

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FERMENTE GIDALARDAN İZOLE EDİLEN AROMATİK
MAYALARDAN MAYA EKSTRAKTI ÜRETİMİ

Furkan DEMİRGÜL

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Eş Danışman

Doç. Dr. Enes DERTLİ

Kasım, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FERMENTE GIDALARDAN İZOLE EDİLEN AROMATİK MAYALARDAN
MAYA EKSTRAKTI ÜRETİMİ**

Furkan DEMİRGÜL tarafından hazırlanan tez çalışması 24.11.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Doç. Dr. Enes DERTLİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Eş-Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Salih KARASU, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU, Üye
Kırklareli Üniversitesi

Prof. Dr. Ömer ŞİMŞEK, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin ERTEN, Üye
Çukurova Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Fermente Gıdalardan İzole Edilen Aromatik Mayalardan Maya Ekstraktı Üretimi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Furkan DEMİRGÜL

İmza



Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün FDK-2019-3663 numaralı projesi ile desteklenmiştir.



Sevgili aileme

TEŞEKKÜR

Çalışma konumun şekillenmesinde ve çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ ve eş danışman hocam Doç. Dr. Enes DERTLİ'ye;

Çalışmalarım boyunca bana Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde her türlü imkânı sağlayan, bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ömer ŞİMŞEK'e;

Laboratuvar günlerini birlikte geçirdiğim çalışma arkadaşlarım Ece ÇETİN, Ramazan NİÇİN ve Arş. Gör. Duygu ZEHİR ŞENTÜRK'e;

Çalışmamın bir kısmını gerçekleştirdiğim Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü personeli ve lisansüstü öğrencilerine;

Beni her konuda destekleyen başta annem Ayşe DEMİRGÜL ve babam Bayram DEMİRGÜL olmak üzere sevgili aileme;

FDK-2019-3663 no'lu proje ile tezimi destekleyen Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na;

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Furkan DEMİRGÜL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.1.1 Mayaların Genel Özellikleri.....	1
1.1.2 Mayalardan Üretilen Biyoteknolojik Ürünler.....	9
1.1.3 Maya Ekstraktının Genel Özellikleri	19
1.1.4 Maya Ekstraktı Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	21
1.1.5 Maya Ekstraktı Üretim Yöntemleri	23
1.1.6 Maya Ekstraktı ve Umami Tat.....	28
1.2 Tezin Amacı.....	32
1.3 Hipotez.....	33
2 MATERYAL VE YÖNTEM	34
2.1 Tez Çalışmasının Deneysel Çerçevesi	34
2.2 Mikroorganizmalar ve Kültür Ortamları.....	34
2.3 Kesikli-Beslemeli Melas Fermantasyonuyla Maya Biyokütlesi Üretimi.....	35
2.4 Maya Hücrelerinin Otolizi ve Kurutulması.....	39
2.5 Kimyasal Analizler	40
2.6 Amino Asit Profili	41
2.7 Uçucu Bileşiklerin Yarı-Kantitatif Analizi	42
2.8 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ile Karakterizasyon .	43
2.9 Termal Özellikler	44
2.10 Mikroyapısal Özellikler.....	44
2.11 Reolojik Özellikler	45
2.12 Teknolojik Özellikler.....	46
2.12.1 Su Tutma Kapasitesi	46
2.12.2 Yağ Bağlama Kapasitesi	46
2.12.3 Emülsiyon Oluşturma Özelliği	46

2.12.4 Zeta Potansiyeli.....	47
2.13 Duyusal Değerlendirme.....	48
2.14 İstatistiksel Analizler	48
3 BULGULAR VE TARTIŞMA	50
3.1 Maya Biyokütlesi Üretimi	50
3.2 Kimyasal Kompozisyon	53
3.3 Amino Asit Profili	55
3.4 Uçucu Bileşikler.....	60
3.5 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ile Karakterizasyon .	67
3.6 Termal Özellikler	71
3.7 Mikroyapısal Özellikler.....	73
3.8 Reolojik Özellikler	77
3.9 Teknolojik Özellikler.....	80
3.10 Duyusal Değerlendirme.....	81
4 SONUÇ VE ÖNERİLER	86
KAYNAKÇA	88
A AMİNO ASİT KROMATOGRAMLARI	108
B UÇUCU BİLEŞEN KROMATOGRAMLARI	110
C DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU	112
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	113

SİMGE LİSTESİ

n	Akış Davranış İndeksi
β	Beta
rpm	Dakikada Dönme Hızı
δ	Delta
γ	Gama
K	Kıvam Katsayısı
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece



KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANOVA	Varyans Analizi
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
dw	Kuru Ağırlık
EPS	Ekzopolisakkarit
FAD	Flavin Adenin Dinükleotit
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
FTIR	Fouirer Dönüşümlü Kızılötesi
g	Gram
GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
GRAS	Genel Olarak Güvenilir
HCl	Hidroklorik Asit
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
kDa	Kilodalton
kob	Koloni Oluşturan Birim
L	Litre
mg	Miligram
mL	Mililitre
MÖ	Milattan Önce
MSG	Monosodyum Glutamat
NaCl	Sodyum Klorür
NAD	Nikotinamid Adenin Dinükleotit
NaOH	Sodyum Hidroksit
O ₂	Oksijen

PCA	Temel Bileşen Analizi
RNA	Ribonükleik Asit
s	Saniye
SDS	Sodyum Dodesil Sülfat
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
µm	Mikrometre
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YPD	Yeast Extract Peptone Dextrose



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Crabtree etkisinin biyokütle verimi üzerine etkisi.....	4
Şekil 1.2 Substrat olarak glukozun kullanıldığı etil alkol fermentasyonu	13
Şekil 1.3 Çeşitli hücre parçalama yöntemleri.....	25
Şekil 1.4 Bira ve ekmek mayasından otolizle maya ekstraktı üretimi	28
Şekil 2.1 Tez çalışmasının deneysel çerçevesi	34
Şekil 2.2 Maya biyokütlesi üretmek için kullanılan biyoreaktör	36
Şekil 2.3 Maya hücrelerinin Thoma lamındaki görüntüsü.....	37
Şekil 2.4 Fermentasyonun ardından fermentasyon ortamının çöktürülmesi ve serum fizyolojik su (SFS) ile yıkanması	38
Şekil 2.5 Kesikli-beslemeli fermentasyonla elde edilen maya biyokütlesi	38
Şekil 2.6 Maya biyokütlesinden otolizle maya ekstraktı tozu üretimi	40
Şekil 2.7 Maya ekstraktlarının Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile karakterizasyonu	43
Şekil 2.8 Maya ekstraktlarının DSC (diferansiyel taramalı kalorimetre) ile termal özelliklerinin belirlenmesi.....	44
Şekil 2.9 %0,5 ve %1 konsantrasyonlarda sebze çorbasında çözündürülen maya ekstraktlarının reolojik özelliklerinin belirlenmesi	45
Şekil 2.10 Maya ekstraktlarının zeta potansiyellerinin belirlenmesi.....	47
Şekil 3.1 <i>S. cerevisiae</i> TGM10 suşunun fermentasyon süresince gelişimi	51
Şekil 3.2 <i>S. boulardii</i> S11 suşunun fermentasyon süresince gelişimi.....	51
Şekil 3.3 <i>K. marxianus</i> TGM66 suşunun fermentasyon süresince gelişimi	52
Şekil 3.4 Üç farklı maya suşundan elde edilen maya ekstraktlarının iç standart yöntemiyle belirlenen temel uçucu bileşiklerinin kümeleme analizlerinin ısı haritası ile görselleştirmesi.....	63
Şekil 3.5 Maya ekstraktlarında bulunan önemli uçucu bileşiklerin temel bileşen analizi (PCA).....	66
Şekil 3.6 <i>S. cerevisiae</i> TGM10 ekstraktına ait FTIR spektrumu.....	67
Şekil 3.7 <i>S. boulardii</i> S11 ekstraktına ait FTIR spektrumu	68
Şekil 3.8 <i>K. marxianus</i> TGM66 ekstraktına ait FTIR spektrumu.....	68
Şekil 3.9 Üç farklı maya ekstraktının FTIR spektrumları	69
Şekil 3.10 <i>S. cerevisiae</i> TGM10 ekstraktına ait DSC termogramı.....	71
Şekil 3.11 <i>S. boulardii</i> S11 ekstraktına ait DSC termogramı	72
Şekil 3.12 <i>K. marxianus</i> TGM66 ekstraktına ait DSC termogramı.....	72
Şekil 3.13 <i>S. cerevisiae</i> TGM10 ekstraktına ait mikrogram	74

Şekil 3.14 <i>S. boulardii</i> S11 ekstraktına ait mikrograf.....	75
Şekil 3.15 <i>K. marxianus</i> TGM66 ekstraktına ait mikrograf.....	76
Şekil 3.16 Aynı konsantrasyonlarda maya ekstraktı ve MSG içeren çorba örneklerinin duyuşal özellikleri.....	85



TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Modern biyoteknolojide kullanılan veya kullanılma potansiyeli bulunan bazı mayalar	11
Tablo 3.1 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarının melas fermantasyonu boyunca belirlenen hücre sayıları	50
Tablo 3.2 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarından melas fermantasyonuyla elde edilen yaş biyokütle miktarları ve verimlilikleri	53
Tablo 3.3 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının kimyasal kompozisyonları	54
Tablo 3.4 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının amino asit profili	57
Tablo 3.5 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarında bulunan önemli uçucu bileşikler	61
Tablo 3.6 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) karıştırıldığı sebze çorbası örneklerinin 25 °C'deki reolojik özellikleri	77
Tablo 3.7 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) karıştırıldığı sebze çorbası örneklerinin 50 °C'deki reolojik özellikleri	79
Tablo 3.8 <i>S. cerevisiae</i> TGM10, <i>S. boulardii</i> S11 ve <i>K. marxianus</i> TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının teknolojik özellikleri	80
Tablo 3.9 Sebze çorbası kullanılarak gerçekleştirilen duyuşal değerlendirme sonuçları	83

Fermente Gıdalardan İzole Edilen Aromatik Mayalardan Maya Ekstraktı Üretimi

Furkan DEMİRGÜL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Eş-Danışman: Doç. Dr. Enes DERTLİ

Monosodyum glutamat (MSG) gibi gıda katkı maddelerine karşı toplumda artan ön yargı, gıda bilimcilerini alternatif kaynaklar aramaya yöneltmiştir. Maya ekstraktları, mikrobiyal kökenli olmaları ve üretim prosesleri nedeniyle “doğal” olarak kabul edilmekte ve MSG’ye benzer şekilde umami tat vermelerinin yanı sıra zengin besleyici özelliklerinden dolayı öne çıkmaktadırlar. Bu çalışmada, *Saccharomyces cerevisiae* TGM10, *Saccharomyces boulardii* S11 ve *Kluyveromyces marxianus* TGM66’dan elde edilen biyokütlelerden otoliz ile maya ekstraktı üretilmiş ve maya ekstraktlarının kimyasal, termal, mikroyapısal, reolojik, teknolojik ve lezzet özellikleri incelenmiştir. Kimyasal analizler sonucu, tüm örneklerin düşük yağ (yaklaşık olarak %1) ve yüksek protein içerdiği; proteince en zengin örneğin *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktı (%69,17) olduğu, bunu sırasıyla *S. boulardii* S11 (%66,16) ve *K. marxianus* TGM66 (%62,42) ekstraktlarının takip ettiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, esansiyel amino asitler ve lezzet artırıcı amino asitler (glutamik asit, aspartik asit, alanin ve glisin) açısından da en zengin örneğin *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktı olduğu tespit edilmiştir. Tüm maya ekstraktlarının,

maya ekstraktlarının lezzetine olumlu katkı sağlayan birçok değerli uçucu bileşik (2-feniletanol ve geranil asetat gibi) içerdiği tespit edilmiştir. Uçucu bileşik profilleri ve yapılan duyusal değerlendirmeler sonucu, maya ekstraktlarının gıdalara umami tadın yanı sıra farklı lezzetler kazandırma potansiyellerinin olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak, duyusal analizler maya ekstraktlarının gıdalarda MSG ve tuz (NaCl) kullanımını sınırlandırabileceğini göstermiştir. Maya ekstraktlarının ayrıca, teknolojik ve reolojik özelliklerinden dolayı lezzet ve besinsel katkılarının yanında gıdaların tekstür ve viskozitelerine de olumlu katkılarının olabileceği belirlenmiştir. Bu bulgular, gıdaların lezzetinin yanı sıra besin değerini arttırmak için de maya ekstraktlarının kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Maya ekstraktı, lezzet profili, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii*, *Kluyveromyces marxianus*

Production of Yeast Extract from Aromatic Yeasts Isolated from Fermented Foods

Furkan DEMİRGÜL

Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Co-supervisor: Assoc. Prof. Dr. Enes DERTLİ

Increasing prejudice in society against food additives such as monosodium glutamate (MSG) has led food scientists to seek alternative sources. Yeast extracts are considered “natural” due to their microbial origin and production processes and stand out due to their rich nutritional properties as well as their umami taste similar to MSG. In this study, yeast extracts were produced by autolysis from biomasses obtained from *Saccharomyces cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 and *Kluyveromyces marxianus* TGM66 and the chemical, thermal, microstructural, rheological, technological and flavor properties of yeast extracts were investigated. As a result of chemical analysis, it was determined that all samples contained low fat (approximately 1%) and high protein; *S. cerevisiae* TGM10 extract (69.17%) was the richest sample in terms of protein, followed by *S. boulardii* S11 (66.16%) and *K. marxianus* TGM66 (62.42%) extracts, respectively. Similarly, it was determined that the sample richest in essential amino acids and flavor-enhancing amino acids (glutamic acid, aspartic acid, alanine and glycine) was *S. cerevisiae* TGM10 extract. It has been determined that all yeast extracts contain many valuable volatile compounds (such as 2-phenylethanol and geranyl acetate) that contribute

positively to the flavor of yeast extracts. As a result of volatile compound profiles and sensory evaluations, it was determined that yeast extracts have the potential to add different flavors to foods as well as umami taste. In addition, sensory analysis has shown that yeast extracts can limit the use of MSG and salt (NaCl) in foods. In addition, due to the technological and rheological properties of yeast extracts, it has been determined that besides their flavor and nutritional contributions, they will also contribute positively to the texture and viscosity of the foods. These findings show that yeast extracts can be used to increase the nutritional value as well as the flavor of foods.

Keywords: Yeast extract, flavor profile, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii*, *Kluyveromyces marxianus*

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Mayaların Genel Özellikleri

Mevcut veriler tarihteki ilk biraların MÖ 7000 civarında Çin’de, MÖ 3500-3100 civarında ise Mezopotamya ve Mısır’da üretildiğine işaret etmektedir [1, 2]. Bununla birlikte, mayaların MÖ 10.000’de mayalı ekmek üretmek için kullanıldığına dair güçlü göstergeler bulunmaktadır [2, 3]. Binlerce yıldır gıda üretiminde kullanılmalarına rağmen, mayaların endüstriyel üretimi ve ticari kullanımı 19. yüzyılın sonlarında Louis Pasteur tarafından mayaların çeşitli kaynaklardan izole edilip tanımlanmasından sonra başlamıştır. Mevcut bilimsel bilgi ve teknoloji, gıda sanayiinin ihtiyaçlarını karşılamak için belirli özelliklere sahip maya suşlarının izolasyonu ve endüstriyel üretimine imkân tanımaktadır [4].

Mayalar filogenetik olarak farklı bir grup mantarı temsil eden ve bakterilerden daha kompleks olan tek hücreli ökaryotik mikroorganizmalardır [5]. Maya hücreleri genellikle daire, oval veya ince uzun şekillere sahiptir. Askospor oluşturma ve konjugasyon gibi mekanizmaların yanı sıra multipolar tomurcuklanma şekliyle de çoğalabilmektedirler [6]. Bazı maya türleri gerçek bir miselyum oluşturabilirken, *Candida* gibi cinsler, iyi gelişmiş bir yalancı miselyum (psödomiselyum) oluşturabilmekte, *C. tropicalis* türü ise hem yalancı hem de gerçek miselyum oluşturabilmektedir [7]. Maya hücreleri hareketsizdir. Bazı maya hücrelerinin uzunluğu sadece 2-3 µm iken, bazı türler 20-50 µm uzunluğa ulaşabilmektedir [8, 9]. *S. cerevisiae* gibi tipik tomurcuklanan bir maya ise yaklaşık olarak 3-7 µm genişliğe ve 5-15 µm uzunluğa sahiptir [10].

