilali *et al.* (2005) $45.2-46.9$, Charrouf and Guillaume, (2008) $43-49$ ve El abbassi *et al.* (2014) tarafından ise $42,8-49$ olarak bildirmiştir.

Argan yağlarının linoleik asit oranları üzerinde de farklılıklar belirlenmiş ve en yüksek ortalama linoleik asit oranı $40,42 \pm 5,02$ ile kozmetik argan yağı ve $40,66 \pm 2,07$ olarak endüstriyel argan yağında gözlemlenmiştir. En düşük ortalama linoleik asit oranı ise geleneksel yemeklik argan yağında $31,95 \pm 1,67$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen linoleik asit oranları yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında benzerlik göstermiştir. Argan yağlarının linoleik asit değerlerini Fellat-Zarrouck *et al.* (1987) $30-34,1$, Charrouf *et al.* (1990) $36,9$, Khallouki *et al.* (2003) $35,7$, Hilali *et al.* (2005) $31,6-34,6$, Charrouf & Guillaume, (2008) $29-36$ ve El abbassi *et al.* (2014) $29-36,9$ olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4. Geleneksel, Endüstriyel ve Kozmetik Argan Yağlarının Yağ Asidi Kompozisyonuna Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Varyasyon Kaynakları	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	Kozmetik
C14:0	0,18 $\pm$ 0,06 ^a	0,34 $\pm$ 0,14 ^a	0,18 $\pm$ 0,01 ^a
C16:0	18,61 $\pm$ 0,39 ^a	20,02 $\pm$ 2,30 ^a	21,65 $\pm$ 1,34 ^a
C18:1N9C	50,00 $\pm$ 0,25 ^a	38,94 $\pm$ 4,43 ^b	36,71 $\pm$ 5,47 ^b
C18:2N6C	31,95 $\pm$ 1,67 ^b	40,66 $\pm$ 2,07 ^a	40,42 $\pm$ 5,02 ^a

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05)

Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Oranlarının *Yarrowia lipolytica* YB 423 Suşunun Biyokütle ve Lipid Üretimi Üzerine Etkisi

Y. lipolytica YB 423 suşunun biyokütle g/L değerlerine ait sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. *Y. lipolytica* YB 423 Suşunun Biyokütle Miktarı (g/L) Üzerine Azot Miktarı, Farklı Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağı Oranlarının Etkisi

Argan yağı	Azot Miktarı	Argan yağ ilavesi (mL/L)	Tekerrür			
			1	2	3	
Kontrol	0,5	0,00	3,31	3,11	3,15	
	1	0,00	4,99	5,07	5,14	
Geleneksel yemeklik	0,5	0,5	4,03	3,69	3,84	
		1,00	3,95	4,26	4,68	
		2,00	4,27	6,43	4,08	
	1	0,5	5,11	5,75	5,07	
		1,00	5,84	6,73	6,29	
		2,00	8,17	7,78	9,69	
	Endüstriyel yemeklik	0,5	0,5	4,05	4,12	4,12
			1,00	4,79	4,66	4,29
2,00			6,48	7,62	8,01	
1		0,5	5,69	5,88	5,88	
		1,00	5,98	6,46	7,30	
		2,00	10,06	8,88	7,48	
Kozmetik		0,5	0,5	3,72	3,79	3,23
	1,00		3,96	3,83	5,03	
	2,00		3,79	2,89	4,23	
	1	0,5	6,00	5,14	6,34	
		1,00	6,84	6,92	6,76	
		2,00	9,49	7,90	8,87	

İnkübasyon koşulları: inkübasyon sıcaklığı: 28 °C, erlende gelişim çalkalama hızı 180 rpm, inkübasyon süresi 120 saat, glikoz 30 g/L, pH 5,8-6.

Tablo 6. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Biyokütle Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Azot miktarı (AM)	1	72,971	179,878**
Argan yağ çeşidi (AYC)	2	2,912	7,179**
Argan yağ oranı (AYO)	2	23,946	59,029**
AM x AYC	2	2,898	7,145**
AM x AYO	2	3,084	7,601**
AYC x AYO	4	1,574	3,879**
AM x AYC x AYO	4	1,323	3,262*
Hata	40	0,406	
Genel	60		

** p<0,01; * p<0,05 seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin biyokütle verilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 6’da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre biyokütle miktarı üzerinde tüm faktörlerin ve AM x AYC, AM x AYO ve AYC x AYO etkileşimlerinin çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili olduğu belirlenirken, AM x AYC x AYO etkileşiminin önemli seviyede ($p<0,05$) etkili olduğu saptanmıştır.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin biyokütle (g/L) verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. En yüksek ortalama biyokütle değeri, 1 g/L azot varlığında $6,78\pm1,48$ g/L olarak tespit edilmiştir. Arslan and Canlıtaşar (2021) yaptıkları çalışmada, Benzer şekilde amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) oranının artışına bağlı olarak hücre biyokütlesinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Biyokütle miktarı üzerine argan yağ çeşidinin etkisi incelendiğinde, geleneksel yemeklik argan yağı ve kozmetik argan yağının etkisinin istatistiki açıdan bir farklılığa neden olmadığı, bununla birlikte endüstriyel yemeklik argan yağı katıldığı durumda en yüksek ortalama biyokütle değerinin $6,20\pm1,75$ g/L olarak belirlendiği ve kontrole göre argan yağı ilavesi ile biyokütle değerlerinin arttığı rapor edilmiştir. Benzer şekilde Saygün (2017) tarafından yapılan çalışmada da ortama farklı yağ kaynaklarının ve atıkların ilavesinin, *Y. lipolytica* suşlarının biyokütlesinde önemli bir artışa neden olduğu ($p<0,05$) bildirilmiştir. Bununla birlikte, 30 g/L’lik glikoz içeren besiyeri üzerinde geliştirilen *Y. lipolytica* suşlarının ortalama biyokütle değerlerinin 5,2 ile 6,1 g/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Papanikolaou et al. 2002b). Dourou et al. (2016) tarafından yapılan çalışmada, 5,6 g/L biyokütle üretimini tespit edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada, farklı *Y. lipolytica* suşları kullanılarak 60 g/L

glikoz içeren besi ortamında mikrobiyal lipid ve sitrik asit üretimini incelenerek biyokütle değerlerinin 3,9 ile 5,8 g/L arasında değiştiği tespit edilmiştir (Papanikolaou *et al.* 2009). Diğer yandan, *Y. lipolytica* suşunun biyokütlesinin kazein içeren ortamda 9.73 g/L ve zeytinyağı içeren ortamda ise 8.30 g/L gibi daha yüksek biyokütle değerleri verdiği de tespit edilmiştir (Darvishi ve ark., 2009). Bununla birlikte, Bellou *et al.* (2016) glikoz içeren besi ortamında *Y. lipolytica* biyokütle miktarı 12,2 g/L olarak bildirilmiştir. Enshaeieh *et al.* (2014) tarafında yapılan araştırmada ise *Y. lipolytica* kullanımı ile en yüksek ortalama biyokütle değeri 15,97 g/L olarak rapor edilmiştir. Benzer şekilde Sarris *et al.* (2011) tarafından yapılan araştırmada, glikoz ve zeytin karasuyunun kullanımı durumunda en yüksek biyokütle miktarı 12.7 g/L olarak belirlenmiştir. Dourou *et al.* (2016) tarafından yapılan diğer bir araştırmada, *Y. lipolytica* suşları gelişme ortamında zeytin karasuyu ile en yüksek biyokütle miktarı 2,2 g/L olarak belirlenmişken, aynı ortamı gliserol ile zenginleştirdiklerinde biyokütle miktarı 5,6 g/L olarak değişmiştir.

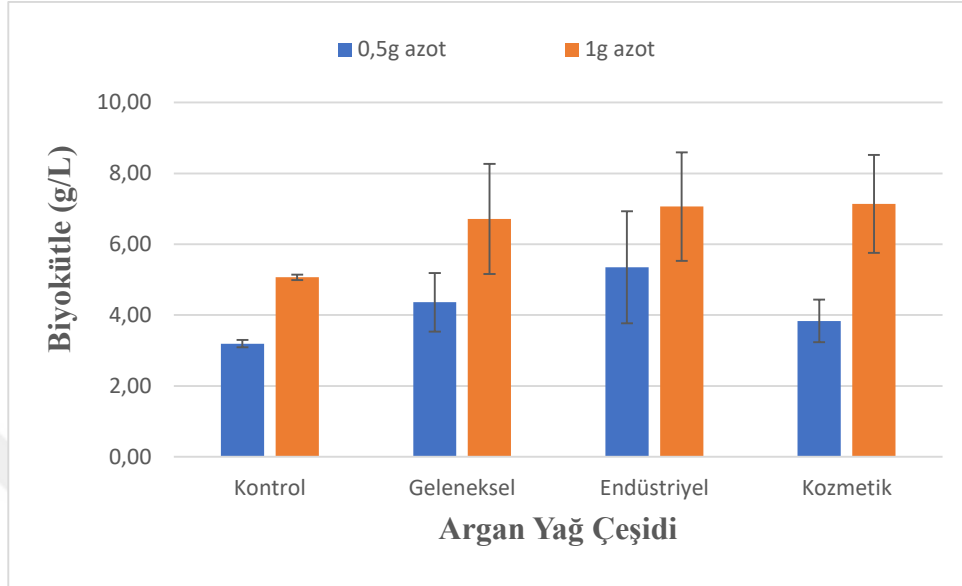
Argan yağ oranı açısından ise argan yağı oranı arttıkça, ortalama biyokütle miktarında da artış olduğu görülmektedir. Buna göre, en yüksek ortalama biyokütle miktarı 2 ml/L olarak argan yağı katıldığı durumda belirlenmişken, en düşük ortalama biyokütle miktarının kontrol grubunda olduğu gözlenmiştir (Tablo 7). Buna karşın olarak, Chatzifragkou *et al.* (2011) tarafından yapılan araştırmada en yüksek biyokütle miktarı (6.8 ± 0.5) 0,05 ml/L oranında uçucu yağ ile belirlenmişken, en düşük biyokütle miktarı ($0,4 \pm 0,2$) 0,50 ml/L oranında (*Origanum vulgare* L.) uçucu yağ kullanımı durumunda belirlenmiştir. Benzer şekilde, Yılmaz (2019) tarafından yapılan çalışmada farklı *Y. lipolytica* suşların gelişme ortamına farklı uçucu yağ oranları arttırırken biyokütle değerinin azaldığı bildirilmiştir.

Tablo 7. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Biyokütle (g/L) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör				
Azot miktarı		0,5		1
(g)		4,38 $\pm$ 1,23 ^b		6,78 $\pm$ 1,48 ^a
Argan yağ çeşidi	Kontrol	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	Kozmetik
	4,12 $\pm$ 1,03 ^c	5,53 $\pm$ 1,70 ^b	6,20 $\pm$ 1,75 ^a	5,48 $\pm$ 1,99 ^b
Argan yağ oranı	0 (kontrol)	0,5	1,0	2,0
(%)	4,12 $\pm$ 1,03 ^d	4,74 $\pm$ 0,99 ^c	5,47 $\pm$ 1,20 ^b	7,00 $\pm$ 2,24 ^a

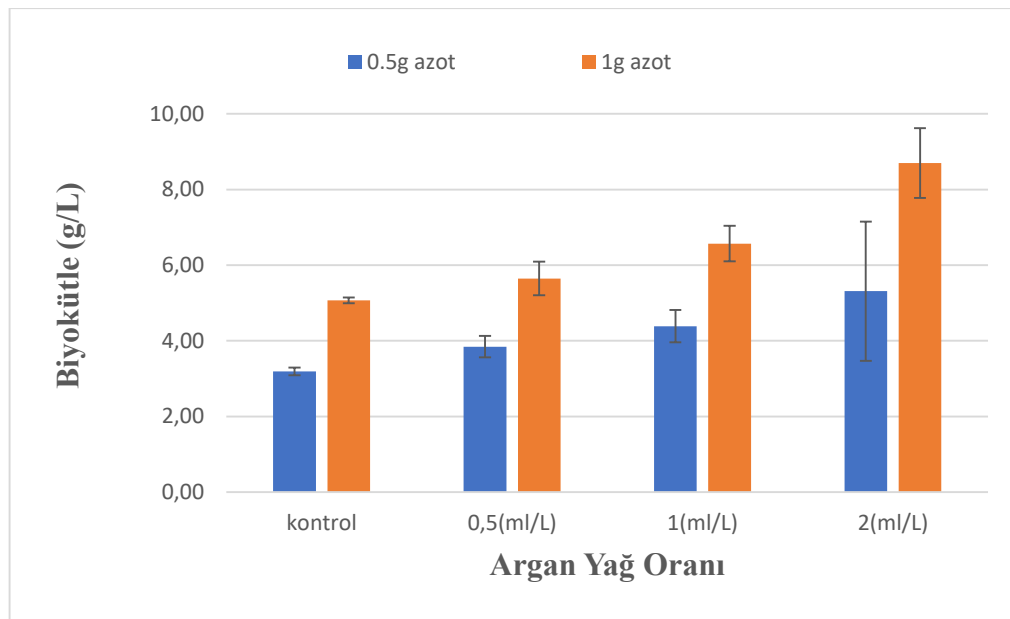
Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır ($p>0,05$)

AM x AYC interaksiyonunun biyokütle miktarı üzerine etkisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Buna göre, en yüksek biyokütle değeri, 1g/L azot bulunan ortamda endüstriyel yemeklik ve kozmetik argan yağlarının ilave edildiği durumda belirlenmiştir. En düşük biyokütle değeri 0,5 g/L azot içeren kontrol grubunda gözlemlenmiştir.



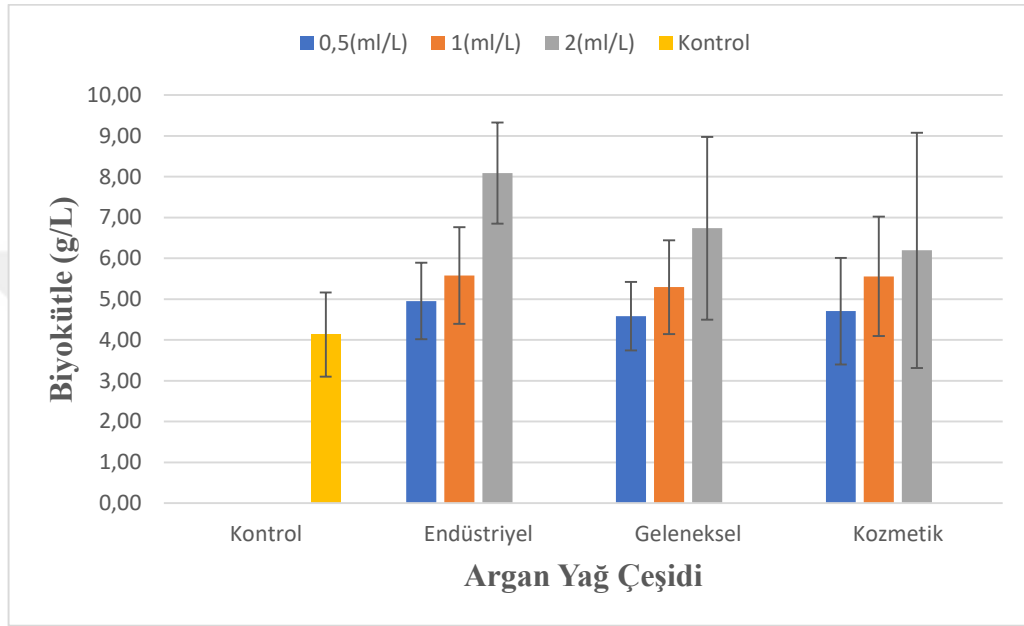
Şekil 3. AM x AYC interaksiyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi

AM x AYO interaksiyonunun biyokütle miktarı üzerine etkisi Şekil 4'te gösterilmiştir. Buna göre, besiyeri ortamına ilave edilen argan yağ oranı arttıkça biyokütle miktarının artış gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, en yüksek biyokütle değeri argan yağ oranının 2 mL/L olduğu durumda 1 g/L azot ilavesinde belirlenmiştir. En düşük biyokütle ise 0,5 g/L azot içeren besiyerinin kontrol grubunda tespit edilmiştir.



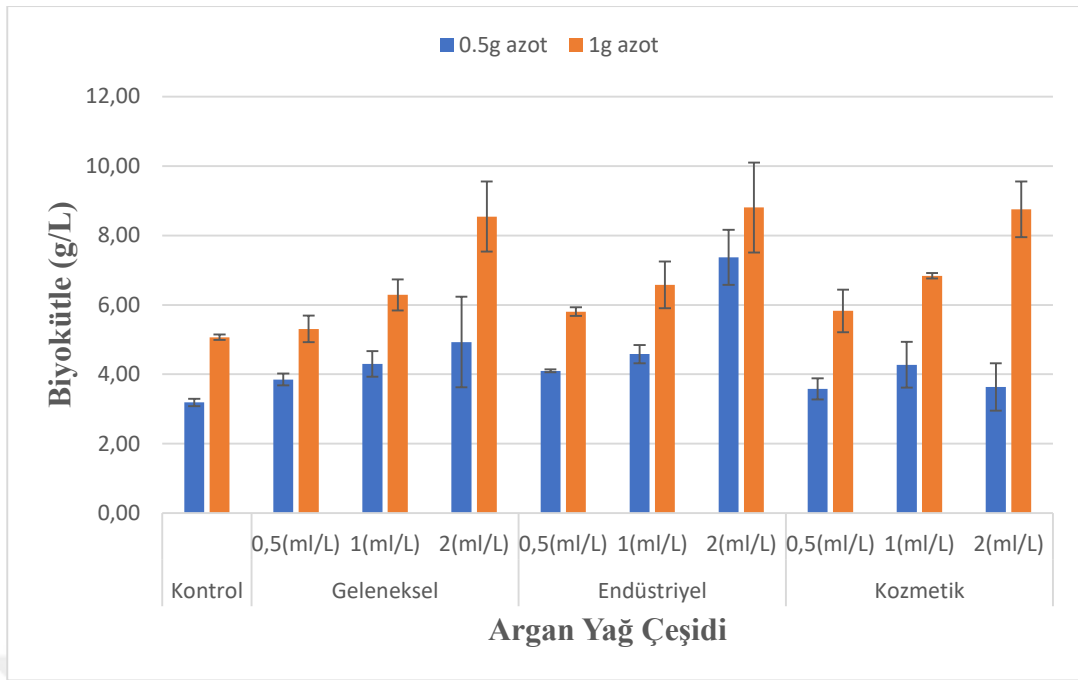
Şekil 4. AM x AYO interaksiyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi

Ortalama biyokütle üretimi de ilave yağın oran ve çeşide göre farklılık gösterebilmektedir. Şekil 5'ten de görüldüğü üzere, besiyeri ortamına eklenen tüm argan yağ çeşitlerinin ilave edilen oranı arttıkça biyokütle miktarında artma meydana geldiği görülmektedir. Biyokütle miktarındaki en büyük artış endüstriyel argan yağının 2 mL/L olarak katıldığı durumda görülmektedir. Sonuç olarak, kozmetik argan yağın anti-proliferatif ve anti-bakteriyel özellikleri (Lall *et al.* 2019) nedeniyle mayaların gelişmesini çeşitli düzeylerde ihhabe ettiği düşünülmektedir.



Şekil 5. AYC x AYO interaksiyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi

Ortalama biyokütle miktarı üzerine çok önemli ($p < 0,01$) etkisi saptanan AM x AYC x AYO interaksiyonu Şekil 6'da gösterilmiştir. Buna göre en yüksek biyokütle değeri geleneksel yemeklik, endüstriyel yemeklik ve kozmetik argan yağlarının 1 g/L azot içeren ortamına 2 mL/L ilave edilmesi durumunda belirlenmiştir. Besiyeri ortamında azot oranı 0,5 g/L'den 1 g/L'ye yükseltildiğinde ortalama biyokütle oranını da yükseldiği görülmüştür.



Şekil 6. AM x AYC x AYO interaksiyonunun biyokütle miktarı (g/L) üzerine etkisi

Tablo 8. *Y. lipolytica* YB 423 Suşunun Lipid Üretim Miktarı g/L Üzerine Azot Miktarı, Farklı Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağı Oranlarının Etkisi

Argan yağı	Azot miktarı	Argan yağ ilavesi (mL/L)	Tekerrür		
			1	2	3
Kontrol	0,5	0	1,64	1,63	1,62
	1	0	4,34	3,91	4,22
Geleneksel yemeklik	0,5	0,5	1,85	1,56	1,99
		1,00	2,21	2,08	2,26
		2,00	2,25	3,18	2,59
	1	0,5	4,43	4,60	4,24
		1,00	4,38	4,66	5,31
		2,00	5,98	5,22	8,79
Endüstriyel yemeklik	0,5	0,5	1,57	1,55	1,79
		1,00	1,87	2,29	4,17
		2,00	3,17	3,93	3,92
	1	0,5	4,63	3,99	4,65
		1,00	5,14	5,00	6,24
		2,00	7,93	6,35	6,98
Kozmetik	0,5	0,5	1,84	1,51	1,54
		1,00	1,94	4,93	1,89
		2,00	0,05	2,00	0,84
	1	0,5	4,94	4,87	4,70
		1,00	3,99	4,83	4,64
		2,00	6,06	5,33	6,45

İnkübasyon koşulları: inkübasyon sıcaklığı: 28 °C, erlende gelişim çalkalama hızı 180 rpm, inkübasyon süresi 120 saat, glikoz 30 g/L, pH 5,8-6.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin lipid üretim miktarlarına g/L ait varyans analiz sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Lipid üretim miktarı üzerine azot miktarı, Argan yağ oranı ve AM x AYO interaksyonu çok önemli seviyede ($p<0,01$) etki gösterirken, argan yağ çeşidi ve AYC x AYO interaksyonunun önemli seviyede ($p<0,05$) etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 9. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Lipid Üretim Miktarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Azot miktarı (AM)	1	118,318	203,431**
Argan yağ çeşidi (AYC)	2	2,310	3,972*
Argan yağ oranı (AYO)	2	8,547	14,695**
AM x AYC	2	0,098	0,169
AM x AYO	2	4,007	6,890**
AYC x AYO	4	2,030	3,490*
AM x AYC x AYO	4	0,779	1,340
Hata	40	0,582	
Genel	60		

** $p<0,01$; * $p<0,05$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin lipid üretimi (g/L) verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 10’da gösterilmiştir. İki farklı azot miktarının lipid üretim miktarları incelendiğinde, yüksek azot oranına sahip olan (1 g/L azot) besiyerinin daha yüksek olduğu, azot oranı arttıkça lipid üretim miktarı arttığı belirlenmiştir (Tablo 10). Arsalan and Canlıtaşar (2021) tarafından yapılan araştırmada da, *Y. lipolytica* gelişme ortamında azot oranı artışına bağlı olarak lipid üretiminde azalış olduğu bildirilmiştir. Diğer yandan, Braunwald *et al.* (2013) tarafından yapılan araştırmada *Rhodotorula glutinis*’in gelişme ortamında azot oranı arttıkça lipid üretim miktarının arttığı belirlenmiştir.

Üretilen lipid miktarı g/L üzerine argan yağ çeşidinin etkisi incelendiğinde, tüm argan yağı ve kontrol grubunun istatistiki olarak birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. En yüksek ortalama değer $4,18\pm1,91$ g/L olarak endüstriyel yemeklik argan yağının katıldığı durumda tespit edilmiştir. En düşük ortalama değer ise kontrol besiyeri ortamında olduğu belirlenmiştir (Tablo 10). Benzer şekilde, *Y. lipolytica* suşunun gliserol ve stearin karışımı ile 3,4 g/L lipid ürettiği belirlenmiştir (Papanikolaou *et al.* 2003). Cheirsilp and Louhasakul (2013) tarafından yapılan araştırmada ise lipid miktarı 1,6-1,7 g/L olarak bildirilmiştir. Poli *et al.* (2014), ortamda

gliserol kullanarak geliştirdikleri *Y. lipolytica*'in 1,48 g/L lipid biriktirdiğini ve ham gliserol kullanıldığında bu değerin 1,27 g/L bulunduğunu bildirilmiştir.

Bellou *et al.* (2016), lipid üretimi için kullanılan *Y. lipolytica*'nın 5,8 g/L lipid ürettiği rapor edilmiştir. Canonico *et al.* (2016)'nın yaptıkları araştırmaya göre, maksimum lipid üretimini 2,60 g/L olarak bildirilmiştir. Diğer yandan, Saygün (2017) tarafından yapılan araştırmaya göre keten tohumu ve *Echium* yağlarında maksimum lipid üretimi sırasıyla 16.45 ve 14.86 g/L olarak belirlenmişken, en düşük lipid üretimi alabalık yağı ortamında 11.02 g/L olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *Y. lipolytica* suşunun glukoz ve stearin ile hazırlanan ortamdaki hücresel lipid miktarının 0,3-2,0 g/L arasında değiştiği rapor edilmiştir (Papanikolaou *et al.* 2006). Papanikolaou *et al.* (2007) tarafından yapılan araştırmada ise lipid üretim miktarı 7,9 mg/ml olarak bildirilmiştir.

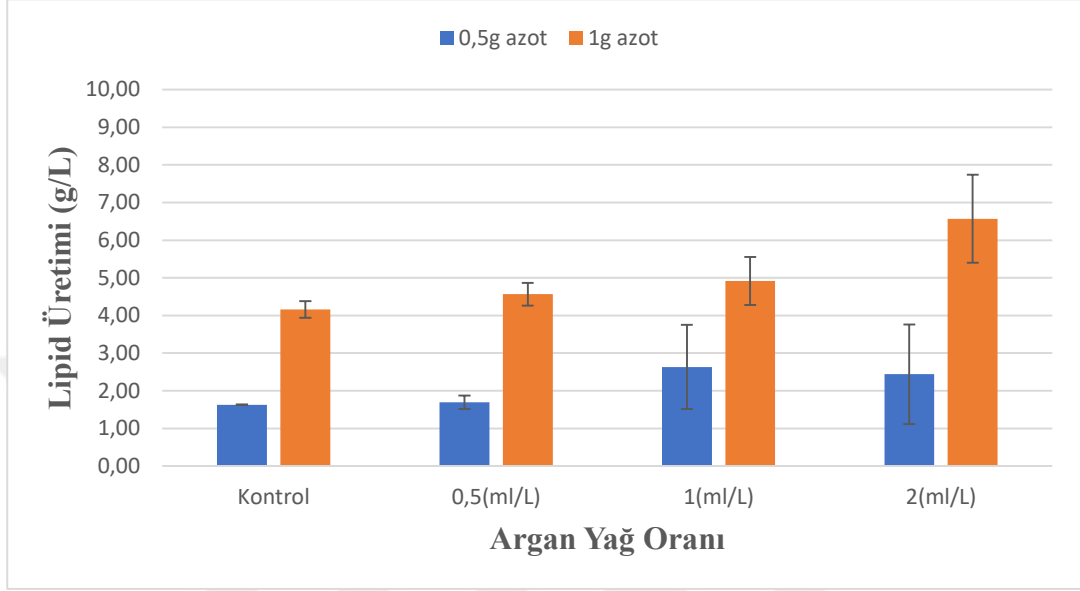
Araştırmada kullanılan argan yağı oranı incelediğinde, istatistiki açıdan önemli farklılıklar belirlenmiş, ancak kontrol grubu ile 0,5 ml/L ilave edilen argan yağı içeren grup arasında lipid üretimi açısından istatistiki bir farklılık gözlenmemiştir. Bununla birlikte, en yüksek ortalama değer 2 ml/L olarak kullanılan argan yağ oranında tespit edilmiştir (Tablo 10). Argan yağ oranı arttıkça lipid üretim miktarının da arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 10. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Lipid Üretim Miktarına (g/L) Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör				
Azot miktarı (g)	0,5		1	
	2,19 $\pm$ 1,01 ^b		5,23 $\pm$ 1,16 ^a	
Argan yağ çeşidi	Kontrol	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	Kozmetik
	2,89 $\pm$ 1,39 ^c	3,75 $\pm$ 1,88 ^{ab}	4,18 $\pm$ 1,91 ^a	3,46 $\pm$ 1,97 ^{bc}
Argan yağ oranı (%)	0 (kontrol)	0,5	1,0	2,0
	2,89 $\pm$ 1,39 ^c	3,12 $\pm$ 1,49 ^c	3,77 $\pm$ 1,46 ^b	4,50 $\pm$ 2,44 ^a

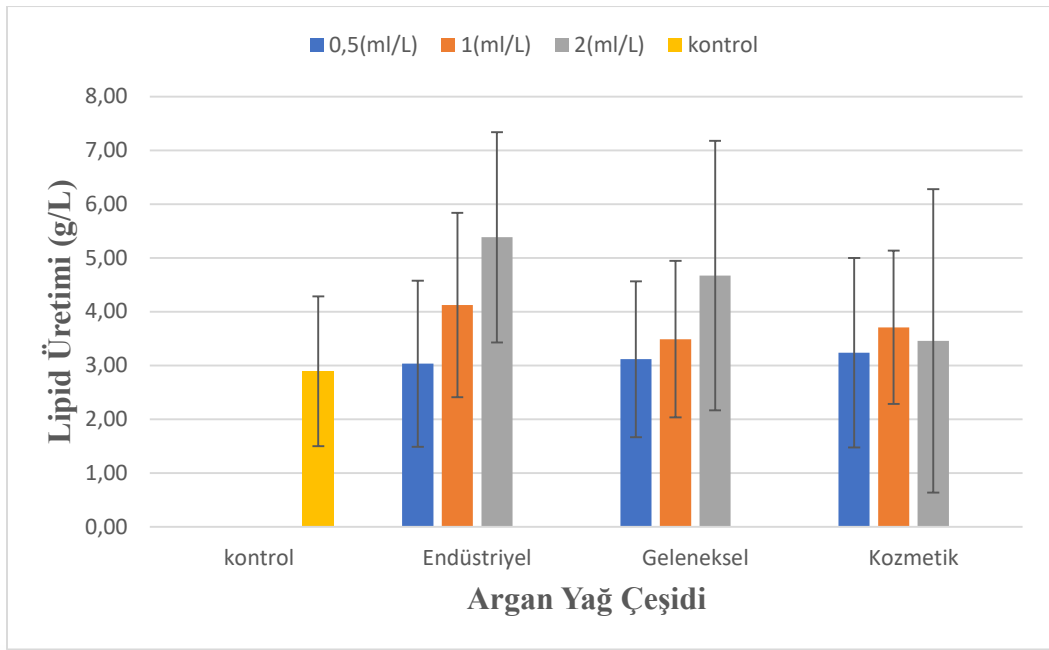
Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05).