Yapısal organizasyon açısından, mayalar diğer ökaryotik hücrelere benzer şekilde çekirdek, mitokondri ve büyük vakuoller gibi hücresel komponentler içermektedirler [10]. Mayaların hücre duvarı karbonhidratlar, proteinler ve lipitlerden oluşmakta ve hücre zarı, hücre duvarının altında bulunmaktadır. Sitoplazma, ince ve taneli bir görünüşe sahip olup, ribozom ve organelleri

bünyesinde barındırmaktadır. Çekirdek ise çekirdek zarının içinde belirgin bir şekilde bulunmaktadır [11].

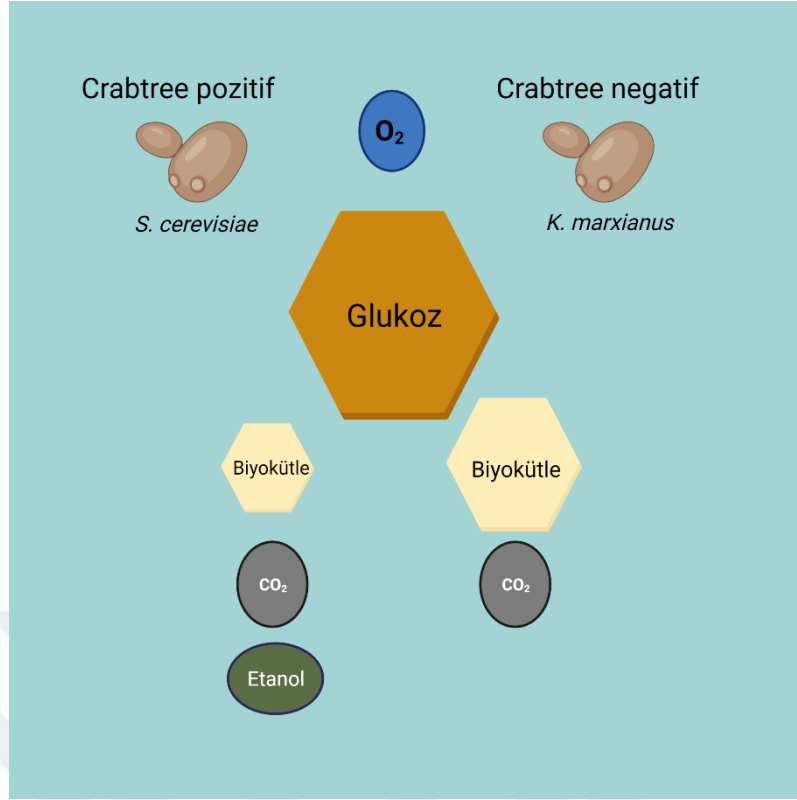
Mayalar kara, su ve hava ortamlarından izole edilebilmektedir, ancak özellikle bitkiler mayaların tercih ettikleri yaşam alanlarının başında gelmektedir. Şu ana kadar birkaç türün hayvanlarla komensalizm veya parazitik ilişkileri olduğu belirlenmiştir. Bazı mayalar, bir ölçüye kadar düşük su aktivitesi (yüksek şeker veya tuz konsantrasyonunda) ve düşük sıcaklıktaki ortamlarda da gelişebilmektedirler [9].

Mayalar fizyolojik olarak, şeker metabolizmasında yer alan enerji üretme sürecinin tipine göre, non-fermentatif, fakültatif fermentatif veya zorunlu fermentatif olarak sınıflandırılabilir [12, 13]. Genel inanışın aksine, tanımlanan binden fazla mayanın yaklaşık yarısı fermentatif değildir [5]; *Rhodotorula* gibi bazı mayaların non-fermentatif ve katı aerobik oldukları tespit edilmiştir [7].

Pek çok maya hem oksijenli ortamda hem de oksijensiz ortamda gelişebilen fakültatif anaerobtur. Yeterli oksijen varlığında şekeri CO₂, enerji ve biyokütleyle dönüştüren mayalar, anaerobik koşullarda ise yeterince gelişemezler ve etil alkol fermantasyonu gerçekleştirerek şekeri etanol, gliserol ve CO₂ gibi ürünlere dönüştürürler [4]. Ancak, zorunlu fermentatif türler bile steroller gibi zar bileşenlerinin sentezi için oksijene ihtiyaç duyduklarından, katı anaerobik koşullar altında çok uzun süre hayatta kalamazlar [14]. Bu nedenle, ortamdaki şeker ve oksijen konsantrasyonu, maya metabolizması ve fizyolojisi üzerinde güçlü etkiye sahip olan iki temel çevresel faktördür [13].

Mayalar nispeten basit besin gereksinimlerine; bir karbon kaynağına, bir azot kaynağına, fosfat, sülfat, daha düşük konsantrasyonlarda potasyum, magnezyum, kalsiyum, demir, çinko elementlerine ve çoğu durumda biyotin, tiamin veya pantotenik asit gibi vitaminlere ihtiyaç duyarlar [15, 16]. Doğal ortamlarında maya türlerinin gelişmelerini destekleyebilecek geniş bir karbon kaynağı (polioller, alkoller, organik asitler ve amino asitler gibi) bulunmaktadır [13]. Bununla birlikte, mayalar tarafından kullanılan ana karbon kaynağını karbonhidratlar, esas olarak monosakkaritler (glukoz, fruktoz, galaktoz veya mannoz) veya disakkaritler (maltoz veya sükroz) oluşturmaktadır [16]. Çoğu maya türü için ana karbon ve enerji kaynağı, glikolitik yoldan pirüvata ve Krebs döngüsünden anabolitlere ve ATP

formundaki enerjiye dönüştürülen glukozdur. Yüksek glukoz konsantrasyonlarında pek çok maya hücresinde katabolit baskısı meydana gelmekte, bu sırada solunum enzimlerinin gen ekspresyonu ve sentezi bastırılmakta ve aerobik koşullarda bile fermantasyon gerçekleşmektedir [4]. Bu şartlar altında maya (örn. *S. cerevisiae*) glukozu fermente ederek etanol ve diğer yan ürünleri üretmektedir, ancak üretilen enerji miktarı daha düşük olmaktadır. Glukozun oksidasyonla metabolizasyonunda ise glukoz tamamen okside olduğu için, ATP sentezinde gerekli olan yüksek düzeyde enerji açığa çıkmaktadır. Maya üretim verimliliği maksimum olduğu zaman harcanan 100 g glukozu karşılık yaklaşık 50 g biyokütle (kuru hücre) elde edilmektedir [17, 18]. Ortamda O₂ miktarı sınırlandırıldığında ise şeker konsantrasyonu düşük dahi olsa, etanol üretimiyle sonuçlanan fermantatif yol etkili olmaktadır [18]. *Saccharomyces* cinsindeki aerobik fermantasyonu açıklamak için çeşitli hipotezler bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi, etanole karşı nispeten dirençli olan *Saccharomyces*'in meyve gibi yüksek şeker içeren ortamlarda kendisiyle rekabet edebilecek birçok mikrobiyal tür için toksik veya statik özellikte olan etanol üreterek rakiplerine karşı üstünlük sağladığı şeklindedir [19]. Diğer bir hipoteze göre ise, mayaların fermantasyon yoluyla gelişmesinin DNA replikasyonu sırasındaki mutajenik hataların artmasına neden olan reaktif oksijen türlerinin üretimini azalttığı şeklindedir [20]. Endüstriyel uygulamalarda "Crabtree etkisi" olarak da bilinen glukoz ve sükrozun katabolit baskısı, kötü lezzetteki bileşiklerin oluşması ve istenmeyen yan ürünlerin gelişmesine neden olmaktadır. Ayrıca, bu baskı nedeniyle biyokütle veriminde (Şekil 1.1) ve maya canlılığında azalmalar olmaktadır [4, 21, 22, 23]. Azot miktarı maya gelişimini etkileyen diğer bir önemli faktördür. Yavaş ilerleyen bazı fermantasyonların yetersiz azottan kaynaklandığı ve ortama asimile azot eklenmesi ile fermantasyonun daha hızlı gerçekleşeceği düşünülmektedir [24]. Bununla birlikte, aşırı azot, etil karbamat veya biyojen aminler gibi istenmeyen metabolitlerin üretimi de dahil olmak üzere başka sorunlara yol açabilmektedir [25, 26]. Mayalar azot kaynağı olarak tercihen amonyak, asparajin, glutamin ve glutamati kullanmaktadır, ancak bu azot kaynaklarının yokluğunda nitrit, nitrat, amidler, pürinler, pirimidinler, diğer amino asitler ve peptitler gibi çok çeşitli azot kaynakları da kullanılabilir [15].



Şekil 1.1 Crabtree etkisinin biyokütle verimi üzerine etkisi (BioRender.com kullanılarak oluşturulmuştur).

Mayaların besin değeri ve temel bileşenleri, gelişme şartlarına ve üretimlerinde kullanılan teknolojiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir [27]. Hücre duvarı, toplam maya kuru ağırlığının %15-30'unu oluşturmaktadır [28]. Hücre duvarının ise yaklaşık %50-60'ı β -glukandan, %40'ı mannanoproteinden oluşmaktadır. Kuru mayanın %45-55'i proteinden oluşmaktadır. Mayalar ayrıca yaklaşık olarak %6 oranında yağ, %7 oranında kül ve %32 oranında karbonhidrat içermektedir [27, 29]. Mayalar B kompleks vitaminleri (folik asit ve biyotin gibi), mineralleri (çinko, krom, demir ve magnezyum gibi), pek çok esansiyel amino asidi, nükleik asitleri ve çeşitli fenolik bileşikleri (ferulik asit, sinamik asit, galik asit, protokateşik asit ve *p*-kumarik asit gibi) içermektedir [30, 31]. Mayalar uzun yıllardır hayvan yemi olarak kullanılmaktadır, ancak özellikle zengin protein ve esansiyel amino asit içeriklerinden dolayı hayvan beslenmesinin yanında insan beslenmesinde de kullanılabilecek değerli bir gıda bileşeni olma potansiyeli taşımaktadırlar [4, 30, 32]. Endüstriyel önemleri nedeniyle, birincil ve ikincil metabolitlerin oluşumları ve bunların insan sağlığı üzerindeki etkileri hakkında bilgi sağlamak için maya metabolizmasının daha iyi anlaşılması gerekmektedir [16].

1.1.1.1 *Saccharomyces cerevisiae*

“*Saccharomyces*” şeker (sakkaroz) -yiyen- mantar (myces); “*cerevisiae*” ise bira (Latince cervisia, ae) anlamına gelen sözcüklerden türetilmiştir. Tarih öncesi zamanlardan beri insanlar, gıdaların dayanımını, lezzetini ve sindirilebilirliklerini arttırmak için, şekerleri etanole ve arzu edilen lezzet bileşiklerine dönüştüren *S. cerevisiae*’dan yararlanmıştır [33]. Dolayısıyla, *Saccharomyces* cinsi ve tüm mayalar içinde *S. cerevisiae*, hakkında en fazla bilgi sahibi olunan ve endüstriyel uygulamalarda en fazla kullanılan türdür. Bunun bazı önemli nedenleri bulunmaktadır. *S. cerevisiae* büyük ölçekli fermantasyon uygulamalarına karşı uygun olup, tarımsal atıklar gibi ucuz besiyerlerinde gelişebilmektedir. Ayrıca fermantasyon, bakteriyel kontaminasyon riskini azaltan ve organik asitlerin üretiminde daha az atık oluşmasına neden olan düşük pH’larda gerçekleştirilebilmektedir [34]. *S. cerevisiae*’nın nispeten yüksek şeker konsantrasyonlarına karşı dirençli olması ve çeşitli aromatik, uçucu bileşikler üretebilme yeteğinde olması, bu mayanın endüstriyel önemini daha da arttırmaktadır [19].

S. cerevisiae’nın aerobik koşullarda geliştirilmesinde hem şekerler hem de etanol karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılabilir [18]. *S. cerevisiae* başta D-glukoz olmak üzere; D-fruktoz ve D-mannoz gibi heksoz şekerleri fermente edebilmektedir. Bununla birlikte, çoğu *S. cerevisiae* suşu sükroz, maltoz, maltotrioz ve D-galaktoz gibi şekerleri de fermente edebilirken; dekstrinler ve nişasta sadece *S. cerevisiae*’nın bazı varyeteleri (*S. cerevisiae* var. *diastaticus*) tarafından fermente edilebilmekte; laktoz ise *S. cerevisiae* tarafından fermente edilememektedir [35]. *S. cerevisiae* suşları glutamin ve asparajin gibi farklı azot kaynaklarını kullanabilmektedir [36]. Birçok inorganik amonyum tuzunun gelişmeyi desteklediği ve bazı *S. cerevisiae* suşlarının üreyi bir azot kaynağı olarak kullanabildikleri belirlenmiştir [35].

S. cerevisiae suşları etanol ve karbondioksit ile birlikte, birçok lezzet bileşiği üretebilmektedir [37]. *S. cerevisiae*’nın fermantasyon metabolizması, birincil ve ikincil metabolizma olmak üzere iki evreden oluşmaktadır. Birincil metabolizma, maya hücrelerinin gelişmesi, bölünmesi ve hayatta kalması için gerekli olup, bu metabolizma sonucu etanol, gliserol, asetaldehit ve asetik asit gibi metabolitler

üretilebilmektedir. İkincil veya sekonder metabolizma maya gelişmesi için önemli değildir, ancak bu metabolizma sonucu mayalar; fuzel alkoller, esterler, karboniller, kükürtlü bileşikler, tiyoller ve terpenoidler gibi molekülleri üretebilmektedir [38, 39]. Sekonder metabolitler, çeşitli gıdaların (şarap, bira, peynir gibi) organoleptik özelliklerine katkıda bulunabilen ve çeşitli endüstriler için önemi olan ürünlerdir. Sekonder metabolizma, fermente olabilen karbon, azot ve fermantasyon koşullarından önemli ölçüde etkilenmektedir [22, 39, 40]. Spesifik lezzet verici moleküllerin biyosentezi, fermantasyon ortamının doğrudan prekürsörler (öncül bileşikler) veya diğer ara maddelerle zenginleştirilmesi ile daha da artırılabilir [41]. *Saccharomyces* cinsi mayalar aynı zamanda lezzet arttırıcı özellikleri bulunan 5'-nükleotitler yönünden de oldukça zengindir. Ayrıca GRAS (Genel Olarak Güvenilir) statüsünde olup, zengin besinsel bileşime sahiptir [30, 42, 43].

1.1.1.2 *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*

van der Aa Kühle ve Jespersen [44] *S. boulardii* üzerine yaptıkları çalışmalarında, *S. boulardii*'nin, *S. cerevisiae* türüne ait bir suş olduğunu, ancak *S. boulardii* suşlarının elektroforetik karyotiplerinin *S. cerevisiae*'nin diğer suşlarından farklı olduğu için, aynı türün altında ayrı bir kümede sınıflandırılması gerektiğini bildirmişlerdir. Benzer çalışmalarla da desteklenen bu sonuçların ardından *S. boulardii* taksonomik olarak *S. cerevisiae*'nin altında *S. cerevisiae* var. *boulardii* şeklinde sınıflandırılmıştır [45]. *S. boulardii* metabolik ve fizyolojik olarak, özellikle gelişme verimi ile sıcaklık ve asidik streslere karşı dirençlilik gibi konularda *S. cerevisiae*'dan farklılıklar göstermektedir [46].