Üretilen lipid miktarı üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi olduğu saptanan AMxAYO interaksyonu Şekil 7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre azot miktarına bağlı olarak ortama ilave edilen argan yağ oranı arttıkça lipid üretim miktarının artış gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek lipid üretim miktarı argan yağ oranının 2 ml/L olduğu durumda ve 1 g/L azot mevcudiyetinde belirlenmiştir.



Şekil 7. AM x AYO interaksyonunun lipid üretim miktarı (g/L) üzerine etkisi

Y. lipolytica YB 423 suşunun lipid üretim miktarı, yağ oran ve çeşidine göre farklılık gösterebilmektedir. AYC x AYO interaksyonu Şekil 8’den görüldüğü üzere lipid üretimi, endüstriyel argan yağı varlığında ve 2 mL/L yağ oranı kullanımı durumunda en iyi sonucu göstermiş ve endüstriyel argan yağındaki artışın yağın seviyesine bağlı olarak artmıştır. Buna karşın kozmetik argan yağı mevcudiyetinde 0,5 ve 1 ml/L argan yağ oranında lipid üretimi açısından artış belirlenmişken, 2 mL/L ilave edildiğinde az da olsa bir azalma meydana geldiği saptanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. AYC x AYO interaksiyonunun lipid üretim miktarı (g/L) üzerine etkisi

Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Oranlarının *Yarrowia lipolytica* YB 423 Suşunun Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi

Tablo 11. *Y. lipolytica* YB 423 Suşu Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Azot Miktarı, Farklı Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağı Oranlarının Etkisi

Argan yağı	Azot miktarı	Argan Yağ Oranı	C16:0			C16:1			C18:0			C18:1n9c			C18:2n6c		
			Tekerrür			Tekerrür			Tekerrür			Tekerrür			Tekerrür		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
kontrol	0,5	0	35,53	26,72	31,86	4,25	13,46	4,01	20,54	15,80	18,79	29,89	34,49	35,05	9,79	9,53	10,30
	1	0	19,97	19,93	20,33	6,30	7,71	4,50	5,35	5,41	4,96	54,29	55,82	59,60	14,10	11,13	10,61
Geleneksel yemeklik	0,5	0,5	15,98	16,85	15,75	6,83	7,64	7,02	4,96	5,65	4,94	39,63	39,37	39,69	32,61	30,50	32,60
		1,0	14,43	14,35	14,52	6,63	5,19	5,42	4,75	4,85	5,56	41,02	43,49	43,18	33,16	32,13	31,32
		2,0	13,43	14,48	14,06	3,34	2,76	3,45	5,63	5,60	5,75	45,5	45,4	43,95	32,10	31,77	32,79
	1	0,5	19,17	15,88	16,90	5,49	4,23	5,94	5,17	2,24	2,96	43,92	45,13	42,84	26,26	32,52	31,36
		1,0	15,57	15,67	14,70	6,94	6,49	7,51	4,50	4,35	3,45	40,29	40,57	40,10	32,70	32,92	34,23
		2,0	10,64	12,60	10,75	4,45	4,96	3,62	4,54	6,28	4,57	44,6	37,32	31,91	35,76	38,84	49,15
	0,5	0,5	21,43	18,82	14,92	10,26	8,52	7,11	6,75	6,72	4,56	34,51	36,6	39,01	27,04	29,34	34,40
		1,0	14,08	13,14	13,95	5,04	4,99	6,81	5,02	4,89	5,23	41,46	42,82	38,15	34,39	34,16	35,87
		2,0	13,24	12,86	13,07	1,61	1,27	1,78	8,27	9,70	6,14	41,85	39,89	43,03	35,03	36,29	35,98
Endüstriyel yemeklik	0,5	0,5	17,66	15,99	14,77	7,45	5,77	8,12	0,00	2,33	0,00	44,78	42,96	43,47	30,12	32,94	33,65
		1,0	14,43	14,28	13,97	7,93	8,50	6,90	3,40	3,33	2,41	38,57	38,84	42,85	35,68	35,05	33,87
		2,0	12,86	15,39	12,86	3,67	4,36	4,86	0,00	0,00	0,00	49,66	43,22	44,12	33,81	37,03	38,16
	1	0,5	19,35	25,40	22,03	2,98	1,21	1,01	8,11	6,09	5,23	26,92	23,45	24,90	42,65	43,86	46,82
		1,0	27,73	15,10	25,24	4,54	6,80	3,22	8,6	4,32	8,91	31,68	37,61	23,34	27,45	36,17	39,29
		2,0	14,01	15,22	12,05	5,45	5,36	4,63	1,25	4,27	1,99	42,62	33,81	43,07	36,66	41,34	38,26
Kozmetik	0,5	0,5	14,69	15,28	15,27	5,48	6,91	6,71	4,53	3,98	4,00	41,53	39,24	39,26	33,77	34,60	34,76
		1,0	15,43	14,26	15,14	7,18	7,91	7,34	7,68	3,16	4,22	35,74	38,08	38,04	33,98	36,59	35,26
		2,0	13,43	14,35	13,51	4,28	4,89	5,24	3,39	0,00	1,35	43,87	43,01	38,49	35,03	37,75	41,42
	1																

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı faktörlerinin palmitik asit (%) verilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Tüm faktörler ve AM x AYC interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) belirlenirken, AM x AYC x AYO interaksiyonunun istatistiki olarak önemli etki ($p<0,05$) gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 12. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Azot miktarı (AM)	1	192,289	39,581**
Argan yağ çeşidi (AYC)	2	30,829	6,346**
Argan yağ oranı (AYO)	2	84,397	17,372**
AM x AYC	2	32,902	6,772**
AM x AYO	2	5,198	1,070
AYC x AYO	4	8,374	1,724
AM x AYC x AYO	4	16,761	3,450*
Hata	40	4,858	
Genel	60		

** $p<0,01$; * $p<0,05$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin palmitik asit (%) verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 13’te gösterilmiştir. Tablo 13’te görüldüğü üzere azot oranı arttıkça palmitik asit miktarında azalma saptanmıştır.

Palmitik asit (%) miktarı üzerine argan yağ çeşidinin etkisi incelendiğinde, geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağı istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmamıştır. Elde edilen palmitik asit miktarının, Canonico *et al.* (2016) tarafından yapılan araştırmada da *Y. lipolytica* gelişme ortamında gliserol üzerinde üretilen palmitik asit 15.9 ± 1.30 değerlerine benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Yine Dobrowolski *et al.* (2016) tarafından yapılan araştırmada da *Y. lipolytica* gelişme ortamında gliserol üzerinde palmitik asit miktarının 14.26 ± 0.37 ve 19.91 ± 1.32 arasında değiştiği bildirilmiştir. Dourou *et al.* (2016) zeytin karasuyu ve/veya gliserol üzerinde gelişen *Y. lipolytica*’nın ürettiği yağın palmitik asit miktarı 2.1 ± 0.2 ve 16.3 ± 1.0 arasında değiştiği bildirilmiştir. Benzer şekilde, Makri *et al.* (2010) tarafından yapılan araştırmada da *Y. lipolytica* suşunun gliserolün kullanıldığı durumda üretilen yağın palmitik asit miktarının 7.3 ve 17.06 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Argan yağ oranı açısından da bazı farklılıklar belirlenmiştir. Argan yağ oranı arttıkça palmitik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, en düşük ortalama palmitik

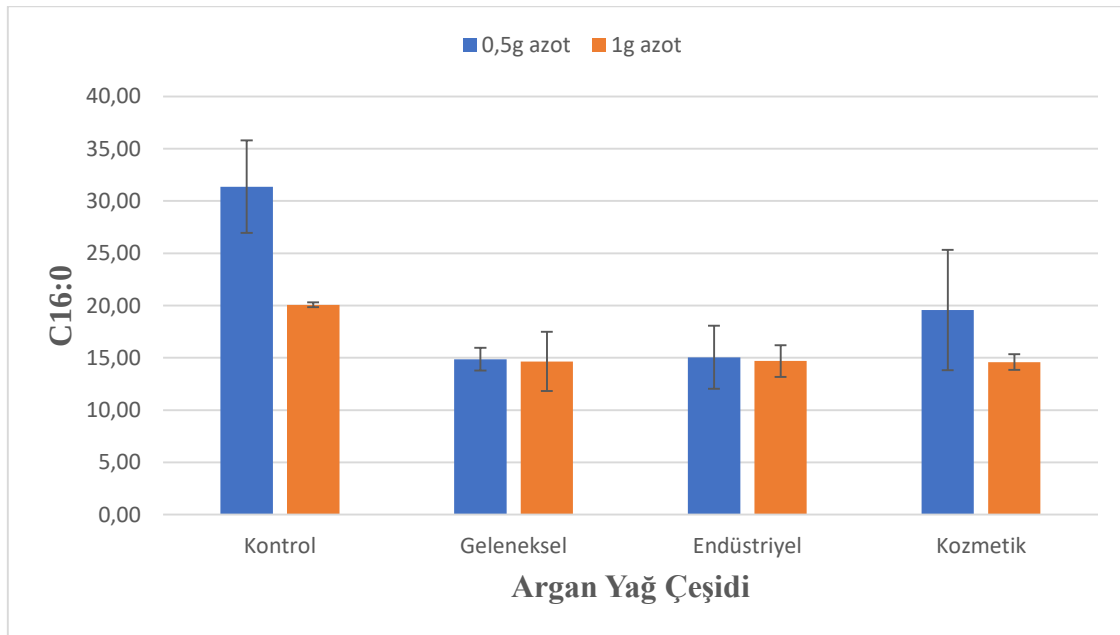
asit miktarı, argan yağ kullanım oranı 2 mL/L olduğunda (%) $13,26 \pm 1,28$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi Ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör				
Azot miktarı (g)		0,5		1
		$17,98 \pm 6,18^a$		$15,18 \pm 2,40^b$
Argan yağ çeşidi	Kontrol	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	Kozmetik
	$25,72 \pm 6,79^a$	$14,76 \pm 2,08^c$	$14,87 \pm 2,32^c$	$17,08 \pm 4,73^b$
Argan yağ oranı (%)	0 (kontrol)	0,5	1,0	2,0
	$25,72 \pm 6,79^a$	$17,56 \pm 2,96^b$	$15,88 \pm 3,93^b$	$13,26 \pm 1,28^c$

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p > 0,05$)

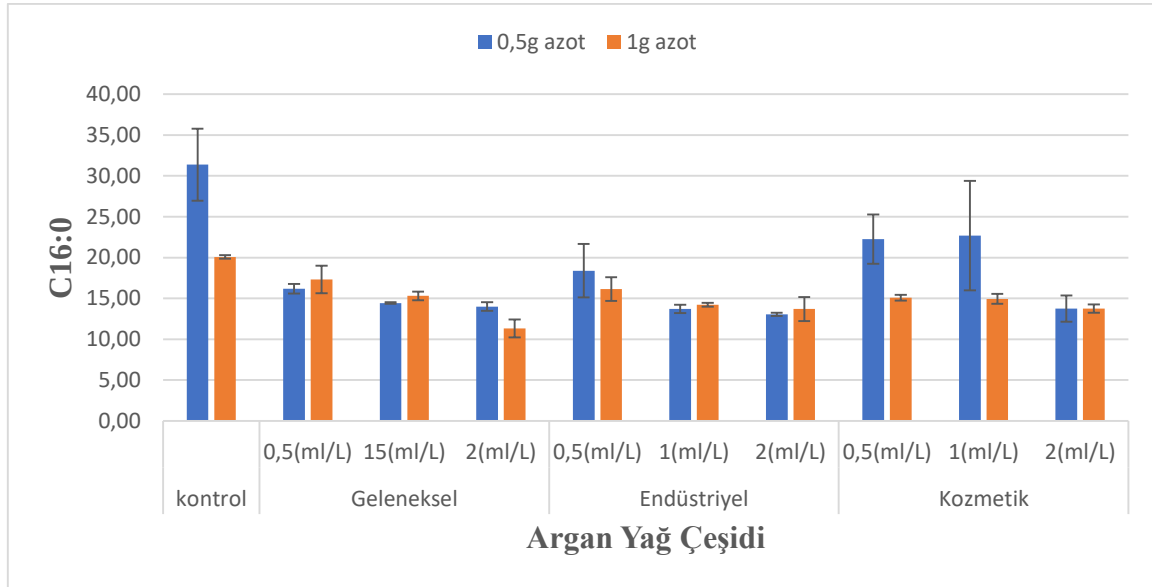
Palmitik asit miktarı üzerinde çok önemli ($p < 0,01$) etkisi saptanan AM x AYC interaksyonu Şekil 9'da gösterilmiştir. En yüksek ortalama palmitik asit değeri kontrol grubunda belirlenirken, kontrol grubun 1 g/L azot ortamında ve kozmetik argan yağının 0,5 g/L azot mevcudiyetinde benzerlik olduğu görülmektedir. Diğer yandan, geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağlarının katılımı ile belirlenen değerler nispeten birbirine yakın olduğu saptanmıştır.



Şekil 9. AM x AYC interaksyonunun palmitik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Palmitik asit miktarı üzerine önemli ($p < 0,05$) etkisi saptanan AM x AYC x AYO interaksyonu Şekil 10'da gösterilmiştir. Buna göre en yüksek palmitik asit değeri kontrol

grubunda 0,5 g/L azot mevcudiyetinde saptanmıştır. Argan yağ oranı arttıkça palmitik asit miktarının azaldığı belirlenmiş ve kozmetik argan yağı 0,5 ve 1 mL/L ilave edildiğinde belirlenen değerlerin nispeten birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 10. AM x AYC x AYO interaksiyonunun palmitik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağı oranı faktörlerinin palmitoleik asit verilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 14'te gösterilmiştir. Argan yağ oranı ve AYC x AYO ve AM x AYC x AYO interaksiyonları etkisinin istatistiki olarak çok önemli olduğu belirlenirken ($p < 0,01$), diğer faktörlerinin ve interaksiyonların etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Tablo 14. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitoleik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Azot miktarı (AM)	1	7,079	3,092
Argan yağ çeşidi (AYC)	2	2,649	1,157
Argan yağ oranı (AYO)	2	33,329	14,558**
AM x AYC	2	5,236	2,287
AM x AYO	2	2,936	1,283
AYC x AYO	4	13,084	5,715**
AM x AYC x AYO	4	9,702	4,238**
Hata	40	2,289	
Genel	60		

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin palmitoleik asit (%) verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 15'te gösterilmiştir. İki farklı azot miktarı ile argan yağ çeşidi faktörlerine ait ortalama palmitoleik asit (%) verileri istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 15).

Argan yağ oranı açısından da bazı farklılıklar belirlenmiş ve en yüksek ortalama palmitoleik asit miktarı kontrol grubunda belirlenmiş, en düşük ortalama palmitoleik asit değeri ise $3,88\pm1,30$ olarak 2 mL/L yağ oranında saptanmıştır. Sarris *et al.* (2019), *Y. lipolytica* suşunun gliserol ve zeytin karasuyu ortamında palmitoleik asit değerlerinin azaldığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, Chatzifragkou *et al.* (2011) tarafından yapılan araştırmada uçucu yağın *Y. lipolytica*'nın ürettiği yağdaki palmitoleik asit miktarında azalma görüldüğü tespit edilmiştir.

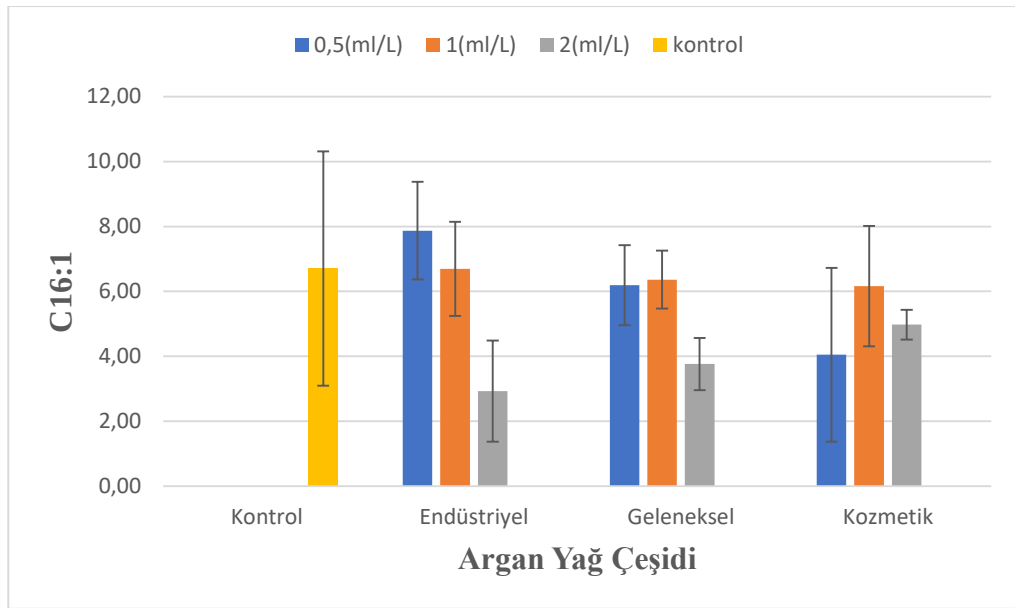
Diğer yandan, Papanikolaou *et al.* (2008b) tarafından yapılan araştırmada ise palmitoleik asit miktarının $7,1$ ve $15,5$ arasında değiştiği ve gliserol oranı arttıkça palmitoleik asit miktarının da arttığı bildirilmiştir. Aggelis *et al.* (1998) tarafından yapılan araştırmada ise *Y. lipolytica*'nın gelişim ortamına eklenen uçucu yağın oranı arttıkça palmitoleik asit miktarı üzerinde değişiklik olmamıştır.

Tablo 15. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi Ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Palmitoleik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör				
Azot miktarı (g)	0,5		1	
	$5,08\pm2,78^a$		$6,05\pm1,45^a$	
Argan yağ çeşidi	Kontrol	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	Kozmetik
	$6,70\pm3,60^a$	$5,43\pm1,53^{ab}$	$5,83\pm2,59^{ab}$	$5,06\pm1,99^b$
Argan yağ oranı (%)	0 (kontrol)	0,5	1,0	2,0
	$6,70\pm 3,60^a$	$6,03\pm2,40^a$	$6,40\pm1,38^a$	$3,88\pm1,30^b$

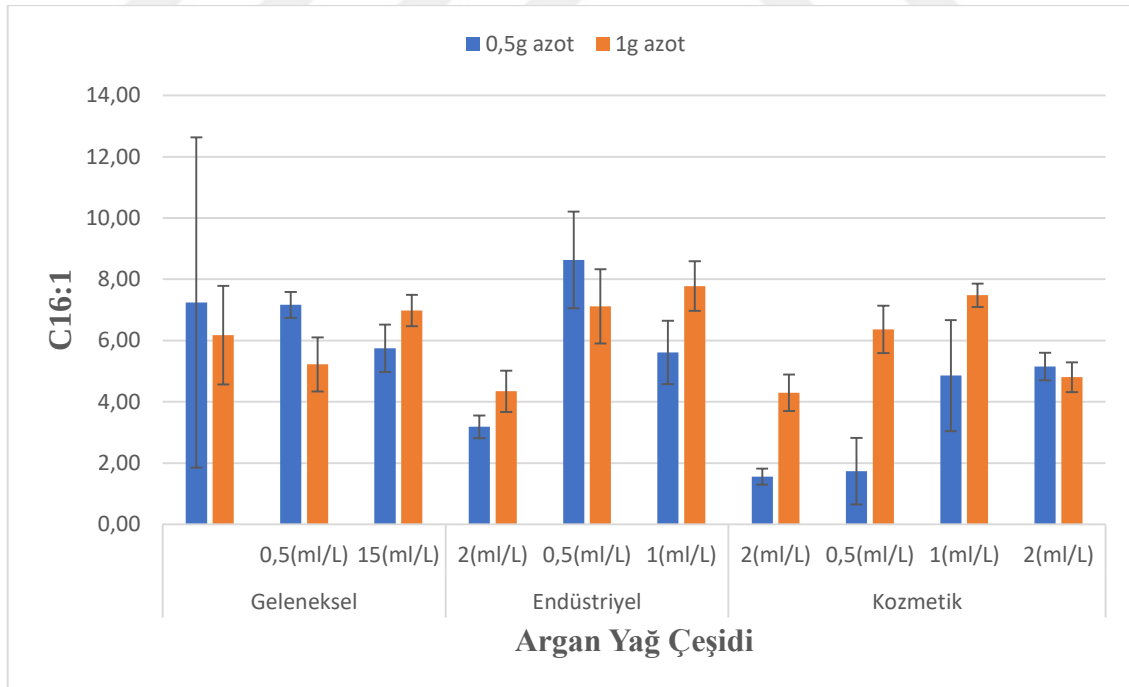
Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır ($p>0,05$)

Palmitoleik asit miktarı üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan AYC x AYO interaksyonu Şekil 11'de gösterilmiştir. Buna göre, palmitoleik asit miktarının en yüksek ortalama değeri besiyeri ortamına endüstriyel argan yağının 0,5 mL/L oranında katıldığı durumda gözlemlenmiştir. En düşük ortalama değeri ise besiyeri ortamına endüstriyel argan yağının 2 mL/L oranında ilave edildiği durumda belirlenmiştir.



Şekil 11. AYC x AYO interaksiyonunun palmitoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Palmitoleik asit miktarı üzerinde çok önemli etkisi saptanan AM x AYC x AYO interaksiyonu Şekil 12’de verilmiştir. 0,5 ilave azot bulunan besi ortamında en yüksek ortalama palmitoleik asit değeri endüstriyel yemeklik argan yağının 0,5 mL/L oranında katılımıyla belirlenirken, 1 g/L azot ortamında en yüksek ortalama palmitoleik asit değeri endüstriyel yemeklik argan yağının 1 mL/L oranında ilavesiyle tespit edilmiştir.



Şekil 12. AM x AYC x AYO interaksiyonunun palmitoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı faktörlerinin stearik asit (%) verilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 16’da verilmiştir. Stearik asit miktarı üzerine azot miktarı ve AM ve AM x AYC ve AYC x AYO interaksiyonların etkisinin istatistiki olarak çok önemli

olduğu belirlenmişken ($p<0,01$), AM x AYC x AYO interaksiyonunun etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Tablo 16. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Stearik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçlar

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Azot miktarı (AM)	1	309,796	169,346**
Argan yağ çeşidi (AYC)	2	4,286	2,343
Argan yağ oranı (AYO)	2	5,504	3,009
AM x AYC	2	20,528	11,222**
AM x AYO	2	2,902	1,586
AYC x AYO	4	12,760	6,975**
AM x AYC x AYO	4	6,131	3,352*
Hata	40	1,829	
Genel	60		

** $p<0,01$; * $p<0,05$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin stearik asit (%) verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 17’de verilmektedir. En yüksek ortalama stearik asit miktarını 0,5 ilave azot içeren besi ortamı vermiştir (Tablo 17). Argan yağ çeşitlerinin stearik asit miktarına etkisinin istatistiki olarak birbirinden farklılık göstermediği belirlenmiştir. En yüksek ortalama değer kontrol grubunda besiyeri ortamına argan yağı ilave edilmediği durumda $11,80 \pm 7,35$ olarak belirlenmiştir. Bunun nedeninin argan yağının stearik asit oranının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna karşılık, Canonico *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada *Y. lipolytica*’nın gelişme ortamına gliserol katılımı ile stearik asit miktarı %4,3 olarak belirlenmiştir. Papanikolaou *et al.* (2009) tarafından yapılan araştırma üretilen stearik asit miktarı birbirinden farklı bulunmuş ve %4,1 ve 9,2 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Makri *et al.* (2010) tarafından yapılan araştırma ise stearik asit miktarı %0,73 ve 7,70 olarak belirlenmiştir. Papanikolaou *et al.* (2003) ise *Y. lipolytica* suşunun ürettiği lipidlerinin stearik asit miktarının farklılık gösterdiğini bildirmiştir.

Argan yağ oranının stearik asit (%) miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, argan yağının besiyeri ortamına 0,5, 1 ve 2 mL/L oranında ilavesinin stearik asit (%) miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır. Benzer şekilde, Yılmaz (2019) tarafından yapılan araştırmaya göre farklı *Y. lipolytica* suşlarının, farklı uçucu yağ oranlarının varlığında stearik asit üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, Aggelis *et al.*

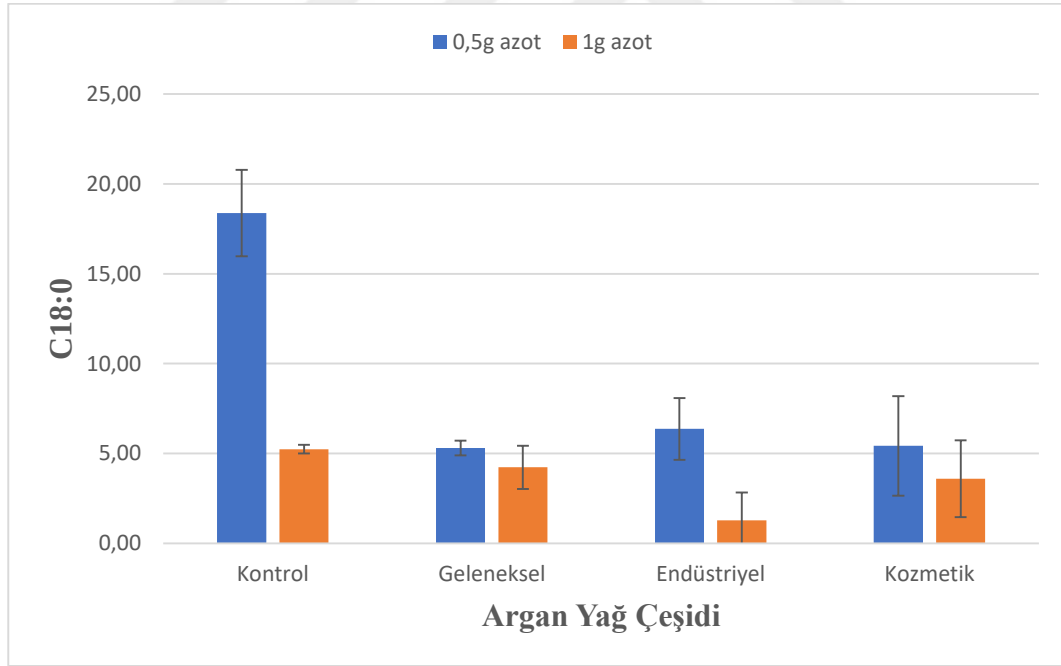
(1998) tarafından yapılan araştırmaya göre *Y. lipolytica* gelişiminde uçucu yağ oranı önemli farklılıklar göstermiş ve uçucu yağ oranı arttıkça stearik asit miktarının azaldığı bildirilmiştir.

Tablo 17. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Stearik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör				
Azot miktarı (g)	0,5		1	
	6,96 $\pm$ 4,30 ^a		3,25 $\pm$ 2,06 ^b	
Argan yağ çeşidi	kontrol	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	kozmetik
	11,80 $\pm$ 7,35 ^a	4,76 $\pm$ 1,03 ^b	3,81 $\pm$ 3,06 ^b	4,50 $\pm$ 2,58 ^b
Argan yağ oranı (%)	0 (kontrol)	0,5	1,0	2,0
	11,80 $\pm$ 7,35 ^a	4,34 $\pm$ 2,18 ^b	4,92 $\pm$ 1,80 ^b	3,81 $\pm$ 2,98 ^b

Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05)

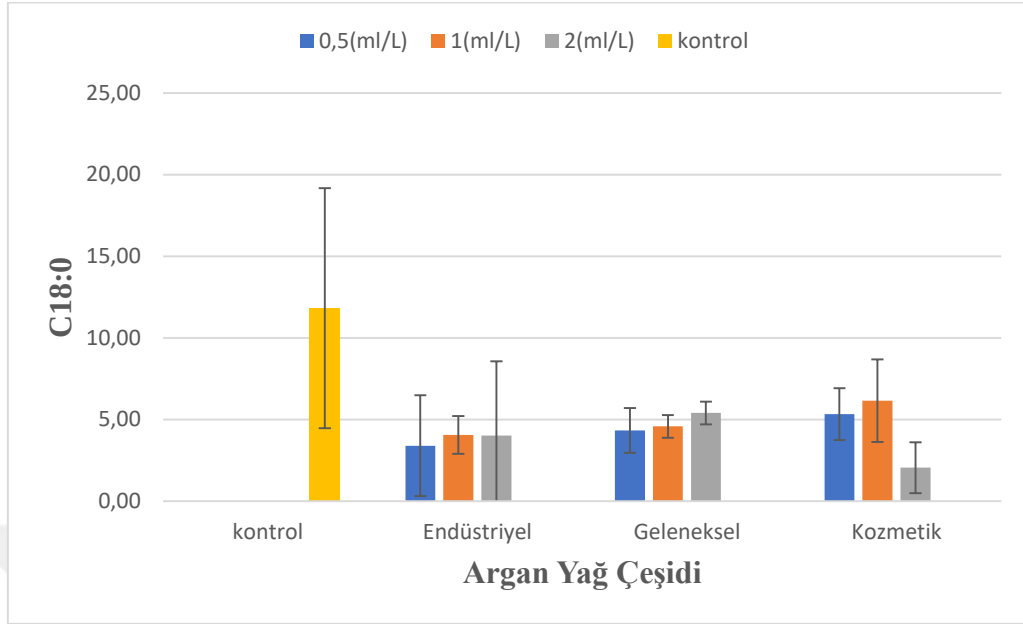
AM x AYC interaksiyonunun stearik asit miktarı (%) üzerine etkisi Şekil 13'te verilmiştir. En düşük stearik asit değeri, 1 g/L ilave azot içeren besiyeri ortamına endüstriyel yemeklik argan yağının ilave edildiği durumda belirlenmiştir.