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından probiyotikler “yeterli miktarlarda alındığında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar” [47] şeklinde tanımlanmıştır. Laktik asit bakterileri ve bifidobakterilere kıyasla probiyotik mayalar daha az tanınmasına rağmen, *S. boulardii* gastrointestinal bozuklukları kontrol ve tedavi etmek için kullanılabilen probiyotik özellikteki bir mayadır [5, 48]. *S. boulardii*, onu potansiyel bir probiyotik ajan yapan birçok özelliğe sahiptir. *S. boulardii* gastrointestinal kanaldan geçişte canlılığını korur, optimum gelişme sıcaklığı konağın (insan) fizyolojik sıcaklığına uygun şekilde 37 °C'dir ve hem *in vitro* hem de *in vivo* bir dizi

mikrobiyal patojenin (*Escherichia coli*, *Salmonella* Typhimurium, *Clostridioides difficile*, *Candida albicans*, rotavirüs vb.) gelişmesini engeller [49, 50]. *S. boulardii*'nin antimikrobiyal aktivitesinin pek çok mekanizması bulunmakla birlikte, bunlardan birisi *S. boulardii* tarafından üretilen bazı peptitler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Örneğin, 54 kDa'luk serin proteazın *C. difficile*'nin enterotoksin üretimini ve sitotoksik aktivitesini inhibe ettiği tespit edilmiştir [51]. Ayrıca, *S. boulardii*, 2-feniletanol ve orta zincirli yağ asitleri gibi *C. albicans*'ın adhezyonunu engelleyen çeşitli metabolitler üretebilmektedir [52, 53]. *S. boulardii*'nin antibiyotiğe bağlı olarak gelişen ishalin yanında, çocuklarda rotavirüs enfeksiyonlarına karşı da etkili olduğu gösterilmiştir [54, 55]. Kurugöl ve Koturoğlu [56] Türkiye'de; Htwe vd. [57] ise Myanmar'da yaptıkları çalışmalarda düzenli *S. boulardii* tüketiminin çocuklarda akut ishale karşı etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Mikrobiyal ekzopolisakkaritler (EPS), gıda, ilaç ve diğer endüstrilerde ürünlerin kompozisyon, yapı ve fiziksel özelliklerinde yol açtığı değişiklikler nedeniyle birçok uygulama alanına sahiptir [58]. Mayaların hücre duvarı, esas olarak, probiyotik bakterilerin hayatta kalmasında önemli rol oynayan ko-agregasyon ve kohezyon fenomeninde rol oynayabilecek olan glukan, mannan ve kitin gibi ekzopolisakkaritlerden oluşmaktadır [16, 59, 60]. *S. boulardii*'nin çeşitli EPS'leri üretme yeteneğinde olduğu bilinmektedir [61]. EPS koruyucu tabakasının varlığı, probiyotik mikroorganizmaların, konağın gastrointestinal kanalında daha uzun süre kalmasını sağlamaktadır [62, 63]. Bunun yanında, çeşitli probiyotik mikroorganizmalar tarafından üretilen asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit gibi kısa zincirli yağ asitleri ile birlikte EPS'nin konağın bağırsak mikroflorası için prebiyotik görevi üstlendiği bildirilmiştir [64, 65]. Ek olarak, canlı veya ölü hücrelerin, özellikle hücre duvarı preparatlarının (glukomannanlar), mikotoksinlerin kümes hayvanlarının gastrointestinal kanallarından [66] ve meyve sularından [67] uzaklaştırılması amacıyla da kullanılabileceği bildirilmiştir [5].

S. boulardii tüketiminin en önemli riski kandaki fungi veya maya olarak tanımlanabilen fungemi'dir [53, 68]. Fungemi, probiyotiklerle tedavide nadir görülen, ancak ciddi bir komplikasyondur [69]. Liyofilize probiyotik maya içeren ambalajın hasta odasında önleyici enfeksiyon kontrol önlemleri alınmadan açıldığı durumlarda, enfeksiyon riski yüksek olan hastalarda fungemi ortaya

çıkabilmektedir [53]. Hekimler, özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış hastalarda probiyotik kullanımının böyle bir risk taşıdığının farkında olmalıdır [69, 70].

1.1.1.3 *Kluyveromyces marxianus*

Kluyveromyces marxianus mayası ilk olarak E. C. Hansen (1888) tarafından tanımlanmış olup, bu mayayı üzümlerden izole eden ilk kişi olan Marx'dan sonra ise *Saccharomyces marxianus* adıyla sınıflandırılmıştır [71, 72, 73]. Ancak daha sonra, *S. marxianus*, *S. fragilis* ve *S. lactis* şeklinde sınıflandırılan mayaların, diğer *Saccharomyces* türlerinden morfolojik farklılıkları ile farklı şekerleri fermente ve okside edebilme kapasitelerindeki farklılıklar nedeniyle, *Saccharomyces* türlerinden ayrı bir takson altında sınıflandırılmalarına karar verilmiş ve 1956'da van der Walt [74] tarafından ayrı bir *Kluyveromyces* cinsi tanımlanarak bu 3 maya türü bu cins altında sınıflandırılmaya başlanmıştır [72, 75]. *Kluyveromyces* türleri arasında GRAS statüsünde olan ve endüstriyel uygulamalarda en fazla kullanılan iki tür *K. marxianus* ve *K. lactis*'tir [76]. *K. marxianus*, filogenetik olarak *S. cerevisiae* ile ilişkilidir ve *K. lactis* ile "kardeş" türdür [77, 78, 79].

K. marxianus ve *K. lactis* türleri, süt endüstrisi için özel önem taşıyan bir özellik olan laktozun glukoz ve galaktoza parçalanmasını sağlayan β -galaktozidaz (laktaz) enzimi üretebilmektedirler [80, 81]. *K. lactis*'ten elde edilen laktaz enziminden laktozsuz süt ürünlerinin üretiminde yararlanılmaktadır [82]. *K. marxianus* ve *K. lactis*'in laktozu asimile etme ve bu şekeri karbon kaynağı olarak kullanabilme yetenekleri, peynir altı suyu gibi laktoz içeren süt endüstrisi atıklarının yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesine imkân tanımaktadır [83]. Ayrıca, *K. marxianus* ve *K. lactis* bu özelliklerinden dolayı kefir, yoğurt ve peynir gibi süt ürünlerinden sıklıkla izole edilmektedir [79]. Bunun yanında, pektinolitik aktivitesinden dolayı *K. marxianus* kakao fermantasyonuna da katkıda bulunmaktadır [84].

K. marxianus, laktozun yanında inülini de asimile edebilen, yaklaşık 70 dakikalık jenerasyon süresiyle oldukça hızlı çoğalabilen ve optimum gelişme sıcaklığı 30 °C olmasına rağmen 52 °C'ye kadar canlılığını koruyabilen termotolerant bir mayadır [72, 79]. Çeşitli karbon ve azot kaynaklarını kullanabilmesine rağmen, *K. marxianus* genel olarak *S. cerevisiae* ile benzer beslenme gereksinimlerine sahiptir [85].

K. marxianus, hem solunum hem de fermantasyonla enerji elde edebilme yeteneğine sahip respiro-fermentatif bir mayadır [73]. *S. cerevisiae*'nin aksine hem *K. marxianus* hem de *K. lactis* geleneksel olarak Crabtree negatif mayalar olarak sınıflandırılmaktadır ve bu durum şekeri etanole etkili bir şekilde fermente edemediklerini göstermektedir [86]. *K. marxianus*'un Crabtree negatif olması yüksek biyokütle verimine (Şekil 1.1) neden olabilmekte ve bu da biyokütleden elde edilen (maya otolizat ve ekstraktları gibi) çeşitli ürünlerin üretiminde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ek olarak, *Kluyveromyces* türlerinin de *S. cerevisiae*'ye benzer şekilde fermantasyonla meyve esterleri, karboksilik asitler, ketonlar, furanlar, fuzel alkoller, monotermen alkoller ve izoamil asetat gibi pek çok önemli aroma bileşiği üretebildikleri bilinmektedir [72, 87, 88, 89].

1.1.2 Mayalardan Üretilen Biyoteknolojik Ürünler

Mayalar hem geleneksel olarak hem de modern biyoteknolojide çeşitli gıda, enzim ve farmasötik reaktiflerin üretimi için çok kullanılmaktadır [79]. Mayalardan başta mayalı ekmek, şarap, bira, distile alkollü içkiler, kefir, kıymız, kakao, kahve, sake, soya sosu, çeşitli peynirler, biyoetanol, aroma maddeleri, maya otolizat ve ekstraktları, pigmentler, diyet takviyeleri, probiyotikler, aşilar, çeşitli enzimler, heterolog proteinler ve tek hücre proteinleri olmak üzere pek çok ürünün üretiminde yararlanılmaktadır (Tablo 1.1) [81, 90, 91].

Çok sayıda maya cinsinin endüstriyel öneme sahip olduğu belirlenmiş olmasına rağmen, endüstriyel uygulamalarda en fazla kullanılan maya türü *S. cerevisiae*'dir [10]. *S. cerevisiae* Maya Genom Projesi (Yeast Genome Project) kapsamında, genom dizilimi yapılarak *Saccharomyces* genom veritabanına (<http://www.yeastgenome.org/>) kaydedilen ilk ökaryotik organizmadır [92]. *S. cerevisiae*, iyi açıklanmış genomu, genetik izlenebilirliği, iyi bilinen fizyolojisi ve genel kullanım kolaylığı nedeniyle biyoteknolojide yaygın olarak kullanılmaktadır [73]. Bununla birlikte, endüstriyel fermantasyonlarda ve biyoteknolojide *Candida*, *Kluyveromyces*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Torulaspora*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Issatchenkia*, *Pichia*, *Metschnikowia*, *Hanseniaspora* (*Kloeckera*), *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Trichosporon*, *Lipomyces*, *Hansenula*, *Yarrowia*, *Brettanomyces* (*Dekkera*) ve *Zygosaccharomyces* gibi pek çok maya cinsi kullanılabilmektedir (Tablo 1.1) [39, 93, 94, 95].

Yaşam döngüsü ve genetik materyalleri hakkında ayrıntılı olarak bilgi sahibi olunan ilk maya türü olan *S. cerevisiae* aynı zamanda interferon [96], hepatit B yüzey antijeni [97] gibi heterolog proteinlerin üretimi için kullanılan ilk maya türü olmuştur. Daha sonra *Arxula (Blastobotrys) adenivorans*, *K. lactis*, *Hansenula polymorpha*, *P. pastoris*, *S. pombe* ve *Yarrowia lipolytica* gibi diğer birçok maya da heterolog proteinlerin üretimi için başarıyla kullanılmıştır [10]. Artemisik asit [98], isobütanol [99] ve resveratrol [100] gibi bazı maddelerin ticari olarak üretimi için bir dizi *S. cerevisiae* suşundan yararlanılmaktadır [34]. *C. utilis* mayasından tek hücre proteini ve lipaz enzimi üretiminin yanında piridoksin (B₆ vitamini), nikotinamid adenin dinükleotit (NAD), flavin adenin dinükleotit (FAD), sitrik asit, riboflavin (B₂ vitamini) ve triptofan amino asidi üretiminde de yararlanılmaktadır [101]. *C. utilis*'in aseksüel formu olarak bilinen *P. jadinii*, hayvan beslenmesinde çok kullanılmaktayken, *K. lactis* çeşitli aroma bileşikleri ve laktaz enziminin üretiminde, *R. glutinis*, *Sporobolomyces pararoseus* ve *Phaffia rhodozyma* çeşitli karoten ve renklendiricilerin üretiminde, *D. (Schwanniomycetes) occidentalis* amilaz enziminin üretiminde, *Eremothecium ashbyi* riboflavin üretiminde, *Y. lipolytica* sitrik asit ve lipaz enzimlerinin üretiminde kullanılan mayalardır [5, 102]. Mayalar, yüksek alkoller ve esterler gibi aroma bileşiklerinin endüstriyel ölçekte üretilebilmesi için ciddi bir potansiyel taşımaktadır [103, 104]. Günümüzde 100'den fazla aroma molekülü, mikrobiyal enzimlerle veya doğal ya da genetik modifikasyona uğratılmış maya suşlarının fermantasyonu ile üretilmektedir [39, 93]. Endüstriyel gıda fermantasyonlarında kullanılacak maya suşları genellikle tat ve aroma gibi gıdanın duyuşal özelliklerini geliştirebilme yeteneklerine göre seçilmektedirler [39].

Çeşitli maya türleri tarımda biyokontrol ajanları olarak kullanılabilmektedir. *P. guilliermondii*, *P. anomala* ve *D. hansenii* gibi bazı maya türleri meyve ve tahıllara zarar veren bazı küflerin gelişmesini engelleyebilmekte ve böylece mikotoksin oluşumu kontrol edilerek hasat sonrası görülebilecek bitkisel hastalıkların azaltılması ve gıda güvenliğinin sağlanması mümkün hale gelebilmektedir [5, 105, 106, 107].

Tablo 1.1 Modern biyoteknolojide kullanılan veya kullanılma potansiyeli bulunan bazı mayalar

Türler	Uygulamalar	Referans
<i>C. utilis</i>	Tek hücre proteini, B ₆ vitamini, riboflavin, triptofan, sitrik asit, lipaz	[101, 108]
<i>C. shehatae</i>	Biyoetanol	[5]
<i>C. maltosa</i>	Tek hücre proteini	[5]
<i>C. pseudotropicalis</i>	Laktaz	[95, 109]
<i>C. rugosa</i> ve <i>C. lipolytica</i>	Lipaz	[95]
<i>D. hansenii</i>	Proteaz, inülinaz, ksilitol	[5, 81]
<i>D. (Schwanniomycetes) occidentalis</i>	Amilaz	[5]
<i>Geotrichum candidum</i>	Lipaz	[81, 95]
<i>Komagataella pastoris</i>	Fitaz, glikolat oksidaz	[81]
<i>K. marxianus</i>	Tek hücre proteini, inülinaz, maya ekstraktı	[5, 95, 108]
<i>K. lactis</i>	Tek hücre proteini, laktaz, inülinaz, rennin	[5, 81, 95, 110]
<i>Phaffia rhodozyma</i>	Astaksantin	[94, 95]
<i>Rhodotorula glutinis</i>	Karoten, invertaz	[5, 108]
<i>S. cerevisiae</i>	Biyoetanol, invertaz, kimozi, heterolog proteinler, tek hücre proteini, maya otolizat ve ekstraktları	[5, 81, 95, 108, 111, 112]
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	L-glutaminaz	[81, 95]
<i>Ogataea (Hansenula) polymorpha</i>	Heterolog proteinler, fitaz	[81, 95]
<i>Yarrowia lipolytica</i> ve <i>Trichosporon fermentum</i>	Lipaz	[81]

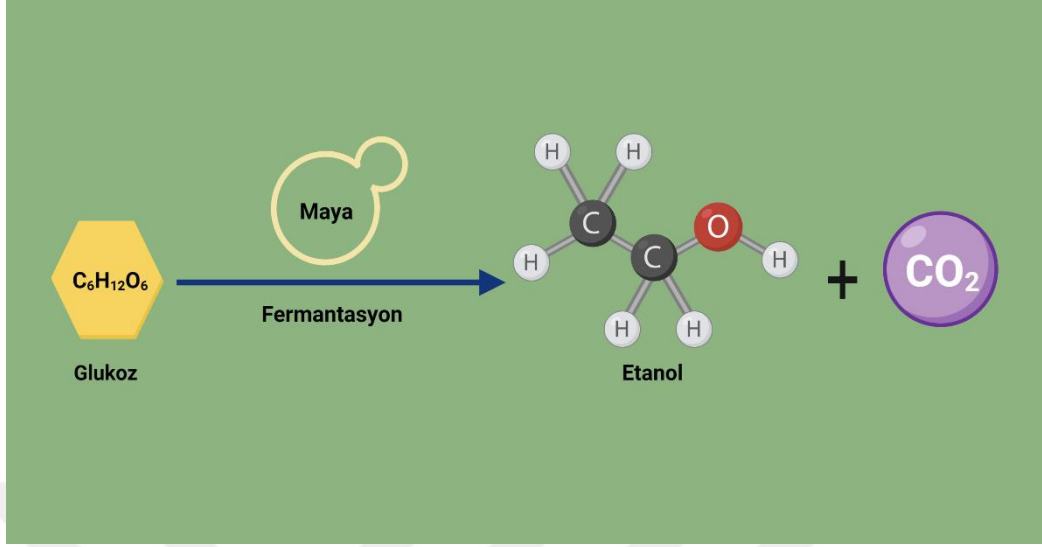
Endüstriyel maya üretimi genellikle, bir dizi fermentasyon sürecini içeren yayılma, hasat, konsantrasyon ve/veya kurutma, paketlenme ve sevkiyat gibi aşamaları içermektedir [4]. Endüstriyel ölçekte maya üretiminde karbon kaynağı olarak genellikle şeker fabrikası atığı olan şeker pancarı veya şeker kamışı melası kullanılmaktadır. Bununla birlikte, *K. marxianus* gibi laktozu kullanabilen mayalar için peynir altı suyu gibi süt endüstrisi atıkları da kullanılabilir [83]. *S. cerevisiae* genellikle uygun sıcaklık ve pH'da şeker melası, amonyak veya amonyak tuzları, fosfat ve B vitaminleri içeren besi ortamına bir miktar mayanın inoküle edilmesi sonucu üretilmektedir. Maya hücre sayısı yeterli seviyeye ulaştıktan sonra işleme daha büyük bir biyoreaktörde devam edilmekte ve bu işlem hedeflenen miktarda maya biyokütlesi elde edilinceye kadar devam ettirilmektedir [18].

1.1.2.1 Biyoetanol Üretimi

Etil alkol veya kimyasal olarak C_2H_5OH veya EtOH olarak da bilinen biyoetanol, doğrudan saf alkol olarak kullanılabilir gibi egzoz gazı emisyonunu azaltmak için benzin veya dizelle karıştırılarak yakıt olarak da kullanılabilir [9]. Biyoetanol aslında yeni bir enerji kaynağı değildir, Avrupa ve ABD'de 1900'lerin başından beri kullanılmaktadır, ancak petrole kıyasla daha pahalı olduğu için kullanım miktarı arzulanan seviyelere ulaşamamıştır [113]. Oysa yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyoetanol, petrol yakıtlarının aksine daha az toksiktir, biyolojik olarak kolay parçalanabilir ve yaygın kullanılması durumunda sera gazı emisyonunun azalmasına yardımcı olabilir [9, 114].

Mayalar, çeşitli karbonhidratları (glukoz, fruktoz, sükroz, laktoz, nişasta, selüloz, lignoselüloz vb.) içeren hammaddeleri (şeker pancarı veya şeker kamışı melası, peynir altı suyu, buğday, mısır, patates, arpa, saman, orman atıkları ve çimen vb.) etanole fermente ederek (Şekil 1.2) biyoetanol üretiminde önemli bir rol oynarlar [9, 115]. Biyoetanol üretiminde *S. cerevisiae* suşları çok kullanılmaktadır [73]. Ancak, genetiğiyle oynanmamış *S. cerevisiae* heksoz şekerleri (glukoz, fruktoz gibi) kullanabilmekteyken, pentoz şekerleri (ksiloz gibi) kullanamamaktadır [116]. Ucuz agro-endüstriyel yan ürünlerin veya atıkların hammadde olarak kullanılmasıyla biyoetanol üretim maliyetleri düşürülebildiği için; sellobiyoz ve ksilozu fermente edebilen *P. stipitis*, *C. shehatae* veya *Pachysolen tannophilus* gibi mayalarla

lignoselülozik hidrolizatların etanole dönüşümüne yönelik yapılan araştırmalar artmıştır [5, 108].



Şekil 1.2 Substrat olarak glukozun kullanıldığı etil alkol fermantasyonu (BioRender.com kullanılarak oluşturulmuştur)

Biyoetanol üretiminde en sık kullanılan maya olan *S. cerevisiae* suşlarının etanol toleransı 120 g/L'den fazladır [73] ancak, mayalar etanole karşı duyarlıdırlar ve ortamdaki etanol miktarının belirli bir seviyenin üstüne çıkması, maya hücrelerinin inhibe olmasına neden olmaktadır [9]. Başta genetik müdahaleler olmak üzere çeşitli yollarla mayalar etanole karşı daha dirençli hale getirilerek endüstriyel biyoetanol üretim veriminin artırılması için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır [18, 117, 118].

1.1.2.2 Enzim Üretimi

Enzimler, ekmek ve bira endüstrisinden; kâğıt ve deterjan endüstrisine kadar çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılan ve nispeten pahalı olan biyolojik katalizörlerdir [109]. Katalitik aktivitelerinin yüksek olması, çoğu durumda istenmeyen yan ürün oluşturmamaları, kararlı ve ucuz olmaları ile yüksek miktarlarda elde edilebilmeleri gibi nedenlerle enzim üretiminde mikroorganizmaların kullanılmasına yönelik son yıllarda artan bir ilgi vardır [110].

Mayalar, gıda ve ilgili sektörlerde kullanılan enzimlerin büyük ölçekte üretilmesi için önemli bir potansiyele sahiptir [119]. Mayalar tek hücreli, uygun koşullarda hızlı gelişebilen ve bakteri hücreleri gibi biyoreaktörde geliştirilebilen canlılardır.

Mayalar, glukoöronidaz, glukozidaz, lipaz, laktaz, inülinaz, ksilanaz, pektinaz gibi çok sayıda hidrolitik enzim üretebilmektedirler (Tablo 1.1) [10].

Candida, *Saccharomyces*, *Pichia*, *Schizosaccharomyces*, *Kluyveromyces* gibi mayaların β -glukozidaz ürettiği bilinmektedir. Endüstriyel lipaz kaynağı olarak ise genellikle *Candida* cinsinden (*C. antarctica*, *C. cylindracea* ATCC 14830, *C. lipolytica*, *C. rugosa*) ve *Geotrichum candidum*'dan elde edilen lipazlar tercih edilmektedir. *C. rugosa*'dan elde edilen lipaz, endüstriyel anlamda en yaygın kullanılan lipazlardan bir tanesidir [10, 120]. *K. lactis* türü, laktazın yanında endüstriyel ölçekte rennin üretmek için de kullanılmaktadır [110]. *K. fragilis* ise laktaz ve inülinaz üretme yeteneğindedir [109]. İnvertaz enziminin endüstriyel ölçekte üretiminde çoğunlukla *S. cerevisiae* [109, 121] ve *S. carlsbergensis* mayaları kullanılmaktadır [111]. *Debaryomyces* (*D. hansenii*), *Hancornia* (*H. speciosa*), *Stephanoaseus* (*S. smithiae*), *Kluyveromyces* (*K. wickerhamii*) cinslerine ait pek çok maya türü pektinolitik enzimler üretebilmektedir [10, 119].

1.1.2.3 Tek Hücre Proteini

Geleneksel protein kaynaklarına (bitki ve hayvanlar) kıyasla, bazı mikroorganizmaların yüksek protein içeriklerine ek olarak, kısa gelişme sürelerine sahip olmaları ve ayrıca, üretimin iklim ve mevsim koşullarından bağımsız olarak sürekli yapılabilme imkânı, protein kaynağı olarak mikroorganizmaların kullanılmasını teşvik eden bazı önemli avantajlardır [4]. Genellikle tarımsal atıklar kullanılarak geliştirilen saf veya karışık maya, küf, alg veya bakteri kültürlerinden ekstrakte edilen proteinlere mikrobiyal protein veya tek hücre proteini denmekte [122] ve artan nüfusun protein ihtiyacının karşılanması ve tarımsal atıkların katma değerli ürünlere dönüştürülerek çevre kirliliğinin azaltılması konularında tek hücre proteinleri önemli bir alternatif sunmaktadır [123]. Tek hücre proteinleri daha çok hayvan yemlerinde kullanılmakla birlikte, gıdaların besin değerini arttırmak için gıdalarda da kullanılabilmektedir [124].

Tek hücre proteini üretiminde genellikle *Candida* ve *Saccharomyces* gibi mayalardan; *Trichoderma*, *Fusarium* ve *Rhizopus* gibi küflerden; *Cellulomonas* ve *Alcaligenes* gibi bakterilerden ve *Spirulina* ve *Chlorella* gibi alglerden yararlanılmaktadır [125]. *C. utilis* ve *S. cerevisiae* gibi mayalar, üstün besin kaliteleri, yüksek biyokütle üretim verimlilikleri ve insan tüketimi için uygun olmaları gibi

nedenlerle tek hücre proteini üretiminde çok kullanılmaktadır [4, 125]. Buna ek olarak, *C. utilis* ve *S. cerevisiae* gibi mayaların tarımsal ve endüstriyel atıklar gibi ucuz hammaddelerde kolayca çoğaltılabilir olmaları tek hücre proteini üretiminde bu mayaların tercih edilmesini sağlayan diğer faktörlerdir [4].

Tek hücre proteinlerini insan beslenmesinde sınırlandıran en önemli faktör ise nükleik asit içerikleridir. Fazla miktarda nükleik asit tüketilmesi insanlarda çeşitli sağlık sorunlarına (gut hastalığı ve böbrek taşı oluşumu gibi) neden olabilmektedir [126, 127]. Bunun yanında, birçok mikroorganizmanın uygun şartlar altında insan ve hayvanlar için toksik özellikte olan çeşitli metabolitler üretebildikleri bilinmektedir. Bu nedenle, tek hücre proteinleri sadece nükleik asit içerikleri açısından değil toksikolojik açıdan da dikkatle değerlendirilmelidir [128].

1.1.2.4 Aroma Metabolitleri

Gıdaların duyuşal değerdendirmesi insanlık tarihi kadar eskidir. Özellikle, lezzet (tat ve aroma), insanlar tarafından içgüdüşel olarak gıda seçiminde önemli bir ölçüt olarak kullanılmaktadır [129]. Bir gıda ağızdayken burun/geniz yoluyla algılanan uçucu ve koku veren bileşiklere aromatik bileşikler denmekte [130] ve gıdaların karakteristik aromalarının ortaya çıkmasında farklı sınıflara ait çok sayıda aromatik bileşik (alkoller, esterler, aldehitler, terpenler, terpenoidler, pirazinler, laktonlar, kükürtlü bileşikler, organik asitler vb.) rol oynamaktadır [41].

Gıdaların tercih edilebilirliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu için, aroma maddeleri tüm gıda katkı maddeleri içerisinde en fazla kullanılan katkı maddeleri arasındadır [131]. Aroma maddeleri yapay (sentetik) veya doğđl olarak üretilebilmektedir, ancak daha ucuz olduğu için sentetik olarak üretilen aroma maddeleri daha çok tercih edilmektedir [130]. Bununla birlikte, özellikle son yıllarda tüketicilerin sentetik katkı maddelerine karşı geliştirdiği ön yargılar (kemofobi) nedeniyle, gıdalarda doğđl aroma maddelerinin kullanılmasına yönelik artan bir talep bulunmaktadır.

Doğđl aroma maddeleri gelenekşel olarak bitkilerden elde edilmektedir [41], ancak bitkiler arzu edilen maddeleri çok düşük miktarlarda içerdikleri için, aroma maddelerinin bitkilerden ekstraksiyonu hem zaman almakta hem de çok maliyetli olmaktadır [132]. Bunun yanı sıra, bitkilerden aroma maddelerinin üretimi iklim ve mevsim koşullarıyla bitki hastalıkları ve uluslararası ticaret politikalarından

etkilenmektedir [133]. Bu durum, doğal aroma bileşiklerinin üretilmesinde alternatif, ucuz ve sürdürülebilir yeni yolların aranmasına neden olmuştur. Bu ihtiyaca cevap verebilmek için araştırmalar biyoteknolojik yollarla gıda bileşenlerinin üretilmesi üzerine yoğunlaşmıştır [134]. Biyoteknolojik yollarla yapılan üretim, optik saflıkta, çevre dostu ve sürdürülebilir olduğu ve doğal hammaddelerden (bitkisel veya hayvansal kaynaklar) uygun fiziksel, enzimatik veya mikrobiyolojik yöntemlerle elde edildiği için, hem AB [135] hem de ABD mevzuatlarına [136] göre “doğal” olarak kabul edilmekte ve tüm bu nedenlerle aroma maddelerinin üretiminde çok ciddi bir potansiyel taşımaktadır [41, 130, 137]. Bu kapsamda aroma maddelerinin sentezi için çekici bir alternatif yöntem, de novo mikrobiyal proseslere veya mikrobiyal hücreler veya enzimler kullanılarak doğal prekürsörlerin biyodönüşümüne dayanmaktadır [132].

Çeşitli mikroorganizmaların, de novo sentez yoluyla, şeker ve alkol gibi besin kaynaklarından aroma bileşikleri üretebildiği bilinmektedir [138, 139]. Farklı bakteri, maya ve küf türlerinden aroma bileşiklerinin üretilebileceği bildirilmiş olmasına rağmen, az sayıdaki maya ve küf türü verimlilik açısından tercih edilmekte; bu türlerden ise daha azı endüstriyel üretim için GRAS olarak kabul edilmektedir [140]. Mayaların fermantasyon sırasında ürettiği birçok aroma metaboliti, de novo veya besi ortamındaki (melas ve peynir altı suyu gibi) prekürsörlerin transformasyonu ve uçucu hale getirilmesiyle üretilmektedir [39, 141]. Alkoller (etanol ve yüksek alkoller), esterler (asetat esterleri ve orta zincirli yağ asidi esterleri), organik asitler (orta zincirli yağ asitleri), karbonil bileşikler (aldehit ve ketonlar) ve sülfür bileşikleri (hidrojen sülfid, sülfür dioksit ve dimetil sülfid) fermantasyon sırasında mayalar tarafından üretilen temel aromatik bileşiklerdir [142, 143].

Mayalar tarafından gerçekleştirilen gıda fermantasyonlarında, fermente gıdaların aromasına katkıda bulunan ve fuzel alkoller olarak bilinen alifatik ve aromatik alkoller üretilmektedir [37]. Fuzel alkoller, propanol, izoamil alkol, izobütanol, aktif amil alkol, 2-feniletanol ve tirozolden oluşmakta [144] olup; bunlar arasında özellikle gül benzeri çiçeksi aromayla karakterize edilen 2-feniletanol gıda, kozmetik ve ilaç sektörlerinde nihai ürünlerin organoleptik özelliklerini arttırmak amacıyla yoğun şekilde talep edilen değerli (piyasa fiyatı yaklaşık olarak 100

\$/kg'dır) bir bileşiktir [83, 145]. Çoğu mayanın L-fenilalanin amino asidini Ehrlich metabolik yolu ile 2-feniletanole dönüştürebilme yeteneğinde olduğu bilinmektedir [103] ve 2-feniletanol üretimi için *K. marxianus* [89, 146, 147] ve *S. cerevisiae* [148] suşlarının kullanılması ile umut verici sonuçlar alınmıştır [104]. 2-feniletanol üretim miktarı, maya suşuna, kullanılan besiyerine ve ortam şartlarına bağlı olarak değişmektedir [149]. Fuzel alkoller ayrıca asetat esterlerinin oluşumunda da rol oynarlar [39]. 2-feniletanolden 2-feniletanole benzer şekilde GRAS statüsüne ve gül-çiçek benzeri bir aromaya sahip olan 2-fenetil asetat gibi bileşiklerin üretimi için prekürsör olarak da yararlanılabilmektedir [150, 151].