Şekil 13. AM x AYC interaksiyonunun stearik asit miktarı (%) üzerine etkisi

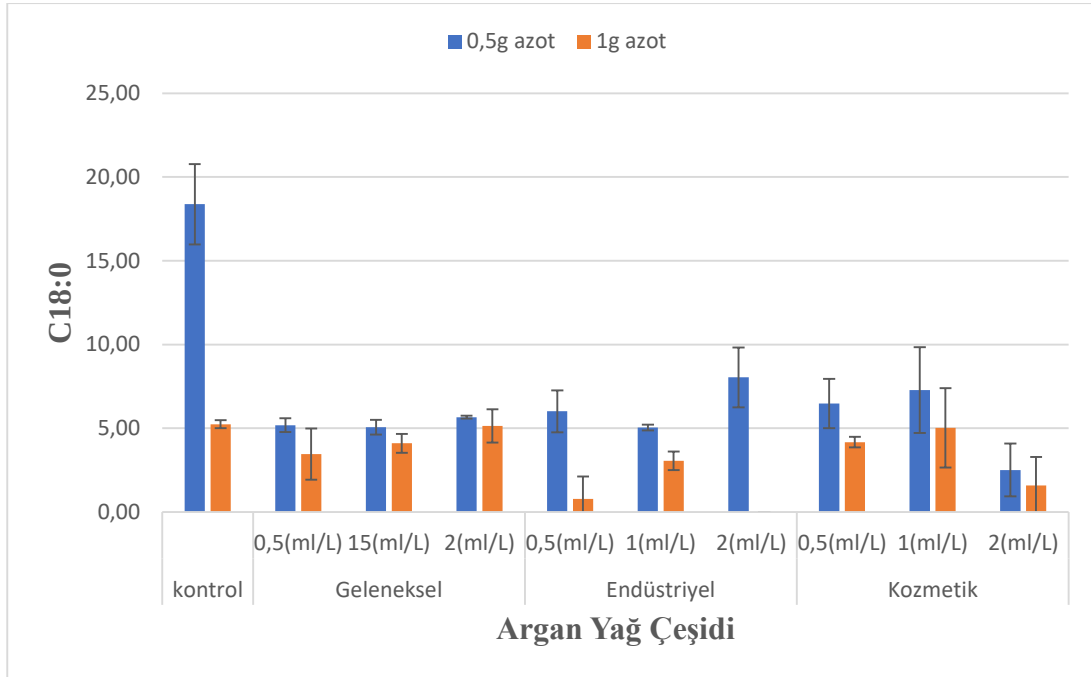
Stearik asit üretimi, kullanılan argan yağ oran ve çeşidine göre farklılık gösterebilmektedir. Şekil 14'ten de görüldüğü üzere, kozmetik argan yağı ilave edildiği durumda 1 mL/L oranı en iyi sonucu vermiştir. Stearik asit miktarının geleneksel argan yağındaki artışın oranına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın, endüstriyel yemeklik ve

kozmetik argan yağ mevcudiyetinde ilave edilen argan yağ oranı arttıkça stearik asit oranında artış belirlenmişken, 2 mL/L argan yağ oranında stearik asit oranı düşüş göstermiştir (Şekil 14).



Şekil 14. AYC x AYO interaksiyonunun stearik asit miktarı (%) üzerine etkisi

AM x AYC x AYO interaksiyonunun stearik asit miktarı üzerine etkisi Şekil 15'te gösterilmiştir. 0,5 azot eklenen besi ortamına ilave edilen argan yağ katılımı durumunda stearik asit oranının 1 g/L azot eklenen besi ortamında üretilen stearik asit oranına göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 15. AM x AYC x AYO interaksiyonunun stearik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı faktörlerinin oleik asit (%) verilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Oleik asit miktarı üzerine tüm faktörlerin ve AM x AYC ve AM x AYO interaksiyonların etkisinin istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir. AYC x AYO interaksiyonunun ise önemli seviyede ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 18. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Oleik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçlar

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Azot miktarı (AM)	1	723,733	77,941**
Argan yağ çeşidi (AYC)	2	193,448	20,833**
Argan yağ oranı (AYO)	2	76,411	8,229**
AM x AYC	2	99,185	10,682**
AM x AYO	2	107,566	11,584**
AYC x AYO	4	30,728	3,309*
AM x AYC x AYO	4	14,856	1,600
Hata	40	9,286	
Genel	60		

** $p<0,01$; * $p<0,05$ seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin oleik asit (%) verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 19’da gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama oleik asit miktarı 1 g/L ilave azot bulunan ortamda $42,73\pm 5,84$ olarak saptanmıştır.

Geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağ çeşitlerinin oleik asit miktarına etkisinin istatistiki olarak birbirinden farklılık göstermediği saptanmıştır. En düşük ortalama değer kozmetik argan yağının besiyeri ortamına ilave edildiği durumda $35,81\pm 6,94$ olarak bildirilmiştir. En yüksek ortalama değer ise kontrol besiyeri ortamında $44,85\pm 13,07$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 19). Benzer şekilde, Poli *et al.* (2014) tarafından elde edilen sonuçlara göre, *Y. lipolytica* suşlarının oleik asit miktarının %39 ve %62,2 olarak bulunduğu bildirilmiştir. Makri *et al.* (2015) ve Cheirslip ve Louhasakul (2013) tarafından belirlenen değerlerin de benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Dourou *et al.* (2016) tarafından yapılan araştırmada da *Y. lipolytica* suşlarının gelişme ortamında üretilen yağda oleik asit miktarının 45.1 ± 2.1 ve 60.1 ± 2.5 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Diğer yandan, Papanikolaou *et al.* (2003) tarafından yapılan araştırma üretilen lipidlerin oleik asit miktarının %7-20 arasında değiştiği rapor edilmiştir.

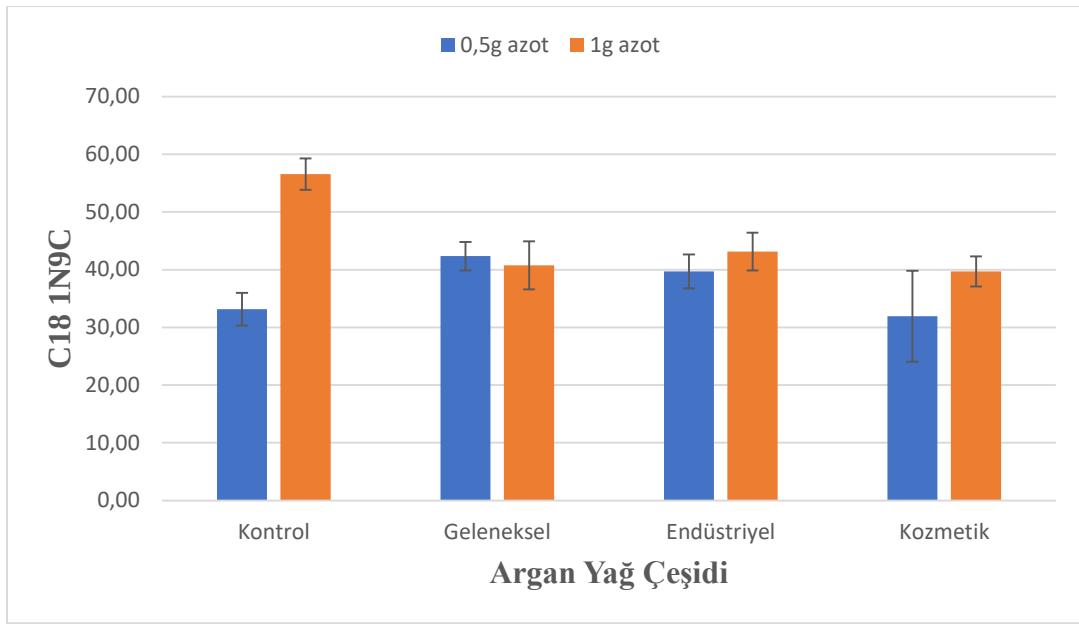
Geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağının 0,5 ve 1 mL/L oranlarının oleik asit miktarı üzerine etkisinin istatistiki olarak birbirinden farklılık göstermediği ve en düşük değerlerin sırayla %38,17±6,65 ve %38,65±4,81 olduğu belirlenmiştir. En yüksek ortalama değer kontrol besiyeri ortamında %44,85±13,07 olarak tespit edilmiştir. Sarris *et al.* (2019)'un gliserol ve zeytin karasuyu ortamında geliştirilen *Y. lipolytica* suşunun ürettiği yağın oleik asit miktarının arttığı rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Papanikolaou *et al.* (2008b) tarafından yapılan araştırmada da oleik asit miktarının %40,1 ile %64,9 arasında değiştiği ve gliserol oranı arttıkça oleik asit miktarının da arttığı bildirilmiştir. Diğer yandan, Aggelis *et al.* (1998) tarafından yapılan araştırmaya göre *Y. lipolytica* gelişiminde uçucu yağ oranı arttıkça oleik asit miktarında düşüş olduğu ve ayrıca en yüksek değer kontrol grubunda %34.89±4.15 saptandığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, Papanikolaou *et al.* (2008a) tarafından yapılan araştırmada *Y. lipolytica*'nın gelişme ortamında uçucu yağın oranları arttıkça oleik asit miktarının azaldığı bildirilmiştir.

Tablo 19 Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Oleik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama ± standart sapma)

Faktör				
Azot miktarı (g)	0,5		1	
	37,51±6,48 ^b		42,73±5,84 ^a	
Argan yağ çeşidi	Kontrol	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	Kozmetik
	44,85±13,07 ^a	41,55±3,42 ^b	41,43±3,49 ^b	35,81±6,94 ^c
Argan yağ oranı (%)	0 (kontrol)	0,5	1,0	2,0
	44,85±13,07 ^a	38,17±6,65 ^c	38,65±4,81 ^c	41,96±4,29 ^b

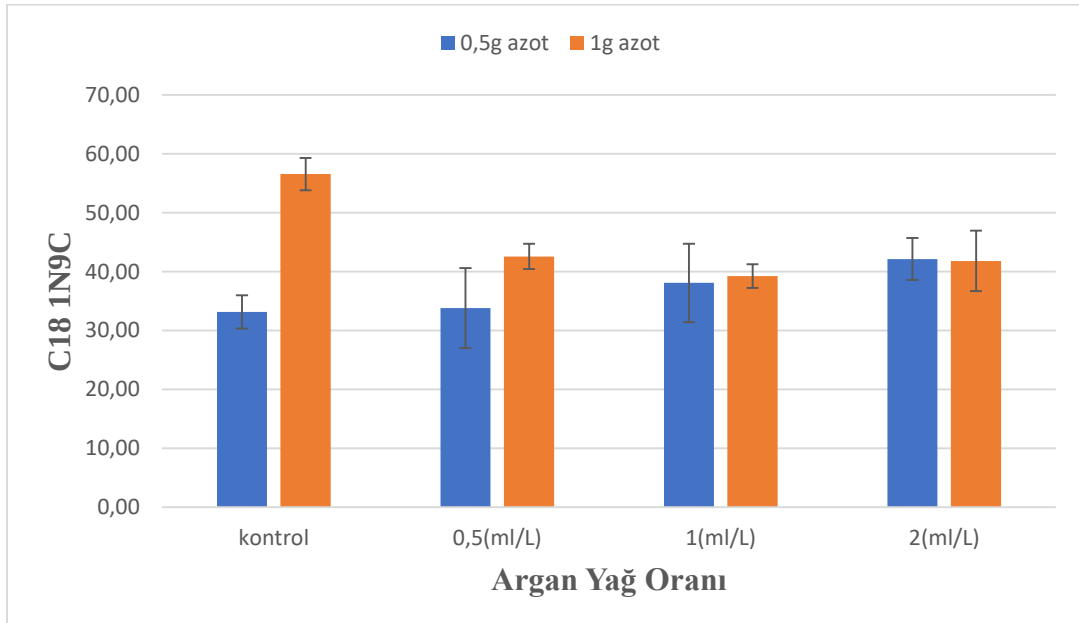
Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05)

Oleik asit miktarı üzerinde çok önemli etkisi saptanan AM x AYC interaksyonu Şekil 16'da görülmektedir. Buna göre, 1 g/L azot ortamında oleik asitin en yüksek ortalama değeri kontrol grubunda tespit edilmiştir. Tüm argan yağları 1 g/L azot eklenen besi ortamında nispeten benzer değerler göstermişken, 0,5 azot eklenen ortamda kozmetik argan yağ katılımının diğer argan yağ katılımına göre az da olsa oleik asit miktarında düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 16).