Esterler, sağladıkları çiçek ve meyvemsi aromaları nedeniyle gıda sanayiinde (özellikle meyve aromalı gıdalarda) katkı maddesi olarak kullanılan ve ayrıca bira, şarap ve sake gibi fermente içeceklerin meyvemsi aroma kazanmalarına katkıda bulunan, düşük pH'da alkol ve asitlerin esterleştirilmesiyle üretilen aroma maddeleridir [39, 41, 152, 153]. Fermantasyon sırasında üretilen iki ester tipi, asetat esterleri ve etil esterlerdir [39]. En önemli aroma aktif esterler; etil asetat (solvent benzeri aroma), izoamil asetat (muz benzeri aroma), izobütil asetat (meyvemsi aroma) ve feniletil asetat (gül-çiçeksi veya bal benzeri aroma) gibi asetat esterler ile etil hekzanoat (anason veya elma benzeri aroma) ve etil oktanoat (ekşi elma benzeri aroma) gibi orta-zincirli yağ asitlerinin etil esterleridir [153]. Etil asetat, dünyada yaklaşık 1,7 milyon ton/yıl üretimiyle en önemli karboksilat esterlerinden birisi olup; *K. marxianus*, *C. utilis* ve *P. anomala*'nın şekeri etil asetata dönüştürebilen ve endüstriyel ölçekte üretim yapabilmek için potansiyeli olan en umut verici maya türleri olduğu belirlenmiştir [154]. İzopentil asetat olarak da bilinen izoamil asetat gıda endüstrisinde en çok kullanılan aroma bileşiklerinden biridir [155, 156] ve *Williopsis* türlerinin izoamil asetat gibi uçucu esterleri önemli miktarlarda (12-73 mg/L) sentezleyebildikleri bildirilmiştir [156, 157]. Kullanılan maya suşu, fermentasyon ortamının bileşimi ve fermentasyon koşulları dahil olmak üzere birçok değişkenin ester üretimini etkilediği bilinmekte ve bu durum, proses parametrelerinin modifikasyonunun, çeşitli maya suşları için öngörülebilir bir şekilde ester seviyelerini değiştirmek için kullanılabileceğini göstermektedir [158].

Kısa zincirli uçucu aldehytler, kimyasal yapılarına göre değişmekle birlikte, elma, narenciye ve fındık-ceviz arasında değişen aroma vermelerinden dolayı çeşitli

gıdaların lezzetine katkıda bulunmaktadır [141]. Keto-asitlerle birlikte kısa zincirli alifatik aldehitler, mayalar tarafından amino asitlerden ve şekerlerden yüksek alkollerin üretimiyle sonuçlanan biyokimyasal reaksiyonlardaki anahtar bileşiklerdir [143]. Aldehitler arasında asetaldehit, çoğu fermente gıdada en fazla bulunan aldehittir [159]. Fermentatif glikolizin bir yan ürünü olan asetaldehit, genellikle mayaların aktif gelişme aşamasına geçtiği zaman oluşmaktadır. Fermantasyonun ilerleyen aşamalarında ise asetaldehit oluşma hızı yavaşlamakta ve daha önce üretilmiş olan asetaldehitler etanole indirgenmeye başlamaktadır. Asetaldehit ayrıca asetat ve asetoin sentezi için de prekürsör metabolittir [143]. Düşük konsantrasyonlarda asetaldehit şarap ve diğer içeceklere hoş bir meyve aroması vermekteyken, daha yüksek konsantrasyonlarda çimen veya elmayı anımsatan keskin, rahatsız edici bir aromaya neden olmaktadır [38]. Asetaldehit konsantrasyonu, fermantasyon şartlarının yanı sıra maya suşuna bağlı olarak da değişmektedir [143, 160]. Özellikle şaraplar için önemli olan bir diğer karbonil bileşik ise diasetildir. Diasetil, kızarmış ekmek, karamela ve fındık aromasına sahip bir bileşik olarak tanımlanmasına rağmen, yüksek konsantrasyonları ransit (acı) tereyağı gibi bir aroma vermektedir [38, 39, 161]. Mayaların fermantasyon sırasında diasetil sentezleyebildikleri bilinmekle birlikte, diasetil çoğunlukla laktik asit bakterileri tarafından üretilmektedir [38].

Laktonlar kimyasal olarak γ - ve δ -hidroksi asitlerin siklik esterleri olarak tanımlanmaktadır [132] ve kimyasal yapılarına bağlı olarak şeftali, kayısı veya Hindistan cevizi notaları ile meyvemsi ve yağlı özellikler sergilemektedirler [162]. Laktonların birçoğu, başta mayalar olmak üzere çeşitli mikroorganizmalar kullanılarak biyoteknolojik yollarla elde edilebilmektedir [163]. Çoğu laktonun hoş giden aromasının yanında antibakteriyel, antifungal veya anti-inflamatuvar özellikleri de vardır [162]. En fazla üretilen ve ticari olarak en önemli lakton olan γ -dekalakton, genellikle uzun zincirli bir hidroksi yağ asidi (risinoleik asit) prekürsörünün, *Y. lipolytica* ve *Sporidiobolus salmonicolor* gibi bazı mayalar tarafından biyotransformasyonu ile elde edilmektedir [93, 164]. Maya fermantasyonu ile üretilen pek çok gıdada doğal olarak bulunan γ -dekalakton, konsantrasyonuna bağlı olarak gıdaların şeftali benzeri aroma kazanmasına katkıda bulunmaktadır [162].

1.1.3 Maya Ekstraktının Genel Özellikleri

Maya ekstraktı, hücre duvarının tahrip edilmesi ve uzaklaştırılmasının ardından kalan ve amino asitler, peptitler, nükleotitler, mineraller ve vitaminler dahil olmak üzere maya hücresinin suda çözünen bileşenlerini içeren bir ürün [165] olup; gıdaların yanında hayvan yemlerinde, çeşitli kozmetik ürünlerde ve mikrobiyal kültür ortamlarında kullanılmaktadır [166].

Maya biyokütlesi, fermentasyon endüstrisinin başlıca yan ürünlerinden birisidir [32] ve özellikle bira ve şarap fabrika atıklarında bol miktarda maya bulunmaktadır. Ayrıca, mikrobiyal biyokütle üretiminde karbon kaynağı olarak tarımsal atıklar kullanılabilir. Fabrika atıklarından izole edilen mayaların tarımsal atıklarda geliştirilmesiyle üretilen maya ekstraktı, hem atık yönetiminin sağlanarak çevre kirliliğinin azaltılmasına hem de gıda atıklarından katma değerli ürünlerin üretilmesine imkân tanımaktadır [167, 168, 169].

Avrupa Birliği'nde maya ekstraktlarının kullanımı, gıdalarda kullanılmak üzere lezzet verici maddelerle ilgili Avrupa Parlamentosu tarafından 16 Aralık 2008 tarihinde yapılan düzenleme ile 1334/2008 sayılı yönetmeliğe tabidir [135]. Bu düzenlemeye göre, maya ekstraktları, çok yaygın olarak mikrobiyal orijinli materyalin kurutulması gibi fiziksel işlemlerle elde edildiğinden "doğal" lezzet verici/arttırıcı olarak sınıflandırılmakta ve güvenilir oldukları kabul edilmektedir [32, 170]. Bu kapsamda maya ekstraktları, kendilerine özgü karakteristik umami tatları ve et benzeri aromalarından dolayı hakkında çeşitli ön yargılar bulunan monosodyum glutamata (MSG, E621) doğal bir alternatif oluşturmakta ve sos, bulyon, çorba, noodle ve et ürünleri gibi çeşitli gıdaları lezzetlendirmek için kullanımı yaygınlaşmaktadır. Maya ekstraktlarının lezzeti, hücre bileşenlerinin enzimatik parçalanması sırasında oluşan peptitler, amino asitler, nükleotitler ve uçucu bileşiklerden kaynaklanmaktadır [169].

Maya ekstraktları gıdalarda genellikle lezzeti ve/veya besin değerini arttırmak için kullanılmaktadır [166]. Azot bakımından zengin ve sindirimi kolay olan fermentasyon (özellikle biracılık) atığı mayalar hayvan beslenmesinin yanında insan beslenmesinde de kullanılabilecek değerli bir protein ve amino asit kaynağı olma potansiyeli taşımaktadır [32]. Maya ekstraktlarının ana bileşeni hidrolize proteindir [27]. Maya ekstraktının protein miktarı kullanılan maya türüne ve üretim

yöntemine göre değişiklik göstermektedir. Sommer'a [171] göre, otolitik olarak elde edilen maya ekstraktının %73-75'i proteinojenik materyalden oluşmaktadır ve bunun %35-40'ı serbest amino asitlerden, %10-15'i di- tri- ve tetra-peptitlerden, %40-45'i ise oligopeptitlerden oluşmaktadır [172]. Maya ekstraktının yağ içeriği ise genellikle düşüktür (yaklaşık olarak %1) [172]. Sommer'a [171] göre düşük tuz içerikli maya ekstraktının yağ içeriği yaklaşık olarak %0,5'dir [173]. İnsan vücudu ihtiyaç duyduğu tüm amino asitleri üretemez, bu amino asitlere esansiyel/elzem amino asitler denir ve bu aminoasitlerin vücuda dışarıdan alınması gerekmektedir [32]. Esansiyel amino asitler bakımından da zengin olan maya ekstraktları, bu amino asitlerin vücuda alınabilmesi için iyi bir kaynaktır [31]. Sommer [171] düşük tuz içerikli maya ekstraktının yaklaşık %6'sının (%5'i polisakkaritler ve %1'i oligosakkaritler) karbonhidratlardan oluştuğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, Vieira vd. [30] *S. pastorianus*'tan mekanik bozunma ile ürettikleri maya ekstraktındaki karbonhidrat miktarının yaklaşık olarak %12,9 olduğunu bildirmişlerdir.

Maya ekstraktlarının vitamin içeriği, kullanılan maya türüne ve üretim prosesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Özellikle otolizle maya ekstraktı üretiminde sıcaklık, pH ve reaksiyon süresi gibi metodolojik parametreler vitamin içeriğini etkilemektedir [27]. Maya ekstraktları genel olarak niasin, kalsiyum pantotenat ve riboflavin gibi B vitaminleri açısından zengindir [171, 173]. Maya ekstraktının 100 gramı, yaklaşık olarak 68 mg niasin, 30 mg kalsiyum pantotenat, 11,9 mg riboflavin, 3,1 mg folik asit ve 3 mg tiaminden oluşmaktadır [27]. Vieira vd. [30] *S. pastorianus*'tan ürettikleri maya ekstraktının 100 gramındaki nikotinik asit, pridoksin ve folik asit miktarlarını sırasıyla 77,2 mg, 55,1 mg ve 3,01 mg olarak belirlemişlerdir. Maya ekstraktında oransal olarak küçük, ancak besinsel olarak önemli farklı makromineraler ve eser elementler bulunmaktadır [172]. Maya ekstraktlarının mineral içeriği, maya ekstraksiyonunda uygulanan filtrasyon ve seperasyon gibi işlemlerden etkilenmektedir. Standart bir maya ekstraktının 100 gramında bulunan mineral miktarı yaklaşık olarak 3,3 g potasyum, 200 mg magnezyum, 120 mg kalsiyum, ve 5 mg bakırdan oluşmaktadır. Dışarıdan tuz (NaCl) eklenmediğinde ekstraktın sodyum içeriği 0,5 g'dan azdır [27]. Vieira vd. [30] maya (*S. pastorianus*) ekstraktının 100 gramındaki potasyum, sodyum, magnezyum ve kalsiyum miktarlarını sırasıyla 9,15 g, 1,23 g, 273 mg ve 27,1 mg olarak; çinko,

demir, manganez, bakır, kobalt, selenyum, krom ve molibden iz elementlerinin miktarlarını ise sırasıyla, 11,9 mg, 1,76 mg, 0,564 mg, 0,364 mg, 0,03 mg, 0,03 mg, 0,019 mg ve 0,003 mg olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada, maya ekstraktının 100 gramındaki nem (%), kül ve RNA miktarlarının sırasıyla 7,70 g, 14 g ve 4 g olduğu tespit edilmiştir.

Maya ekstraktları, besin kompozisyonu açısından hem vejetaryen hem de geleneksel diyetlerde kullanılabilecek değerli ingrediyenlerdir [27, 174]. Vejetaryen diyetler için ekstraktların kullanılması, başta lisin, valin ve izolösün olmak üzere tüm önemli amino asitleri ve B grubu vitaminleri içerdiği için önemlidir. Maya ekstraktları bileşimleri nedeniyle amino asitler ve B vitaminlerince zenginleştirilmesi gereken düşük kepekli tahıllar veya meyve suları gibi gıdalarda kullanılabilirler [27, 175]. Maya biyokütlesi üretiminde farklı besin maddelerinin seçici olarak ortama eklenmesi ile maya ekstraktlarının bileşimini belirli oranda değiştirmek de mümkündür [172].

Maya ekstraktları ticari olarak genellikle toz veya macun şeklinde üretilmekle [176] birlikte; ihtiyaca göre granül veya sıvı şeklinde de üretilabilmektedir [173, 177, 178].

1.1.4 Maya Ekstraktı Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Maya biyokütlesi üretiminde karbon kaynağı olarak tarımsal atıklar kullanılabilmekte ve bu şekilde hem çevre kirliliği azaltılmakta hem de tarımsal atıkların maya otolizat ve ekstraktları gibi yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesi sağlanmaktadır [128]. Endüstriyel maya biyokütlesi üretiminde bu amaçla substrat olarak genellikle tarım, ormancılık ve gıda atıkları ile yan ürünleri kullanılmaktadır. Geliştirilmek istenen mikroorganizmaya bağlı olarak nişasta, melas, peynir altı suyu, kahvecilik atıkları, meyve ve sebze atıkları, odun, saman gibi geleneksel malzemeler ile petrol yan ürünleri, doğal gaz, etanol ve metanol gibi geleneksel olmayan malzemeler kullanılabilmektedir [179]. Ancak, tarım ve ormancılık atıkları selüloz, hemiselüloz ve lignin açısından zengindir. Bu bileşiklerin *S. cerevisiae* gibi mayalar tarafından kullanılabilmesi için fermente edilebilir şekerlere dönüştürülmesi, bunun için de çeşitli kimyasal ön işlemler gereklidir. Dolayısıyla, lignoselülozik atıklardan maya biyokütlesi üretimi yüksek maliyetli olduğu için çok tercih edilmemektedir [4].

Şeker kamışı veya şeker pancarı melası, nişasta, manyok, peynir altı suyu ürünleri, patates atıkları, biracılık atıkları ile diğer tarım, gıda ve endüstriyel işlemlerden kaynaklanan çeşitli atıklar daha önceki çalışmalarda maya biyokütlesi üretiminde substrat olarak kullanılmıştır [180, 181]. Mayaların polisakkaritleri ve kompleks karbonhidratları metabolize etme yeteneği nispeten az sayıda türle sınırlıdır [179]. Nişastanın kullanılması, nişastalı tarımsal atıklardan maya biyokütlesinin endüstriyel üretimi için özellikle önemlidir [181, 182]. Ancak, *S. cerevisiae* gibi mayalar nişastayı parçalayabilen amilaz enzimi üretemedikleri için nişasta, maltoz ve glukozu hidrolize edildikten sonra kullanılabilir. Nişastanın glukozu hidrolizi, asitle veya ekzoenzimlerle (amilaz) gerçekleştirilebilir, ancak bu işlemler maliyetin artmasına neden olmakta ve artan maliyet maya biyokütlesi üretiminde nişasta kullanımını sınırlandırmaktadır [4, 179, 183].

Maya ekstraktı üretiminde sıklıkla %50'ye yakın sükröz içerdiğinden ve ucuz olmasından dolayı, şeker endüstrisinin önemli bir atığı olan şeker kamışı veya şeker pancarı melasından yararlanılmaktadır. Şeker pancarı melası, genellikle sükrözün yanında proteinler, vitaminler, amino asitler, organik asitler ve ağır metalleri içermekte ve maya ekstraktının yanında ekmek mayası, sitrik asit, organik asitler, amino asitler, antibiyotikler ve enzimlerin üretiminde de sıklıkla kullanılmaktadır [156, 184, 185]. Optimum maya biyokütlesi üretmek için işlemde önce melasta bulunma potansiyeli olan ağır metallerin uzaklaştırılması ve melasın başlangıç bileşimine bağlı olarak ekstra besin elementlerinin (N, P, Mg, Ca, iz miktarlarda Fe, Zn, Cu, Mn ve biyotin, tiamin gibi vitaminler) fermantasyon ortamına ilave edilmesi tavsiye edilmektedir [4].

Peynir altı suyu, süt endüstrisinin değerli bir yan ürünüdür ve işlenmeyip çevreye atıldığı takdirde üretim miktarları (1 kg peynir üretiminde yaklaşık 9 kg peynir altı suyu açığa çıkmaktadır) nedeniyle önemli bir kirliliğe neden olmaktadır [186, 187]. Peynir altı suyu, süt katı maddesinin yaklaşık %55'ini içermekte olup; ana bileşenleri yaklaşık olarak 45 g/L laktoz, 2,42-10 g/L protein, 1,19-1,3mg/g inorganik azot ve 1-4,5 g/L fosfattan oluşmaktadır [83]. Peynir altı suyundaki ana şeker bileşeni olan laktoz, sadece *Kluyveromyces* ve *Candida* mayalarının birkaç türü tarafından metabolize edilerek değerli biyoingrediyen maddeler, oligonükleotitler ve lezzet arttırıcıların yanında, protein açısından zengin hücre

kütlesi üretimi için de kullanılabilir [4, 5, 188]. *K. marxianus*, β -galaktozidaz enzimi üretebildiği için laktozu fermente edebilme yeteneğine sahiptir [187] ve peynir altı suyu çoğunlukla ticari ölçekte *K. marxianus* mayasından biyokütle üretiminde kullanılmaktadır [4]. Bununla birlikte, peynir altı suyunda geliştirilen *K. marxianus*'tan maya ekstraktı üretimine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, de Palma Revillion vd. [176], *K. marxianus* CBS 6556 suşunu peynir altı suyunda geliştirerek 5'-nükleotitlerce zengin maya ekstraktı üretmişlerdir.

Maya biyokütlesi üretiminde tarımsal atıklar kullanılarak maliyetin düşürülmesi önemli bir faktördür, ancak maya ekstraktının bileşimi (özellikle uçucu bileşik profili), biyokütle üretiminde kullanılan hammaddeden etkilendiği için, hammadde seçimi tüm bu kriterler gözetilerek yapılmalıdır [172].

1.1.5 Maya Ekstraktı Üretim Yöntemleri

Maya ekstraktı üretiminde başta *S. cerevisiae* olmak üzere; *C. utilis*, *K. marxianus* ve *K. lactis* gibi mayalardan çok yararlanılmaktadır [173, 178]. Diğer mikroorganizmalara benzer şekilde mayalar da kalın (100-200 nm) ve sağlam bir hücre duvarına sahiptir. Maya hücre duvarının temel bileşeni (%80-90) polisakkaritlerden; özellikle de mannan ve glukandan oluşmaktadır. Bunun yanında daha az miktarlarda kitin, proteinler, yağlar ve fosfat bulunmaktadır. Hücre duvarının etkili bir şekilde parçalanması, maya ekstraktı üretimindeki en önemli aşamalardan birisidir [189].

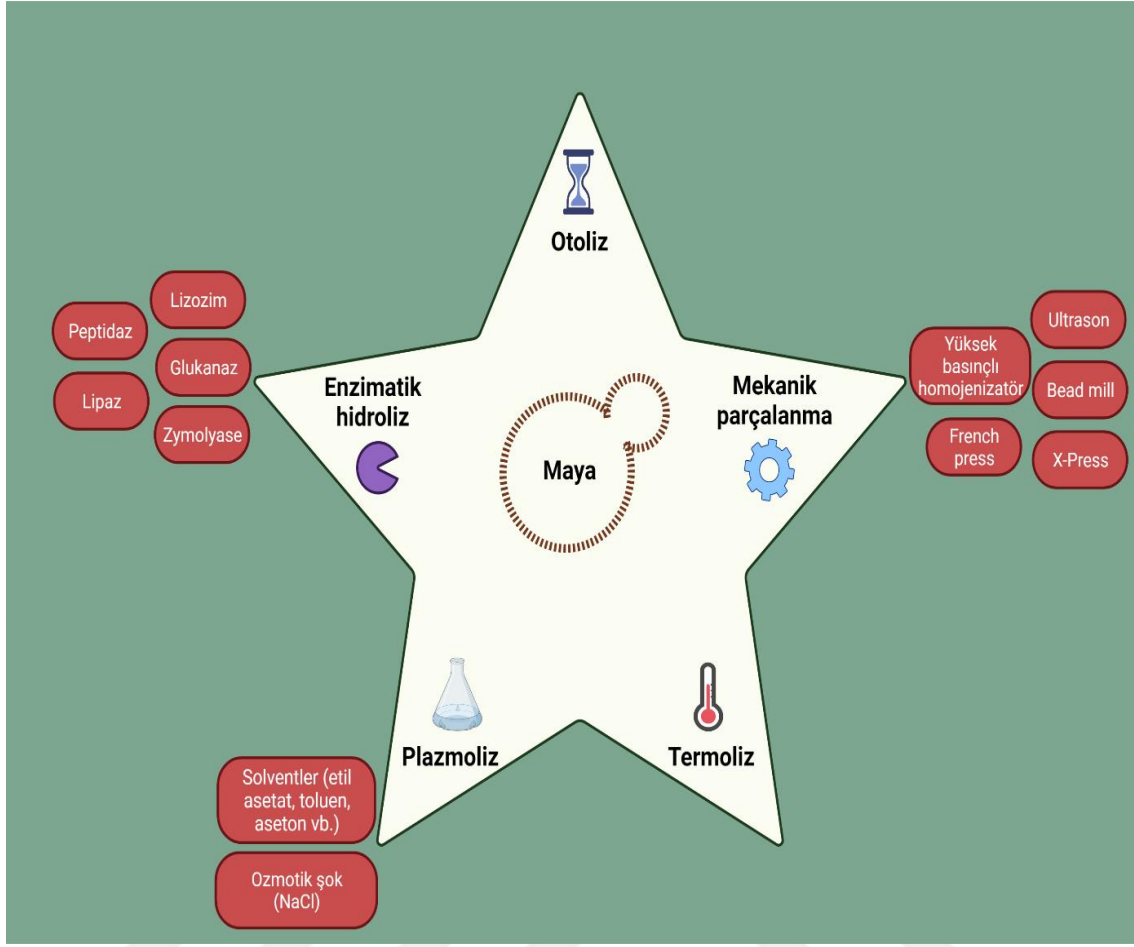
Maya hücrelerini parçalamak için kullanılabilecek çeşitli yöntemler bulunmakta ve maya ekstraktı kompozisyonu seçilen yönteme bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu yöntemler genel olarak, mekanik (hücre öğütücü -cell mill-, yüksek basınç uygulamaları, ultrason uygulamaları vb.) ve mekanik olmayan yöntemler (otoliz, plazmoliz, hidroliz vb.) şeklinde kategorize edilebilir (Şekil 1.3) [172, 190]. Bu yöntemler arasında, otoliz ucuz ve kolay olduğu için en fazla kullanılan yöntemlerden birisidir [173, 191]. Ancak, pratikte sıklıkla otoliz ve plazmoliz yöntemleri birlikte kullanılmaktadır [172, 192].

Sodyum klorür (NaCl), sükroz, etil asetat, amil asetat, kloroform, eter, aseton ve toluen gibi bileşikler maya hücresinin parçalanmasını kolaylaştırmaktadır [173, 193, 194]. Bu bileşiklerin ortama eklenmesi ile oluşan ozmotik stresin maya

hücrelerinin parçalanmasını hızlandırması işlemine plazmoliz denmektedir [193]. Ozmotik şok, membranın bozularak hücrenin içeriğinin dışarı sızmasına yol açmakta ve böylece hücre parçalama işlemi daha hızlı gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, bu yöntem, ortama eklenmiş bileşiklerin işlemden sonra uzaklaştırılmasını gerektirdiği için, otolize kıyasla daha karmaşıktır. Aynı zamanda nihai ürünün tuz içeriği ve maliyeti de artmaktadır [169].

Zimolaz (β -1,3-glukanaz) [195, 196], lizozim [195], papain [196, 197], litikaz [197], glukozidaz, glukanaz, peptitaz ve lipaz gibi enzimlerin hücre duvarının hızlı ve başarılı bir şekilde parçalanmasını sağlayan etkili enzimler olduğu bildirilmektedir [189]. Conway vd. [198] maya parçalanması üzerine çeşitli proteaz ve glukanazların etkisini araştırdıkları çalışmalarında; kullandıkları 11 farklı proteaz ve 2 glukanazın ısıtılmış işlem uygulanmış maya biyokütlesinden maya ekstraktı üretim verimliliğini arttırdığını tespit etmişlerdir. Otolizle elde edilen maya ekstraktlarında, serbest amino asitlerin di-, tri-, tetra- ve oligo-peptitlere oranı nispeten sabittir, ancak hücreyi parçalamak için ortama ekzojen proteaz ve peptitazlar eklendiğinde bu oran önemli ölçüde değişebilmektedir [27]. Arzulanan kompozisyonda maya ekstraktı elde edilebilmesi için, kullanılacak enzimin iyi seçilmesi gerekmektedir.

“Asit hidrolizi” terimi, asit muamelesi ve termal etki ile enzimatik olmayan bir hücre bozulma sürecini tanımlamak için kullanılmaktadır [172]. Hidroliz işleminde mayanın hidrolizi için kendi litik enzimleri yerine hidroklorik asit (HCl) gibi kuvvetli asitlerden yararlanılmaktadır [169]. Hidroliz işlemi ile hem hücre içi proteinler hem de hücre duvarı polisakkaritleri yüksek çözünme verimi ile hidrolize edilmektedir. Ancak, bu yöntem asit dirençli ekipman kullanılmasını gerektirmekte ve nihai ürünün yüksek tuz içermesine yol açmaktadır [169, 199]. Ayrıca, hem asit hidroliz yönteminde hem de plazmoliz yönteminde ürünlerde tehlikeli kimyasalların oluşma ihtimali bulunmaktadır [27].



Şekil 1.3 Çeşitli hücre parçalama yöntemleri (Jacob vd.'den [172] uyarlanmış ve BioRender.com kullanılarak yeniden oluşturulmuştur)

Maya hücrelerinin mekanik parçalanması, lizozomda bulunan ve hücre membranı ve hücre duvarıyla ilgili olan litik enzimlerin serbest kalmasına yol açmaktadır [200]. Maya ekstraktı üretiminde hücre parçalanması için hücre öğütücülerinin (cell mills) kullanılması, endüstride en sık kullanılan mekanik işlemlerden birisidir, ancak enerji maliyetleri otolize kıyasla daha yüksektir [189]. Verduyn vd. [196], maya otolizat verimini (kuru madde ve toplam azot miktarını) arttırmak amacıyla otolizden önce yüksek basınç uygulamasının etkinliğini inceledikleri çalışmalarında; verimin başlangıçta artmasına rağmen, ekstraktların hücre atıklarının güç uzaklaştırıldığını ve ayrıca nihai üründe kuru madde kaybına yol açtığını belirlemişlerdir. Liu vd. [201], hücre parçalama ve hücre içi proteinlerin maya hücrelerinden salınımı üzerine ultrasonik parçalamanın etkisini araştırdıkları çalışmalarında, hücre parçalama ve protein salınımının ultrasonikasyonla artırılabilirdiğini raporlamışlardır. Bununla birlikte, Khan vd. (165) sonikasyon ve

otolizi kıyasladıkları çalışmalarında, briks açısından otoliz ile hücre parçalama işleminin daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Dimopoulos vd. [169], otoliz öncesi darbeli elektrik alan (PEF) uygulamasının otoliz üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, PEF uygulamasının otolizi hızlandığını ve ayrıca amino asit ve kuru madde salınımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

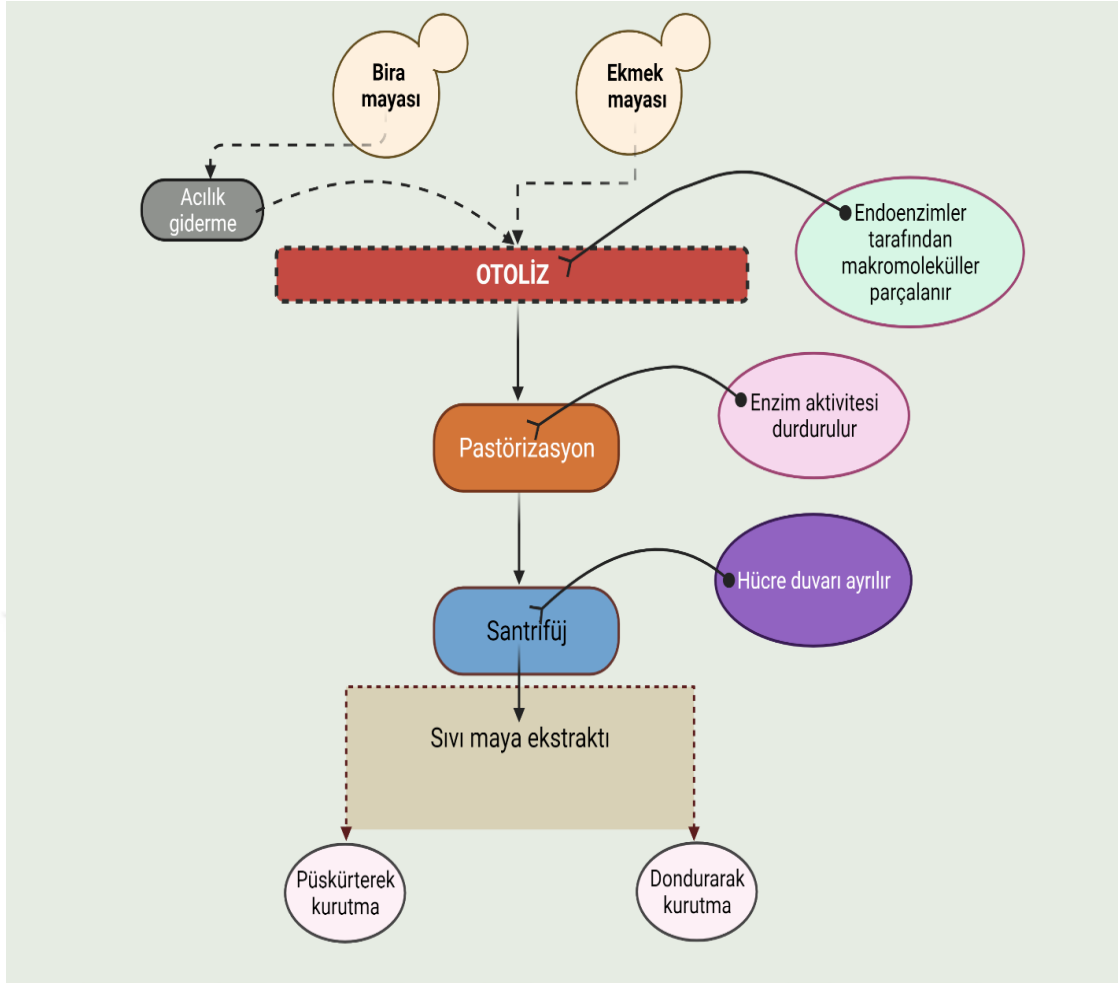
1.1.5.1 Otoliz ile Maya Ekstraktı Üretimi

Otoliz, uygun pH ve sıcaklık koşullarında hücrenin ölümünden sonra membranöz sistemlerin (sitoplazmik membran ve diğer organel membranları) düzensizliğiyle başlayan doğal bir süreçtir [169, 202]. Otoliz normalde bir popülasyonun durağan fazının sonunda doğal olarak başlamakta ve uzun süre devam edebilmektedir [172]. Endüstriyel otolizin amacı, öncelikle hücre içeriğinin serbest kalmasını sağlamak, daha sonra ise proteinlerin proteaz A, B ve karboksipeptitaz Y gibi endoenzimlerle peptitlere ve amino asitlere hidrolizini sağlamaktır [172, 203]. Otolizin başlamasıyla birlikte, glukanaz ve proteinaz gibi endoenzimler hücre duvarını kademeli olarak bozarak hücre duvarının gözenekli hale gelmesine ve hücre içi bileşiklerin ortama salınmasına neden olmaktadır [202, 204]. Ayrıca, proteaz ve nükleazlar gibi enzimler, protein, DNA ve RNA'yı hidrolize ederek glutamik asit ve 5'-nükleotitler gibi çeşitli lezzet artırıcı bileşiklerin salınmasına neden olmaktadır [28] ve sonuç olarak, hücrelerin süspansiyon haline getirildiği ortam, hücre içi bileşenlerin bozunmasıyla salınan bileşiklerle zenginleşmektedir [205].