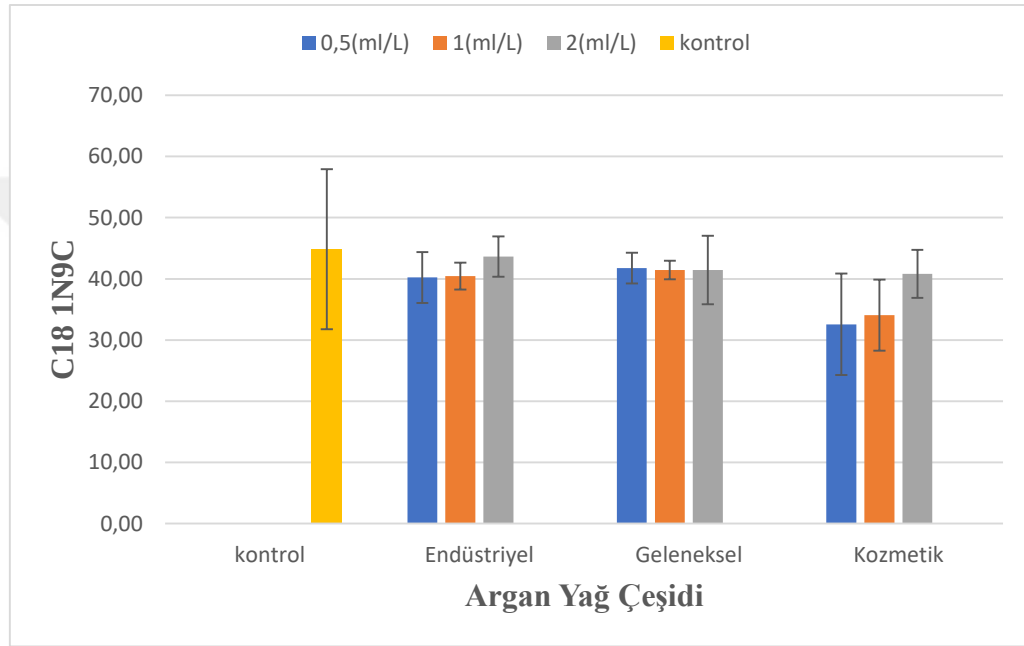
Şekil 16 AM x AYC interaksiyonunun oleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

0,5 azot eklenen besi ortamında oleik asitin en yüksek ortalama değeri kozmetik argan yağının 2 mL/L oranında ilave edilmesiyle tespit edilmiştir. 1 g/L azot kaynağı ilave edilen besi ortamında en yüksek ortalama oleik asit değeri kontrol grubunda saptanmıştır. Bununla birlikte 0,5 azot eklenen besi ortamında argan yağ oranı arttıkça oleik asit değerinde artış belirlenmişken, 1 g/L azot eklenen besi ortamında argan yağ oranı arttıkça oleik asit değerinde azalma gözlemlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. AM x AYO interaksiyonunun oleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Oleik asit miktarı üzerinde önemli etkisi saptanan AYC x AYO interaksyonu Şekil 18’de görülmektedir. Buna göre, oleik asit miktarının en yüksek ortalama değeri kontrol ve endüstriyel yemeklik argan yağının 2 mL/L oranında eklenmesiyle belirlenmiştir. Kozmetik argan yağının oranı arttıkça oleik asit değerinde artış olmuştur. Geleneksel yemeklik argan yağının farklı oranlarında oleik asit değerinin sabit kaldığı belirlenmiş ve endüstriyel yemeklik argan yağ 0,5 ve 1 mL/L oranında benzer değerler göstermişken, 2 mL/L oranında artış gözlemlenmiştir.



Şekil 18. AYC x AYO interaksyonunun oleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı faktörlerinin linoleik asit (%) verilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 20’de verilmiştir. Argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı faktörleri ile AM x AYC, AM x AYO ve AYC x AYO interaksyonlarının etkisi istatistiki olarak çok önemli iken ($p < 0,01$), AM x AYC x AYO interaksyonunun etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Azot miktarı, argan yağ çeşidi ve argan yağ oranı değişkenlerinin linoleik asit (%) verilerine verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Besiyeri ortamının azot miktarı etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu rapor edilmiştir.

Argan yağ çeşitleri arasında da farklılıklar gözlenmiş ve en yüksek ortalama linoleik asit miktarı kozmetik argan yağında $37,53 \pm 4,50$ olarak belirlenmişken, en düşük ortalama ise kontrol grubunda $10,91 \pm 1,66$ olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağına ait ortalamalar argan yağı çeşidi açısından istatistiki olarak

birbirinden farksız bulunmuştur. Diğer yandan, Dobrowolski *et al.* (2016) tarafından yapılan araştırmaya göre gliserol ortamında yetiştirilen *Y. lipolytica*'nın linoleik asit miktarlarının 10.84 ± 1.05 ve 20.06 ± 0.31 arasında değiştiği bildirilmektedir. Benzer şekilde, Dourou *et al.* (2016) tarafından yapılan araştırmada da *Y. lipolytica* suşlarının gelişme ortamında üretilen yağda linoleik asit miktarının 3.9 ± 0.6 ile 21.1 ± 0.2 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Argan yağ oranının linoleik asit (%) miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, argan yağının besiyeri ortamına 0,5 ve 1 mL/L oranında katılımı ile belirlenen linoleik asit (%) değerlerinin istatistiki olarak birbirinden farklılık göstermediği belirlenmiştir. En yüksek ortalama değer kozmetik argan yağının 2 mL/L olarak katılımı ile $37,06 \pm 4,08$ olarak belirlenmiştir. En düşük ortalama değer ise kontrol besiyeri ortamında $10,91 \pm 1,66$ olarak saptanmıştır (Tablo 21). Bu durumun, argan yağının yağ asidi profilindeki linoleik asit miktarının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, Papanikolaou *et al.* (2008a) tarafından yapılan araştırmada *Y. lipolytica* suşunun gelişme ortamındaki uçucu yağ oranları arttıkça linoleik asit miktarının da arttığı bildirilmiştir. Buna karşılık olarak, Aggelis *et al.* (1998) tarafından yapılan araştırmaya göre *Y. lipolytica* suşunun bulunduğu kültür ortamındaki uçucu yağ oranı arttıkça linoleik asit miktarında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Gao *et al.* (2017) tarafından yapılan araştırmada da atık üzerinde *Y. lipolytica* ortamda linoleik asit miktarının azaldığı bildirilmiştir.

Tablo 20. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Linoleik Asit (%) Verilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Azot miktarı (AM)	1	3,633	0,477
Argan yağ çeşidi (AYC)	2	86,779	11,393**
Argan yağ oranı (AYO)	2	56,616	7,433**
AM x AYC	2	42,539	5,585**
AM x AYO	2	45,601	5,987**
AYC x AYO	4	34,237	4,495**
AM x AYC x AYO	4	28,310	3,717*
Hata	40	7,617	
Genel	60	3,633	

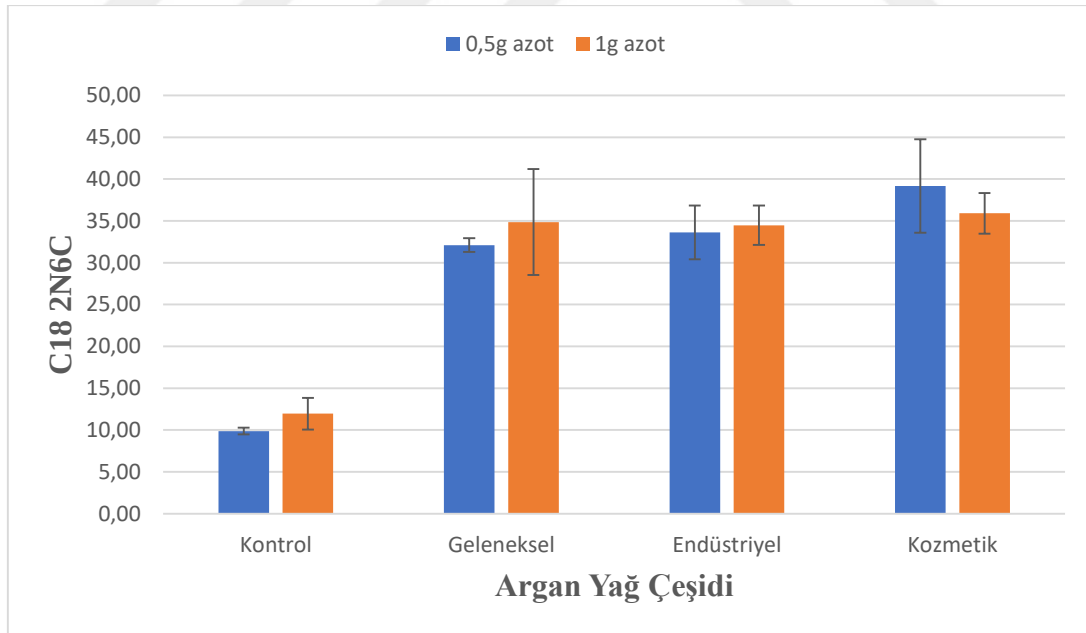
** p<0,01; * p<0,05 seviyesinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Tablo 21. Azot Miktarı, Argan Yağ Çeşidi ve Argan Yağ Oranı Değişkenlerinin Linoleik Asit (%) Verilerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma)

Faktör				
Azot miktarı	0,5		1	
(g)	32,45 $\pm$ 8,88 ^a		32,76 $\pm$ 8,04 ^a	
Argan yağ çeşidi	Kontrol	Geleneksel yemeklik	Endüstriyel yemeklik	Kozmetik
	10,91 $\pm$ 1,66 ^c	33,48 $\pm$ 4,60 ^b	34,04 $\pm$ 2,77 ^b	37,53 $\pm$ 4,50 ^a
Argan yağ oranı (%)	0 (kontrol)	0,5	1,0	2,0
	10,91 $\pm$ 1,66 ^c	33,87 $\pm$ 5,47 ^b	34,12 $\pm$ 2,49 ^b	37,06 $\pm$ 4,08 ^a

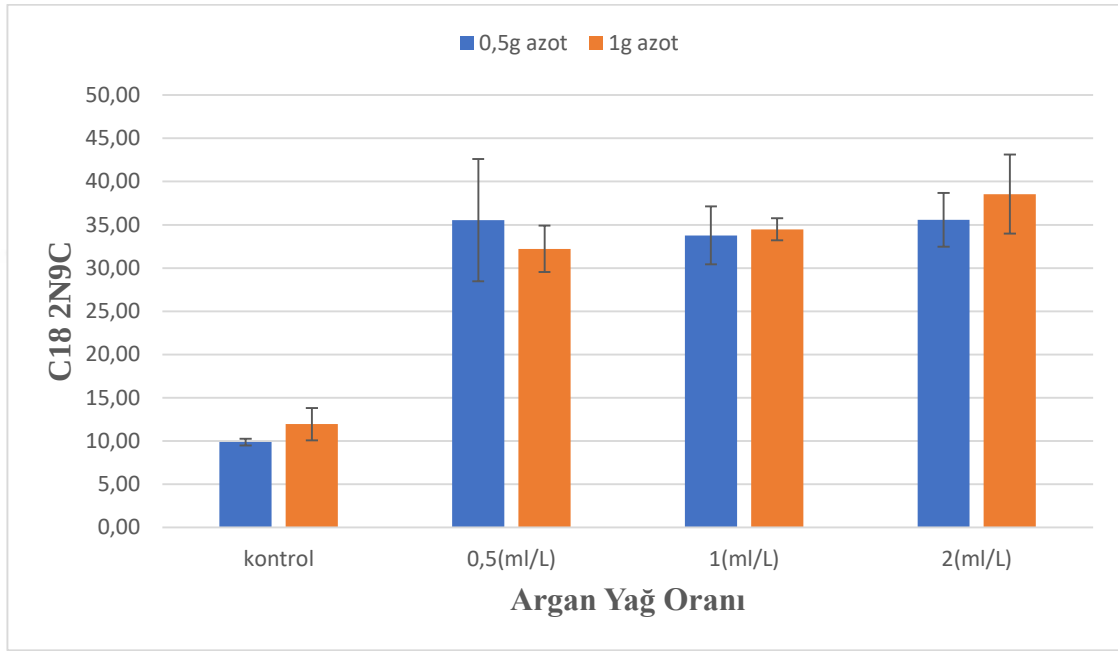
Aynı satırda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05)

Linoleik asit (%) miktarı üzerinde çok önemli etkisi saptanan farklı AM x AYC interaksyonu Şekil 19'da görülmektedir. Buna göre, linoleik asitin en yüksek ortalama değerinin kozmetik argan yağı kullanılan ve 0,5 azot içeren ortamda olduğu belirlenirken, en düşük ortalama değerin 0,5 azot ilave edilen kontrol grubunda tespit edilmiştir. Bununla birlikte, her iki besiyerinin (0,5 ve 1 g/L azot) olduğu ortamda geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağ katılımı ile 0,5 azot içeren ortama eklenen kozmetik argan yağına ait değerlerin nispeten birbirine yakın bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 19).



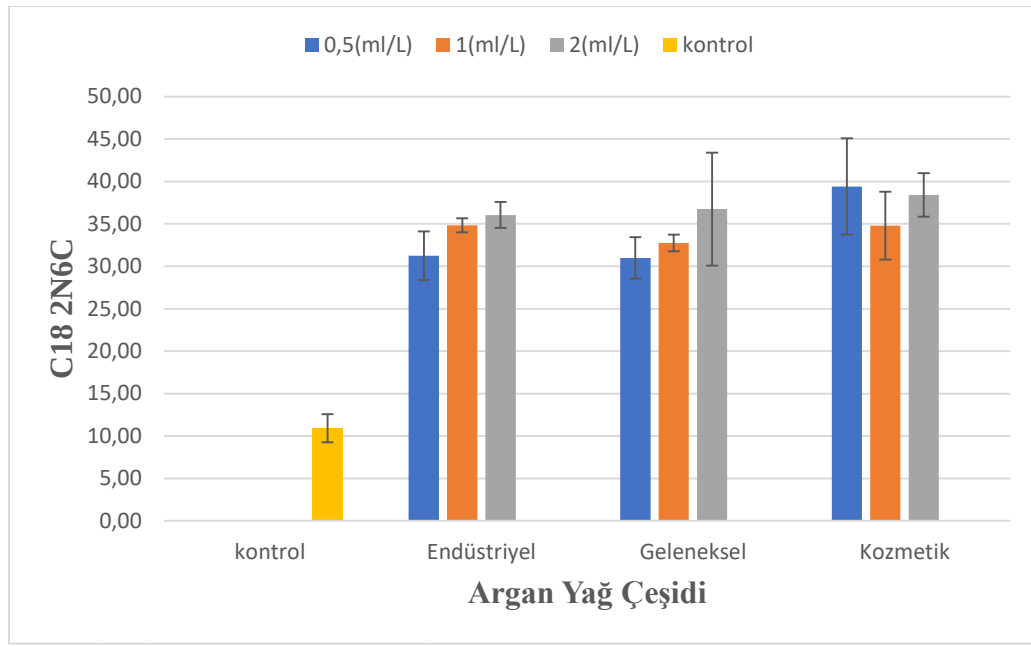
Şekil 19. AM x AYC interaksyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

AM x AYO interaksyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi Şekil 20’de verilmiştir. Linoleik asit miktarının en yüksek ortalama değeri 1 g/L azot bulunan ortamda 2 mL/L oranında katıldığı durumda belirlenmiştir. 1 g/L azot bulunan ortama ilave edilen argan yağının oranı arttıkça linoleik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. 0,5 azot içeren besiyeri ortamına ilave edilen argan yağlarının linoleik asit değerlerinin ise nispeten birbirine yakın olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, en düşük ortalama linoleik asit değerlerinin kontrol grubunda bulunduğu gözlemlenmiştir.