Maya otolizi sıcaklık ve pH'dan güçlü bir şekilde etkilenmektedir [43]. Otolizi etkileyen en önemli fiziksel faktör ise sıcaklıktır [173]. Kontrollü bir sıcaklık şokunun tüm proses için etkili olduğu bilinmektedir ve sıcaklığın ozmotik stres (NaCl) ile birlikte uygulanması daha etkili olabilmektedir [172, 206]. Ancak, otoliz işleminin yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilmesi membran yapısının değişmesine neden olmaktadır [173, 200]. Otoliz sırasında, sıcaklık ve reaksiyon süresi gibi uygun koşullar sağlandığı zaman, hücre içi proteinlerin, karbonhidratların ve vitaminlerin ekstraksiyonu doğal yapılarını koruyacak şekilde kolaylaşmaktadır [27]. Otoliz işlemi pH'dan da etkilenir. Uluslararası Protein Konseyi'ne göre, otoliz ile maya ekstraktı üretiminde ideal pH değerleri 4,5-6,0 arasındadır [173, 206]. Bununla birlikte, en fazla protein salınımının ve hidrolizinin pH 5,5 [203, 207] ve 7,0'da [207] gerçekleştiğini raporlayan çalışmalar bulunmaktadır [172]. Otolizle

RNA'nın parçalanması üzerine de sıcaklık, pH ve sürenin önemli etkileri bulunmaktadır [208]. Zhao ve Fleet [208], *S. cerevisiae*'nin otolizinde en hızlı RNA parçalanmasının 50 °C ve pH 7,0'da gerçekleştiğini; 5'AMP ve 5'GMP oluşumu için ise otoliz işleminin sırasıyla 50 °C'de (pH 7,0) ve 40 °C'de (pH 4,0) gerçekleştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Bozulmamış maya hücreleri için otolizleme süreleri tipik olarak 24 saatten fazla sürmektedir ve bunun sonucunda düşük ekstrakt verimliliği bildirilmiştir. Ayrıca uzun süren otoliz işlemi ekstraktların bakteriyel kontaminasyonuna neden olarak nihai ürün kalitesini de azaltabilmektedir [169, 209]. Pek çok çalışmada 40-55 °C'lik bir sıcaklık ve 24-48 saatlik bir sürenin, hücre lizizi ve protein parçalanması için optimum parametreler olduğu gösterilmiştir [168, 172, 203, 206]. Endüstriyel uygulamalarda, maya otolizi, işlem süresini kısaltmak amacıyla çeşitli fiziksel (ısıtma, ozmotik basınç ve alternatif dondurma ve çözündürme teknikleriyle), kimyasal (pH, deterjan ve antibiyotiklerle) veya biyolojik (havalandırma ve besin yetersizliği) işlemlerle indüklenmektedir [204].

Otolizin ardından reaksiyonu sonlandırmak, otolizatta canlı halde bulunan maya hücreleri ve enzimleri inaktive etmek için genellikle kısa süreli bir (80 °C'de 20-30 dakika) ısıl işlem uygulanır [173]. Maya ekstraktının güçlü bir şekilde ısıtılması, serbest amino asitlerin indirgen şekerlerle reaksiyona girerek (Maillard reaksiyonu) kaybolmasına neden olabilir. Ancak, kontrollü bir Maillard reaksiyonu ile ürünün lezzetini arttırmak da mümkündür [172, 210]. Maya ekstraktı üretiminde besince zengin fraksiyonların salınmasının ve çözünmesinin ardından, çözünmeyen bileşenlerin ortamdan ayrılması gerekir [172]. Bu amaçla otolizat ısıl işlemin ardından santrifüjlenerek sıvı kısım (maya ekstraktı) ve hücre enkazının birbirinden ayrılması sağlanır [173, 211, 212]. Daha sonra nihai ürünün raf ömrünü arttırmak amacıyla, isteğe göre püskürterek veya dondurarak kurutma işlemleri uygulanır (Şekil 1.4). Tüm prosedürler vitaminler gibi ısıya karşı hassas olan bileşikleri korumaya yönelik tasarlanmalıdır [171, 172].



Şekil 1.4 Bira ve ekmek mayasından otolizle maya ekstraktı üretimi (Tangüler ve Erten'den [173] uyarlanmış ve BioRender.com kullanılarak yeniden oluşturulmuştur)

Mayaların otolizi, gıda endüstrisinde maya ekstraktları ve otolizatları gibi çeşitli gıda ingrediyanlerini elde etmek amacıyla en sık kullanılan işlemlerden biridir. Otolizatlar maya ekstraktları ile benzerdir, ancak üretimlerinde hücre duvarları uzaklaştırılmaz [205]. Maya hücre duvarı, önemli miktarda (%50-60) koyulaştırıcı ajan olarak da bilinen β -glukan içerdiği [27, 213] için, maya otolizatları katıldığı gıdalarda lezzete ek olarak viskoziteyi de arttırarak tekstürü geliştirmektedir [205].

1.1.6 Maya Ekstraktı ve Umami Tat

Tokyo Imperial Üniversitesi'nden Kikunae Ikeda'nın araştırmaları miso gibi pek çok Japon çorbasında kullanılan "dashi" üzerine yoğunlaşmıştır. Dashinin tadının diğer dört tattan (acı, tatlı, ekşi ve tuzlu) belirgin bir şekilde farklı olduğunu düşünen Ikeda, dashinin temel ingrediyanı olan *Laminaria japonica* yosunundaki ana tat maddesi olan glutamik asidi izole etmeyi başarmış [214] ve tanımladığı bu yeni tadı,

1908 yılında [215] “umami” (Japonca umaiden türetilmiş olup lezzetli demektir) olarak adlandırmıştır. Ancak, glutamatın ve diğer umami tat veren maddelerin (inosinat ve guanilat gibi) tadının eşsizliği, 20. yüzyılın sonuna kadar yaygın olarak kabul görmemiştir [216]. Günümüzde ise umami tat tatlı, ekşi, acı ve tuzlu tatların yanında 5. bir tat olarak kabul edilmektedir.

MSG ve disodyum-5'-inosinat (5'-IMP) ile disodyum-5'-guanilat (5'-GMP) gibi 5'-ribonükleotitler, gıdalara umami tat kazandırmak için sıklıkla kullanılan etkili lezzet verici/arttırıcı katkı maddeleridir [217]. Bu katkı maddeleri, endüstriyel gıdaların yanı sıra restoranlarda yapılan yemeklerde de kullanılmaktadırlar [218]. 5'-nükleotitler hafif tuzlu ve et suyu benzeri bir lezzet vermektedirler [219].

Mayanın ekonomik üretimi diğer organizmalarla karşılaştırıldığında, 5'-nükleotitler bakımından zengin ekstraktların üretimi için tercih edilmesine neden olmaktadır [167, 219]. Lezzet arttırıcı özellikleri bulunan 5'-nükleotitlerin oluşumu için RNA miktarı özellikle önemlidir ve mayaların DNA miktarları kuru ağırlıkça %1,5'ten daha az olmasına rağmen; RNA miktarları, %5-15 arasında değişmektedir [173, 220]. Bununla birlikte, Vieira vd. [30] *S. pastorianus*'dan mekanik bozunma ile ürettikleri maya ekstraktının RNA miktarını %4 olarak belirlemişlerdir. Maya otolizi sırasında nükleik asitler umami tattan sorumlu olan 5'-monofosfat nükleotitlere parçalanırlar. 5'-nükleotitler arasında, 5'GMP aktif bir lezzet arttırıcıdır, 5'-adenosin monofosfat (5'AMP) ise lezzet arttırıcı 5'IMP için öncül bileşiktir [43, 221]. 5'GMP içeren maya ekstraktları, maya hücrelerindeki RNA'nın ısı ile işleme ve 5'fosfodiesteraz enzimiyle [220] hidrolize edilmesiyle hazırlanabilmektedir [212]. 5'-nükleotitlerin üretiminde ekmek mayası kullanılabileceği gibi maliyetin düşürülmesi amacıyla bira sanayiinin en büyük ikinci atığı olan bira mayaları (*S. pastorianus* gibi) da kullanılabilmektedir [43]. El-Aleem vd. [219] tarafından 5'-nükleotit ekstraktlarının lezzet üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 5'-nükleotitleri önemli miktarda içeren maya ekstraktlarının; maya ekstraktlarına kıyasla daha pahalı ve daha az güvenilir olan saf kimyasallar yerine potansiyel olarak lezzet arttırıcı madde kaynağı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Hem inosinat hem de guanilat, mayaların yanında pek çok gıdada doğal olarak bulunmaktadır. İnosinat 100-300 mg/100 g arasında değişen miktarlarda sardalya, palamut, orkinos, ton balığı, at, domuz, sığır ve tavuk gibi hayvansal gıdalarda

bulunurken [222]; guanilat 10-150 mg/100 g arasında değişen miktarlarda çeşitli mantarlarda (kurutulmuş shiitake mantarları, matsutake ve enokitake mantarları gibi) bulunmaktadır [216, 223]. Bir gıdada glutamat ve inosinatın birlikte bulunması sinerjist etkiye neden olarak daha belirgin bir umami tada neden olmaktadır [222]. İnosinat içeren dana veya tavuk etine, serbest glutamat içeren domates gibi sebzelerin ve/veya Parmesan peyniri gibi peynirlerin ilavesiyle pişirilen yemekler umami tat yönünden zengin olacağı için genellikle daha çok beğenilmektedir [216]. Glutamat ve 5'-nükleotitler kimyasal olarak kararlı olmalarına rağmen; bu bileşikler çiğ et, balık ve sebzeler gibi gıdalarda bulunan enzimler tarafından parçalanabilir [173, 191].

Ribonükleotit türevleri ve nükleosidlerin çeşitli fizyolojik etkileri olduğu bilinmektedir [43]. Nükleotitler, hücresel fonksiyonlar için kritik öneme sahip olup, yenidoğan beslenmesinde kullanılan formül mamalarda nükleotitlerden yararlanmanın bebek sağlığı için faydalı olabileceği düşünülmektedir [224]. Nükleotitlerin, gastrointestinal sistem hasarının onarımı, yağ asidi metabolizması üzerinde olumlu etki ve bağışıklık yanıtındaki iyileşmeyle ilişkili olduğu da bildirilmiştir [43, 225].

Ticari olarak üretilen amino asitler arasında en önemlilerinden biri olan L-glutamik asit, gıda endüstrisinde genellikle monosodyum glutamat formunda kullanılmakta ve katıldığı gıdalardaki mevcut lezzeti arttırmanın yanında gıdalara et suyu benzeri lezzet ve tuzlu tat kazandırmaktadır [110]. Et, balık (sardalya, karides, istiridye vb.), peynir (özellikle Parmesan peyniri), domates, patates, kuşkonmaz, soya fasulyesi, yeşil çay, deniz yosunu, şapkalı mantar ve maya gibi birçok gıda ve gıda ingrediveninde doğal olarak bulunan serbest glutamat ve 5'-ribonükleotitler gibi umami tat bileşikleri gıdaların karakteristik lezzetine katkıda bulunmaktadır [215]. Olgun domateslerde yüksek konsantrasyonlarda (yaklaşık olarak 140 mg/100 g) bulunan serbest glutamat domatesin karakteristik umami tadından sorumludur. Parmesan peynirinde ise domatesten çok daha fazla (yaklaşık olarak 1200 mg/100 g) serbest glutamat bulunmaktadır [216, 226]. İnsan sütü de azımsanmayak miktarda serbest glutamat içermektedir ve bu durum insanların ilk gıdaları aracılığıyla umami tada aşına olduklarını göstermektedir [216]. Bununla birlikte, MSG'nin işlenmiş gıdalara katkı maddesi olarak eklenmesi sonucu, işlenmiş

gıdalarda da serbest glutamat bulunabilmektedir [227]. İnsan vücudu, gıdalara katkı maddesi olarak eklenen glutamatla, gıdalarda doğal olarak bulunan glutamati aynı şekilde metabolize etmektedir [228] ve glutamat kaynağı olarak MSG'nin gıdalarda katkı maddesi olarak önerilen kullanım miktarı, domates veya Parmesan peynirinde doğal olarak bulunan serbest L-glutamat miktarına karşılık gelen ağırlıkça %0,1 ile %0,8 kadardır [229]. Gıdalara yüksek miktarda glutamat katılması, gıdaların lezzetini iyileştirmek bir yana kötüleştirdiği için, yüksek miktarda MSG kullanımını üreticiler de tercih etmemektedir [228].

MSG, FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından 1958 yılında GRAS olarak sınıflandırılmasına [230] rağmen, 1968 yılında Kwok [231] tarafından MSG tüketiminin boyun ve baş ağrısını da içeren bir dizi semptoma neden olduğuna dair ortaya atılan iddialardan sonra bu semptomlar "Çin Restoranı Sendromu" adıyla anılmaya başlamış ve toplumda MSG'nin olası toksisitesine karşı şüphe uyanmaya başlamıştır. FDA, 1980'li yıllarda MSG hakkındaki sağlık endişelerinin artması üzerine bağımsız bilim insanlarını görevlendirerek MSG hakkındaki bilimsel verileri incelemelerini istemiş ve yapılan incelemeler sonucu önerilen dozlarda (gıdanın %0,1-0,8'i miktarında) gıda katkı maddesi olarak kullanıldığında MSG'nin güvenilir olduğu ve MSG'ye kronik maruziyetin genel popülasyonda sağlık sorunlarına neden olduğuna dair yeterli kanıt bulunmadığı raporlanmıştır [227]. Glutamat, üzerinde en fazla çalışılan gıda bileşenlerinden biri olduğu ve güvenli bulunduğu için FAO ve WHO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi (JECFA), glutamati gıda katkı maddeleri için en güvenli kategoriye yerleştirmiştir [228], ancak yine de toplumda MSG'ye karşı gelişen ön yargıları kırmak zor olduğu için, gıda bilimcileri ve üreticileri son yıllarda MSG'ye benzer şekilde umami tat veren alternatif kaynaklara yönelmiştir.

Mayalarda, önemli lezzet arttırıcı amino asitler olan glutamik ve aspartik asidin fazla miktarda [30] bulunmasının yanı sıra 5'-GMP ve 5'-IMP nükleotitlerinin varlığı [43]; amino asitlerle nükleotitlerin sinerjist etki göstererek dildeki umami tat reseptörlerinin daha fazla uyarılmasına ve et benzeri "umami" tadın ortaya çıkmasına neden olmaktadır [27]. Maya ekstraktları, karakteristik umami tatları ve zengin besin içerikleri nedeniyle hazır çorbalar, noodle'lar, et ve et ürünleri, soslar, konserve gıdalar, salça ve baharatlar olmak üzere pek çok gıdada genellikle lezzet

verici/arttırıcı olarak MSG'ye alternatif olarak kullanılmaktadır [232]. Bunlara ek olarak, maya ekstraktlarının son yıllarda geliştirilen ve yaygınlaşma eğilimi bulunan yapay veya vegan etlerde de ciddi bir kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Maya ekstraktlarının hazır gıdalarda kullanılması ribonükleotit ve glutamat kullanımını azaltmaktadır. Ayrıca, otoliz işleminde, sıcaklık, pH ve reaksiyon süresi gibi parametrelerin modifiye edilmesiyle, ekstraktların duyusal profili değiştirilebilmekte ve böylece bulyon, rosto et ve hatta kahvaltılık gevrek gibi lezzetler elde edilebilmektedir [27].

1.2 Tezin Amacı

Son yıllarda tüketiciler, MSG gibi sentetik katkı maddelerine karşı ön yargılı davranmakta ve gıdalarda doğal katkı maddelerinin kullanılmasını talep etmektedirler. Maya ekstraktları genellikle mikrobiyal kökenli materyalin kurutulması gibi işlemlerle elde edildiğinden, hem AB hem de ABD tarafından “doğal lezzet verici/arttırıcı” maddeler olarak kabul edilmektedir [32, 135]. Maya ekstraktlarında önemli lezzet arttırıcı amino asitler olan glutamik ve aspartik asitlere ek olarak, 5'-GMP ve 5'-IMP nükleotitlerinin varlığı, maya ekstraktlarının MSG'ye benzer bir “umami” tada sahip olmasına neden olmaktadır [27]. Lezzet arttırıcı özelliklerinin yanı sıra proteinler, esansiyel amino asitler ve B vitaminleri açısından zengin olmaları ve gıdalarda NaCl kullanımını sınırlandırma özellikleri son yıllarda gıdalarda maya ekstraktı kullanımının artmasına neden olmuştur [233].