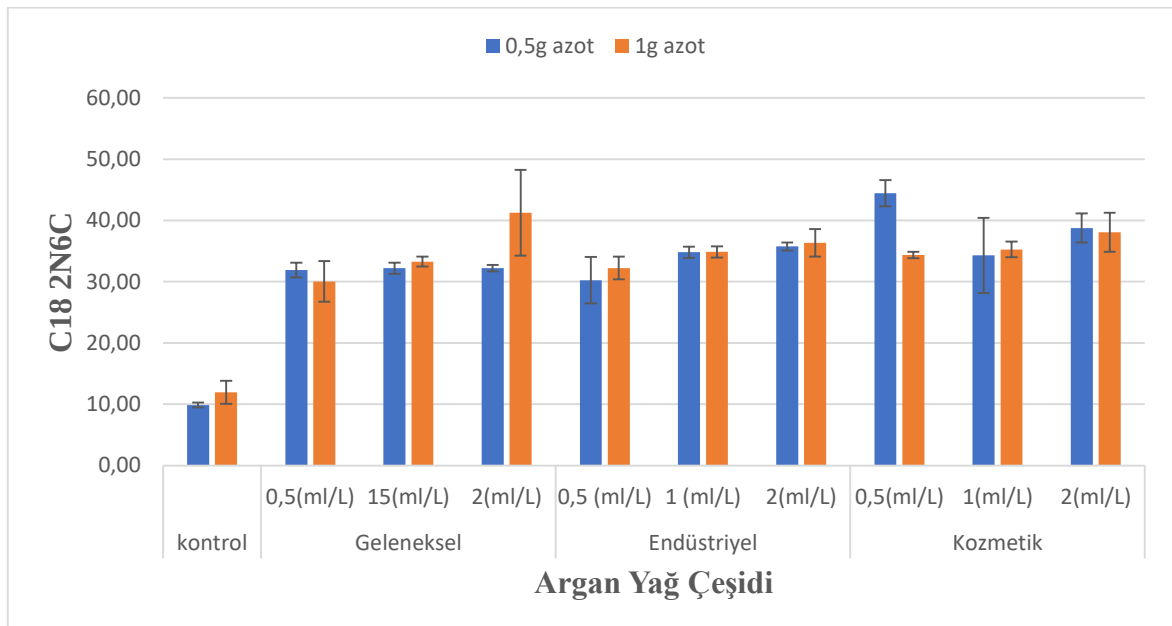
Şekil 20. AM x AYO interaksyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Linoleik asit miktarı üzerinde çok önemli etkisi saptanan AYC x AYO interaksyonu Şekil 21’de görülmektedir. Buna göre, endüstriyel ve geleneksel yemeklik argan yağ oranı arttıkça linoleik asit miktarının arttığı görülmektedir. Kozmetik argan yağ oranı arttığında ise linoleik asit miktarında azalma sonra artma olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama linoleik asit değeri ortamda kozmetik argan yağının 0,5 mL/L olduğu oranda saptanmıştır. Linoleik asit (%) miktarı üzerinde belirlenen en düşük değerlerin ise kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 21)



Şekil 21. AYC x AYO interaksiyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

Linoleik asit miktarı (%) üzerinde önemli etkisi saptanan AM x AYC x AYO interaksiyonu Şekil 22’de görülmektedir. Buna göre, 0,5 azot ortamında en yüksek ortalama linoleik asit değeri kozmetik argan yağının 0,5 mL/L oranında eklenmesiyle tespit edilmiştir. 1 g/L/L azot bulunan ortamda en yüksek ortalama linoleik asit değeri geleneksel yemeklik argan yağının 2 mL/L oranında ilave edilmesiyle saptanmıştır. Bununla birlikte, kontrol grubunun en düşük ortalama linoleik asit değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağı oranı artışı ile birlikte her iki besiyerin ortamında linoleik asit miktarında az da olsa bir artışın olduğu belirlenmişken, kozmetik argan yağın oranı 0,5 azot bulunan besi ortamında önce bir düşüş sonra artış gözlemlenmiştir.



Şekil 22. AM x AYC x AYO interaksiyonunun linoleik asit miktarı (%) üzerine etkisi

SONUÇ

Çalışmada *Yarrowia lipolytica* YB423 suşunun lipid üretim kapasitesi, oluşan biyokütle miktarı ve yağ asidi kompozisyonu üzerine farklı ilave azot oranı ve farklı oranlarda kozmetik, geleneksel ve endüstriyel yemeklik argan yağı ilavelerinin etkileri incelenmiştir. Çalışmanın birinci basamağında, farklı argan yağ çeşitlerinin yağ asidi profili araştırılmıştır. Oleik asit açısından en yüksek değer geleneksel yemeklik argan yağı varlığında tespit edilmiştir. Linoleik asit için en yüksek değer endüstriyel yemeklik argan yağ ve kozmetik argan yağ mevcudiyetinde belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci basamağında, *Y. lipolytica* YB 423, azotun ayrı ayrı 0,5 ve 1 g/L olduğu ortamlarda ve argan yağ çeşitlerinin 0,5, 1 ve 2 mL/L olmak üzere olan üç farklı oranda ilavesi ile oluşturulan kültür ortamlarında incelenmiştir. Besiyerleri arasında biyokütle değeri açısından en yüksek ortalama değer 1 g/L azot ortamında $6,78 \pm 1,48$ g/L olarak belirlenmiştir. Argan yağ çeşitleri arasında ise en yüksek ortalama biyokütle değeri endüstriyel yemeklik argan yağın ilave edilmesi durumunda, en düşük ortalama değer ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Argan yağ oranı açısından en yüksek ortalama biyokütle değeri 2 mL/L argan yağ katılımı ile belirlenmiş ve argan yağ oranı arttıkça biyokütle değeri de artmıştır. Ancak, incelenen faktörler arasında AM x AYC x AYO interaksiyonlarının önemli seviyede ($p < 0,05$) etkili olduğu belirlenirken, AM x AYC, AM x AYO ve AYC x AYO interaksiyonlarının çok önemli seviyede ($p < 0,01$) etkili olduğu tespit edilmiştir.

En yüksek ortalama lipid üretim değeri 0,5 azot içeren besiyerinde $5,23 \pm 1,16$ g/L olarak belirlenmiştir. Argan yağ çeşitlerinin arasında en yüksek ortalama lipid üretim değeri $4,18 \pm 1,91$ g/L olarak endüstriyel yemeklik argan yağının kullanılması durumunda saptanmıştır. Argan yağ oranları arttıkça ortalama lipid üretim değerinin de arttığı gözlemlenmiştir.

Yağ asidi profili incelendiğinde, palmitik asit açısından azot miktarı, argan yağ çeşiti ve oranlarının çok önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Palmitoleik asit (%) ise sadece argan yağ oranından çok önemli seviyede etkilenmiştir. Bununla birlikte, argan yağ oranı arttıkça palmitoleik asitin oranı azalmış ve en yüksek palmitoleik asit değeri 0,5 azot içeren ortamda 0,5 mL/L oranında endüstriyel yemeklik argan yağ ilavesi durumunda belirlenmiştir. Stearik asit (%) değeri üzerinde ise argan yağ çeşitleri ve oranlarının önemli bir etkisi olmamıştır.

Ortalama oleik asit (%) değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek ortalama değer 1 g/L azot bulunan ortamda % $42,73 \pm 5,84$, en düşük değer ise 0,5 azot bulunan ortamında % $37,51 \pm 6,48$ olarak belirlenmiştir. Oleik asit (%) miktarına argan yağ çeşidinin etkisi incelendiğinde, en yüksek ortalama değer kontrol grubunda % $44,85 \pm 13,07$ olarak belirlenmiştir. En düşük ortalama değer kozmetik argan yağının besiyeri ortamına katılımı ile % $35,81 \pm 6,94$ olarak elde edilmiştir. Argan yağ oranının oleik asit (%) miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, en düşük ortalama değer argan yağının 0,5 mL/L olarak katıldığı durumda % $38,17 \pm 6,65$ olarak ve 1 mL/L katılımı ile $38,65 \pm 4,81$ olarak belirlenmiştir. En yüksek değer ise kontrol grubunda % $44,85 \pm 13,07$ olarak tespit edilmiştir.

Y. lipolytica YB 423 suşuna ait ortalama linoleik asit (%) değerlerinde argan yağ çeşidi ve oranlarının çok önemli etkisinin olduğu ve bu durumun azot oranından etkilenmediği saptanmıştır. Argan yağ eşitleri açısından en yüksek ortalama değeri kozmetik argan yağ varlığında % $37,53 \pm 4,50$ olarak belirlenmiştir. En düşük ortalama değer ise % $10,91 \pm 1,66$ olarak kontrol grubunda tespit edilmiştir. Argan yağ oranları açısından ise en yüksek linoleik asit değeri 2 mL/L oranında ilave edilmesi ile rapor edilmiştir. Ayrıca, argan yağ oranı arttıkça linoleik asit (%) miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, en iyi sonuç 0,5 azot oranında 0,5 mL/L kozmetik argan yağ ilave edildiği durumda belirlenmiştir.

Sonuç olarak, *Y. lipolytica* YB 423 suşunun 0,5 ve 1 g/L azot içeren besiyeri ortamında endüstriyel yemeklik argan yağı bulunduğunda en yüksek biyokütle ve lipid üretim miktarı verdiği gözlemlenmiştir. Argan yağının besiyeri ortamına ilavesinin linoleik asit miktarında artışa, palmitik, stearik ve oleik asit miktarında ise azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abghari, A. and Chen, S., 2014. *Yarrowia lipolytica* as an oleaginous cell factory platform for production of fatty acid-based biofuel and bioproducts. *Frontiers in Energy Research*, 21(2), 1-21.
- Adlouni, A., 2010. L'huile d'argan, de la nutrition à la santé. *Argan oil: from nutrition to health*, 8 (3), 89-97.
- Aggelis, G., Athanassopoulos, N., Paliogianni, A., Komaitis, M., 1998. Effect of a *Teucrium polium* L. extract on the growth and fatty acid composition of *Saccharomyces cerevisiae* and *Yarrowia lipolytica*. *Antonie van Leeuwenhoek*, 73, 195-198.
- Amaretti, A., Raimondi, S., Sala, M., Roncaglia, L., De Lucia, M., Leonardi, A., Rossi, M., 2010. Single cell oils of the cold-adapted oleaginous yeast *Rhodotorula glacialis* DBVPG 4785. *Microbial Cell Factories*, 9 (1), 73-78.
- Arous, F., Azabou, S., Triantaphyllidou, I.E., Aggelis, G., Jaouani, A., Nasri, M., Mechichi, T. 2017. Newly isolated yeasts from tunisian microhabitats: Lipid accumulation and fatty acid composition. *Engineering in Life Sciences*, 17 (3), 226-236.
- Arslan, N. P. and Canlı Taşar, Ö., 2021. Lipid Production AM *Yarrowia lipolytica* B9 using crude glycerol as carbon source. *Commagene Journal of Biology*, 5 (2), 126-130.
- Bankar, A. V., Kumar, A. R., Zinjarde, S. S., 2009. Environmental and industrial applications of *Yarrowia lipolytica*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84 (5), 847.
- Barth, G. and Gaillardin, C., 1997. Physiology and genetics of the dimorphic fungus *Yarrowia lipolytica*. *FEMS Microbiology Reviews*, 19 (4), 219-237.
- Bellou, S., Makri, A., Sarris, D., Michos, K., Rentoumi, P., Celik, A., Papanikolaou, S., Aggelis, G., 2014. The olive mill wastewater as substrate for single cell oil production AM *Zygomycetes*. *Journal of Biotechnology*, 170, 50-59.
- Beopoulos, A., Chardot, T., Nicaud, J. M., 2009. *Yarrowia lipolytica*: A model and a tool to understand the mechanisms implicated in lipid accumulation. *Biochimie*, 91 (6), 692-696.
- Beopoulos, A., Nicaud, J. M., Gaillardin, C., 2011. An overview of lipid metabolism in yeast and its impact on biotechnological processes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 90 (4), 1193-1206.
- Berrougui H., Cloutier M., Isabelle M., Khalil A., 2005. Phenolic-extract from argan oil (*Argania spinosa* L.) inhibits human low-density lipoprotein (LDL) oxidation and enhances cholesterol efflux from human THP-1 macrophages. *Atherosclerosis*, 184 (2), 389-96.
- Bharathiraja, B., Sridharan, S., Sowmya, V., Yuvaraj, D. & Praveenkumar, R., 2017. Microbial oil-A plausible alternate resource for food and fuel application. *Bioresource Technology*, 233, 423-432.
- Cabrera-Vique C., Marfil R., Giménez R., Martínez-Augustin O., 2012. Bioactive compounds and nutritional significance of virgin argan oil-an edible oil with potential as a functional food. *Nutrition Reviews*, 70 (5), 266-279.
- Canonico, L., Ashoor, S., Taccari, M., Comitini, F., Antonucci, M., Truzzi, C., Scarponi, G., Ciani, M., 2016. Conversion of raw glycerol to microbial lipids AM new *Metschnikowia*

- and *Yarrowia lipolytica* strains. *Annals of Microbiology*, 66 (4), 1409-1418.
- Caporusso, A., Capece, A., De Bari I., 2021. Oleaginous Yeasts as Cell Factories for the Sustainable Production of Microbial Lipids AM the Valorization of Agri-Food Wastes. *MDPI*, 7(2),50.
- Carsanba, E., Papanikolaou, S. and Erten, H., 2018. Production of oils and fats AM oleaginous microorganisms with an emphasis given to the potential of the nonconventional yeast *Yarrowia lipolytica*. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38 (8), 1230-1243.
- Carsanba, E., Papanikolaou, S. and Erten, H., 2020. Lipids by *Yarrowia lipolytica* strains cultivated on glucose in batch cultures. *Microorganisms*, 8 (7), 1054.
- Charrouf Z. and Guillaume D., 2014. Argan oil, the 35-years-of-research product. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116 (10), 1316-1321.
- Charrouf, Z. and Guillaume, D. 2008. Argan oil, functional food, and the sustainable development of the argan forest. *Natural Product Communications* 3 (2), 283-288.
- Charrouf, Z., Guillaume, D., Driouich, A. 2002a. L'arganier, un atout pour le Maroc (The argan tree, an asset for Morocco). *Biofuture*. 220, 54-57.
- Charrouf, Z., Guillaume, D., Driouich, A. 2002b. The argan tree, an asset for Morocco. *Biofutur*, 220, 54-57.
- Chatzifragkou, A., Petrou, I., Gardeli, C., Komaitis, M. and Papanikolaou, S., 2011. Effect of *Origanum vulgare* L. essential oil on growth and lipid profile of *Yarrowia lipolytica* cultivated on glycerol based media. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 88 (4), 1955-1964.
- Cheirsilp, B. and Louhasakul, Y., 2013. Industrial wastes as a promising renewable source for production of microbial lipid and direct transesterification of the lipid into biodiesel. *Bioresource Technology*, 142, 329-337.
- Christophe, G., Kumar, V., Nouaille, R., Gaudet, G., Fontanille, P., Pandey, A., Soccol, C. R., Larroche, C., 2012. Recent developments in microbial oils production: A possible alternative to vegetable oils for biodiesel without competition with human food? *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55 (1), 29-46.
- Coelho, M. a. Z., Amaral, P. F. F., Belo, I., 2010. *Yarrowia lipolytica*: an industrial workhorse. (M.-V.A). *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, Formatex Research Center, University of Minho, 930-944.
- Cohen, Z., Ratledge, C., 2005. *Single Cell Oils*, American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA.
- Colla, L. M., Rizzardi, J., Pinto, M. H., Reinehr, C. O., Bertolin, T. E., Vieira- Costa, J. A., 2010. Simultaneous production of lipases and biosurfactants AM submerged and solid-state bioprocesses. *Bioresource Technology*, 101, 8308-14.
- Darvishi, F, Nahvi I, Zarkesh-Esfahani H, Momenbeik F., 2009. Effect of plant oils upon lipase and citric acid production in *Yarrowia lipolytica* yeast. *Journal Biomed Biotechnol* (2009), 1-7.
- Daskalaki, A., Vasiliadou I. A., Bellou, S., Tomaszewska-Hetman, L., Chatzikotoula, C., Kompoti, B., Papanikolaou S., Vayenas, D., Pavlou, S., Aggelis, G., 2018. Data on cellular lipids of *Yarrowia lipolytica* grown on fatty substrates. *Data in Brief*, 21, 1037-1044.
- Derouiche, A., Cherki, M., Drissi, A., Bamou, y., El Messal, M., Idrissi-Oudghiri, A., Lecerf,

- J. M. and Adlouni, A., 2005. Nutritional intervention study with argan oil in man: Effects on lipids and apolipoproteins. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 49 (3),196-201.
- Dhifi, W., Da Graça Costa Miguel, M., Mnif, W., 2018. Argan oil: Extraction, categories, chemical composition and health benefits. Nova Science Publishers, Ariana, Tunisia, 175-188.
- Dobrowolski, A., Mituła, P., Rymowicz, W. and Mirończuk, A. M., 2016. Efficient conversion of crude glycerol from various industrial wastes into single cell oil AM yeast *Yarrowia lipolytica*. *Bioresource Technology*, 207, 237-243.
- Coleman, R. A. & Lee, D. P., 2004. Enzymes of triacylglycerol synthesis and their regulation. *Progress in Lipid Research*, 43 (2), 134-176.
- Donot, F., Fontana, A., Baccou, J. C., Strub, C., Schorr-Galindo, S., 2014. Single cell oils (SCOs) from oleaginous yeasts and moulds: Production and genetics. *Biomass and Bioenergy*, 68, 135-150.
- Dourou, M., Kancelista, A., Juszczuk, P., Sarris, D., Bellou, S., Triantaphyllidou, I. E., Rywińska, A., Papanikolaou, S., Aggelis, G., 2016. Bioconversion of olive mill wastewater into high-added value products. *Journal of Cleaner Production*, 139, 957-969.
- Drissi A., Girona J., Cherki M., Godas G., Derouiche A., Emessal M., Saile R., Kettani A., Sola R. Masanal. M., Adlouni A., 2004. Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). *Clinical Nutrition Journal*, 23,1159-1166.
- El abbassi A., Khalid N., Zbakh H., Ahmad A., 2014. Physicochemical characteristics, nutritional properties, and Health benefits of argan oil: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54 (11), 1401-1414.
- El Monfalouti, H., Guillaume, D., Denhez, C., Charrouf, Z., 2010. Therapeutic potential of argan oil: A review. *Journal Pharm Pharmacol*, 62 (12), 1669-1675.
- El Orche A., Elhamdaoui O., Cheikh A., Zoukeni B., El Karbane M., Mbarki M., Bouatia M., 2021. Comparative study of three fingerprint analytical approaches based on spectroscopic sensors and chemometrics for the detection and quantification of argan oil adulteration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102 (1), 95-104.
- El-Fadaly, H. A., El-Naggar, N. E. Marwan, E. M., 2009. Single cell oil production by an oleaginous yeast strain in a low cost cultivation medium. *Research Journal of Microbiology*, 4, 301-313.
- Enshaeieh, M., Nahvi, I., Madani, M., 2014. Improving microbial oil production with standard and native oleaginous yeasts AM using Taguchi design. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11 (3), 597-604.
- Fellat-Zarrouk, K., Smoughen, S., Maurin, R., 1987. Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. *Matiere grasse et latex. Actes. Institut Agronomique Ve'terinaire Rabat*. 7,17-22.
- Fontanille, P., Kumar, V., Christophe, G., Nouaille, R., Larroche, C., 2012. Bioconversion of volatile fatty acids into lipids AM the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica*. *Bioresource Technology*, 114, 443-449.
- Gao, R., Li, Z., Zhou, X., Cheng, S., Zheng, L., 2017. Oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* culture with synthetic and food waste-derived volatile fatty acids for lipid production. *Biotechnology for Biofuels*, 10 (1), 247.

- Guillaume, D. and Charrouf, Z., 2011a. Argan oil. *Alternative Medecine Review* 16 (3), 275-279
- Guillaume, D. and Charrouf, Z., 2011b. Argan oil and other argan products: Use in dermocosmetology. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113 (4), 403-408.
- Harhar, H., GharAM, S., Ghanmi, M. and El Monfalouti, H., 2010. Composition of the essential oil of *Argania spinosa* (Sapotaceae) fruit pulp. *Natural Product Communications*, 5 (6), 935-936.
- Hilali, M., Charrouf, Z., El Aziz Soulhi, A., Hachimi, L., and D. Guillaume, D., 2005. Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53 (6), 2081-2087.
- Kamzolova, S. V., Morgunov, I. G., Aurich, A., Perevoznikova, O. A., Shishkanova, N. V., Stottmeister, U. & Finogenova, T. V., 2005. Lipase secretion and citric acid production in *Yarrowia lipolytica* yeast grown on animal and vegetable fat. *Food Technology and Biotechnology*, 43(2), 113-122.
- Kharbach M., Yu H., Kamal R., Barra I., Marmouzi I., Cherrah Y., Alaoui K., Bouklouze A., Vander Heyden Y., 2021. New insights into the Argan oil categories characterization: Chemical descriptors, FTIR fingerprints, and chemometric approaches. *Talanta*, 225, 122073
- Kouidri, M., Saadi, AH., Noui, A., Medjahed, F., 2015. The chemical composition of argan oil. *International journal of advanced studies in Computer Science and Engineering IJASCSE*, 4 (1), 24-28.
- Ledesma-Amaro, R. and Nicaud, J. M., 2016. *Yarrowia lipolytica* as a biotechnological chassis to produce usual and unusual fatty acids. *Progress in Lipid Research*, 61, 40-50
- Lopes, M., Gomes, A. S., Silva, C. M. and Belo, I., 2018. Microbial lipids and added value metabolites production AM *Yarrowia lipolytica* from pork lard. *Journal of Biotechnology*, 265, 76-85.
- Makri, A., Fakas, S. and Aggelis, G., 2010. Metabolic activities of biotechnological interest in *Yarrowia lipolytica* grown on glycerol in repeated batch cultures. *Bioresource Technology*, 101 (7), 2351-2358.
- Metcalf, L.D. and Schmitz, A.A. 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Analytical Chemistry*, 33, 363-364.
- Najjar, A., Robert, S., Guérin, C., Violet-Asther, M. and Carrière, F., 2011. Quantitative study of lipase secretion, extracellular lipolysis, and lipid storage in the yeast *Yarrowia lipolytica* grown in the presence of olive oil: analogies with lipolysis in humans. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89 (6), 1947-1962.
- Ng, T. K., Yu, A. Q., Ling H., Juwono, N. K. P., Choi, W. J., Leong, S. S. J. , Chang, M. W., 2019. Engineering *Yarrowia lipolytica* towards food waste bioremediation: Production of fatty acid ethyl esters from vegetable cooking oil. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 129 (1), 31-40.
- Papanikolaou, S. and Aggelis, G., 2002a. Lipid production AM *Yarrowia lipolytica* growing on industrial glycerol in a single-stage continuous culture. *Bioresource Technology*, 82 (1), 43-49.
- Papanikolaou, S., Chatzifragkou, A., Fakas, S., Galiotou-Panayotou, M., Komaitis, M., Nicaud, J. M. and Aggelis, G., 2009. Biosynthesis of lipids and organic acids AM *Yarrowia lipolytica* strains cultivated on glucose. *European Journal of Lipid Science and*

Technology, 111 (12), 1221-1232.

- Papanikolaou, S., Chevalot, I., Galiotou-Panayotou, M., Komaitis, M., Marc, I., Aggelis, G., 2007. Industrial derivative of tallow: a promising renewable substrate for microbial lipid, single-cell protein and lipase production AM *Yarrowia lipolytica*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 10 (3), 425-435.
- Papanikolaou, S., Chevalot, I., Komaitis, M., Aggelis, G., Marc, I., 2001. Kinetic profile of the cellular lipid composition in an oleaginous *Yarrowia lipolytica* capable of producing a cocoabutter substitute from industrial fats. *Antonie van Leeuwenhoek*, 80, 215-224.
- Papanikolaou, S., Fakas, S., Fick, M., Chevalot, I., Galiotou-Panayotou, M., Komaitis, M., Ivan, M., Aggelis, G., 2008b. Biotechnological valorisation of raw glycerol discharged after bio-diesel (fatty acid methyl esters) manufacturing process: production of 1, 3-propanediol, citric acid and single cell oil. *Biomass and Bioenergy*, 32 (1), 60-71.
- Papanikolaou, S., Galiotou-Panayotou, M., Chevalot, I., Komaitis, M., Marc, I., Aggelis, G., 2006. Influence of glucose and saturated free-fatty acid mixtures on citric acid and lipid production AM *Yarrowia lipolytica*. *Current Microbiology*, 52 (2), 134-142.
- Papanikolaou, S., Gortzi, O., Margeli, E., Chinou, I., 2008a. Effect of citrus essential oil addition upon growth and cellular lipids of *Yarrowia lipolytica* yeast. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 997-1006.
- Papanikolaou, S., Muniglia, L., Chevalot, I., Aggelis, G., Marc, I., 2002b. *Yarrowia lipolytica* as a potential producer of citric acid from raw glycerol. *Journal of Application Microbiology*, 92 (4), 737-744.
- Papanikolaou, S., Muniglia, L., Chevalot, I., Aggelis, G. and Marc, I., 2003. Accumulation of a cocoa-butter-like lipid AM *Yarrowia lipolytica* cultivated on agro-industrial residues. *Current Microbiology*, 46 (2), 124-130.
- Park, J., Park, M. S., Lee, Y. C., Yang, J. W. 2015. Advances in direct transesterification of algal oils from wet biomass. *Bioresource Technology*, 184, 267-275.
- Patel, A., Sindhu, D. K., Arora, N., Singh, R. P., Pruthi, V. & Pruthi, P. A., 2015. Biodiesel production from non-edible lignocellulosic biomass of *Cassia fistula* L. fruit pulp using oleaginous yeast *Rhodospiridium kratochvilovae* HIMPA1. *Bioresource Technology*, 197, 91-98.
- Pauly, G., Henry, F., Danoux, L., Charrouf, Z., 2001. Cosmetic and/or dermopharmaceutical preparation containing leaf extracts of the plant *Argania spinosa*. France.
- Poli, J. S., da Silva, M. A. N., Siqueira, E. P., Pasa, V. M., Rosa, C. A. and Valente, P., 2014. Microbial lipid produced AM *Yarrowia lipolytica* QU21 using industrial waste: a potential feedstock for biodiesel production. *Bioresource Technology*, 161, 320-326.
- Rakicka, M., Lazar, Z., Dulermo, T., Fickers, P. and Nicau, J. M., 2015. Lipid production AM the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* using industrial AM-products under different culture conditions. *Biotechnology for Biofuels*, 8, 104.
- Ratledge, C. and Wynn, J. P., 2002. The biochemistry and molecular biology of lipid accumulation in oleaginous microorganisms. *Advances in Applied Microbiology*, 51, 1-52.
- Ratledge, C., 2004. Fatty acid biosynthesis in microorganisms being used for single cell oil production. *Biochimie*, 86 (11), 807-815.
- Ratledge, C., 2013. Microbial oils: An introductory overview of current status and future prospects. *Oilseeds and Fat, Crops and Lipids*, 6 (20), 7.

- Saenge, C., Cheirsilp, B., Suksaroge, T. T., Bourtoom, T., 2011. Potential use of oleaginous red yeast *Rhodotorula glutinis* for the bioconversion of crude glycerol from biodiesel plant to lipids and carotenoids. *Process Biochemistry*, 46, 210-218.
- Sarris, D., Galiotou-Panayotou, M., Koutinas, A. A., Komaitis, M. and Papanikolaou, S., 2011. Citric acid, biomass and cellular lipid production AM *Yarrowia lipolytica* strains cultivated on olive mill wastewater-based media. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 86 (11), 1439-1448.
- Sarris, D., Rapti, A., Papafotis, N., Koutinas, A. A. and Papanikolaou, S., 2019. Production of added-value chemical compounds through bioconversions of olive-mill wastewaters blended with crude glycerol AM a *Yarrowia lipolytica* Strain. *Molecules*, 24 (2), 222.
- Saygün, A., Şahin-Yeşilçubuk and Aran, N., 2014. Effects of different oil sources and residues on biomass and metabolite production AM *Yarrowia lipolytica* YB 423- 12. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 91, 1521-1530.
- Thevenieau, F. and Nicaud, J. M., 2013. Microorganisms as sources of oils. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 20 (6), 1-8.
- Wasylenko, T.M., Ahn, W.S., Stephanopoulos, G., 2015. The Oxidative Pentose Phosphate Pathway Is the Primary Source of NADPH for Lipid Overproduction from Glucose in *Yarrowia lipolytica*. *Journal of Metabolic Engineering* 30, 27-39.
- Wu, S., Hu, C., Jin, G., Zhao, X., Zhao, Z.K., 2010. Phosphate-Limitation mediated lipid production by *Rhodospiridium toruloides*. *Bioresource Technology*, 101 (15), 6124-6129.
- Wynn, J. P. and Ratledge, C., 2006. Microbial Production of Oils and Fats. *Food Biotechnology*, 443-472
- Yang, S., Wang, W., Wei, H., Van Wychen, S., Pienkos, P. T., Zhang, M. & Himmel, M. E., 2016. Comparison of nitrogen depletion and repletion on lipid production in yeast and fungal species. *Energies*, 685 (9), 1-12.
- Yılmaz, Ö., 2019. Farklı uçucu yağ kaynaklarının *Yarrowia lipolytica* suşlarının lipid üretim kapasitesine etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Zhang, S., Skerker, J.M., Rutter, C.D., Maurer, M.J., Arkin, A.P., Rao, C.V., 2016. Engineering *Rhodospiridium toruloides* for Increased Lipid Production. *Journal of Biotechnology Bioengineering*, 113 (5), 1056-1066
- Zhao, C. H., Cui, W., Liu, X. Y., Chi, Z. M. and Madzak, C., 2010. Expression of inulinase gene in the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* and single cell oil production from inulin-containing materials. *Metabolic Engineering*, 12, 510-517.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	: Rouna ALAAELDIN
Doğum tarihi	:
Doğum Yeri	:
Uyruğu	:
Adres	:
Tel	:
E-mail	:
Eğitim	
Lise	: Mohammed El-Fatih lisesi (2014)
Lisans	: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği (2014-2020)
Yüksek lisans	: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2020-2022)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce	: Çok iyi
Türkçe	: Çok iyi
Arapça	: Ana dili
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
-	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
-	