Şimdiye kadar maya ekstraktı üretiminde başta *Saccharomyces cerevisiae* [197, 234] ve *Kluyveromyces marxianus* [176] olmak üzere, birçok maya türünden yararlanılmıştır. Ancak, probiyotik olduğu kabul edilen tek maya türü olan *S. cerevisiae* var. *boulardii* ile büyük hacimlerde ve kontrollü koşullarda maya ekstraktı üretimine literatürde rastlanmamıştır. Canlı mikroorganizmalar tarafından salgılanan veya hücre lizizinden sonra salınabilen ve konakçı üzerinde olumlu etkileri olan çözünür metabolitlere postbiyotik denmektedir [235]. *S. boulardii*, postbiyotik olarak kabul edilebilecek çeşitli metabolitler üretebilmektedir. Maya ekstraktı üretiminde *S. boulardii* suşunun kullanılması durumunda, bu metabolitler sayesinde maya ekstraktının insan sağlığına olan faydalarını arttırma potansiyeli bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, *Saccharomyces cerevisiae* TGM10, *S. cerevisiae* var. *boulardii* S11 ve *Kluyveromyces marxianus* TGM66 mayalarından şeker pancarı melası fermantasyonu ile elde edilen biyokütlelerden maya ekstraktı tozu üretmek ve elde edilen ürünlerin uçucu bileşik ile amino asit kompozisyonlarını belirleyerek lezzet profillerini karşılaştırmaktır. Ayrıca, maya ekstraktı tozlarının kimyasal, termal, mikroyapısal, reolojik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve gıdalarda potansiyel kullanımlarının araştırılması da çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır.

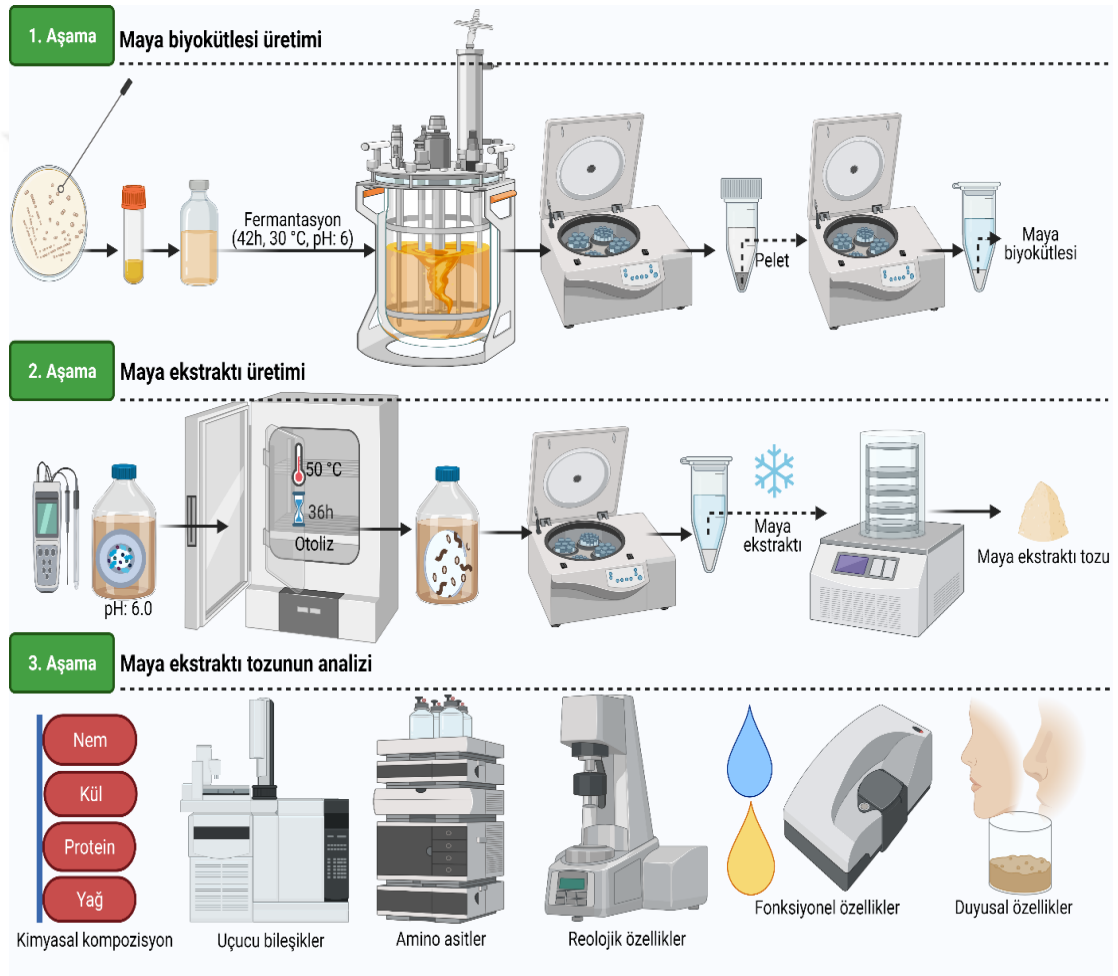
1.3 Hipotez

Bu çalışmanın ana hipotezini, üç farklı maya suşundan zengin protein ve esansiyel amino asit içeriğine sahip besleyici ve lezzetli maya ekstraktları üretilebileceği oluşturmaktadır. Çalışmanın bir diğer hipotezini ise, maya ekstraktlarının gıdalara sadece lezzet ve besin değeri açısından değil, özellikle protein ve karbonhidrat içeriklerinden dolayı teknolojik ve reolojik açıdan da olumlu katkılarının olabileceği oluşturmaktadır.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Tez Çalışmasının Deneysel Çerçevesi

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar üç aşamadan oluşmakta olup, Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Tez çalışmasının deneysel çerçevesi (BioRender.com kullanılarak oluşturulmuştur)

2.2 Mikroorganizmalar ve Kültür Ortamları

Saccharomyces cerevisiae TGM10, *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* S11 ve *Kluyveromyces marxianus* TGM66 izolatları Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyal Kültür Koleksiyonu’ndan temin edilerek, -80 °C’de

malt ekstrakt broth (LAB M, UK) ve %25 steril gliserol (Riedel-de Haën, Seelze, Almanya) içeren ortamda saklanmıştır. Tüm maya suşları, çalışma boyunca optimum gelişme sıcaklıkları olan 30 °C (*S. cerevisiae* TGM10 ve *K. marxianus* TGM66) ve 37 °C'de (*S. boulardii* S11) geliştirilmişlerdir.

Maya biyokütlesi üretiminde kullanılacak karbon kaynağının belirlenmesi önemli bir faktör olup, tarımsal atıklar gibi ucuz ve kolay erişilebilir karbon kaynaklarının kullanılması üretim maliyetinin düşürülmesi için önemlidir [18]. Bu nedenle, çalışmada substrat olarak şeker pancarı melası tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan melas, Adapazarı Şeker Fabrikası A.Ş.'den (Adapazarı, Türkiye) temin edilmiş ve kullanılıncaya kadar 4 °C'de muhafaza edilmiştir. Şeker pancarı melasının kompozisyonu şu şekildedir: Kuru madde içeriği %81,90; toplam şeker miktarı %48,34 (sükroz %47,29 ve invert şeker %1,05); kül miktarı %12,22 ve pH (otoklavlandıktan sonra 25 °C'de %10'luk çözelti) 5,8.

2.3 Kesikli-Beslemeli Melas Fermantasyonuyla Maya Biyokütlesi Üretimi

Biyokütle verimi, maya hücrelerinin kullandığı metabolik yolla (oksidasyon veya fermantasyon) yakından ilişkilidir. Enerji temininde fermantatif yolun kullanılması durumunda etanol de üretileceği için biyokütle verimi düşmektedir. Bu nedenle, yüksek verimlilikte maya biyokütlesi üretmek için kesikli-beslemeli üretim tercih edilmelidir [18]. Maya biyokütlesi üretiminde maya hücreleri küçük hacimlerde yeterince geliştirildikten sonra daha büyük hacimlere (biyoreaktör) inoküle edilirler [236]. Bu amaçla, başlangıçta stoktan alınan tüm kültürler optimum gelişme sıcaklıklarında YPD (%1 maya ekstraktı, %2 pepton ve %2 dekstrozu) içeren ortamda 24 saat boyunca inkübe edilmiş ve inkübasyonun ardından 2 g/100mL malt ekstrakt broth ve 2 g/100 mL glukoz içeren ortama pasajlanarak 72 saat boyunca geliştirilmiştir.

Melas, biyoreaktör (Şekil 2.2) ortamında %5 oranında şeker bulunacak şekilde saf su ile dilue edilmiştir. Ağır metalleri çöktürmek amacıyla melas 1:1 oranında saf su ile karıştırılmış ve 2 M H₂SO₄ ile pH'sı 4,5-5,0'e ayarlanarak kaynatılmıştır. Oda sıcaklığına soğutulan karışım 9000 dev/30 dk santrifüjlenmiş (Hitachi Centrifuge, Japonya) ve süpernatant kullanılmıştır. Süpernatant NH₃SO₄ (10 g/100 g şeker), KH₂PO₄ (5 g/100 g şeker) ve maya ekstraktıyla (2 g/100 g şeker) karıştırılarak

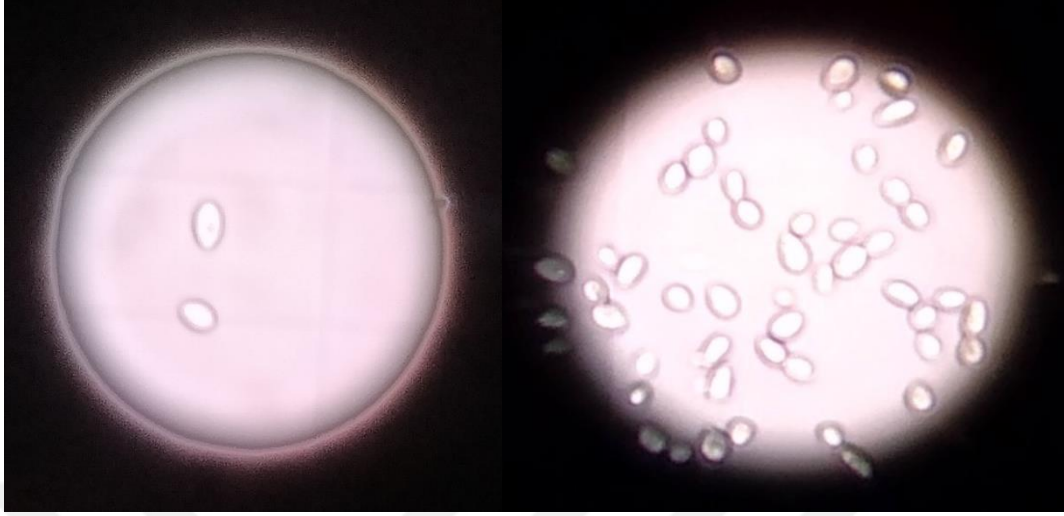
oksijen probu, pH metre probu, sıcaklık sensörü ve karıştırıcıdan oluşan biyoreaktöre (Minifors, İsviçre) doldurulmuştur. 2 L melas çözeltisi biyoreaktör haznesine doldurulduktan sonra sistemin tüm bağlantıları silikon hortumlarla kapatılmış ve 110 °C'de 15 dakika otoklavlanmıştır. Alfenore vd. [237] tarafından önerilen yöntemle benzer şekilde, otoklavlanıp oda sıcaklığına soğutulan karışıma, 0,45 µm por çapındaki filtreden geçirilen 1 mL/L vitamin karışımı (5 mg/L nikotinik asit, 5 mg/L pantotenik asit, 5 mg/L tiamin ve 0,012 mg/L biyotin) ilave edilmiştir. Aynı işlemler 2 L'lik besleme ortamına da uygulanmış olup, fermentasyon 5 L'lik toplam hacme sahip biyoreaktörde, 4 L toplam hacimde kesikli-beslemeli (fed-batch) olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.2 Maya biyokütlesi üretmek için kullanılan biyoreaktör

Thoma lamı (hemocytometer, ISOLAB, Almanya) ile sayılan maya kültürleri (Şekil 2.3), aseptik koşullar altında 10^6 - 10^7 kob/mL oranında biyoreaktöre inoküle edilmiştir. Fermentasyon işlemi *S. boulardii* S11 için 37 °C'de diğer suşlar içinse 30 °C'de ve pH 6,0'da 42 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. Ortam pH'sı 5 N NaOH ve 5 N HCl kullanılarak otomatik olarak ayarlanmıştır. Fermentasyon işlemi aerobik koşullarda (>75 pO₂) gerçekleştirilmiştir. Karıştırma işlemi oksijen

konsantrasyonuna bağı olarak 450-550 rpm'de gerçekleştirilmiştir. Köpürmeye karşı köpük kırıcı olarak silikon yağı kullanılmıştır.

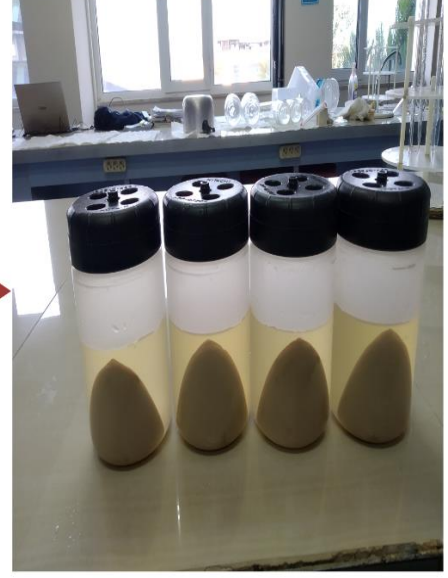


Şekil 2.3 Maya hücrelerinin Thoma lamındaki görüntüsü

Kesikli-beslemeli fermantasyonla maya biyokütlesi üretiminde, melası fermantasyon ortamına besleme hızı önemli olup, her maya suşu için bu hız optimize edilmelidir [18, 236]. Bu amaçla, biyoreaktörden 2 saat aralıklarla örnekler alınarak örneklerin fenol sülfürik asit yöntemiyle şeker miktarları belirlenmiştir. Biyoreaktörden alınan örnek, maya hücrelerini çöktürmek amacıyla santrifüjlenmiş ve süpernatant (1 ml) %5'lik fenol (1 ml) ve derişik sülfürik asit (H_2SO_4) (5 ml) ile vortekslenerek 30 dakika boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından spektrofotometrede (T60 UV-Visible Spectrophotometer, PG Instruments, Birleşik Krallık) 470 nm dalga boyunda absorbans değeri ölçülmüştür. Şeker miktarına ek olarak Thoma lamıyla maya suşlarının sayımları da yapılmıştır. Fermantasyon ortamındaki şeker miktarına ve hücre sayısına bağı olarak, 18 saatlik batch fermantasyonun ardından besleme yapılmıştır. Kesikli-beslemeli fermantasyon 42 saat boyunca sürdürölmüş ve fermantasyonun ardından fermantasyon ortamı 4 °C'de 9000 dev/30 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüjün ardından süpernatant dökölmüş ve pelet serum fizyolojik su (SFS, %0,85 NaCl) ile yıkanmış ve 4 °C'de 9000 dev/30 dk tekrar santrifüjlenmiştir (Şekil 2.4).



Fermantasyon ortamının çöktürülmesi



Maya biyokütlesinin SFS ile yıkanması

Şekil 2.4 Fermantasyonun ardından fermantasyon ortamının çöktürülmesi ve serum fizyolojik su (SFS) ile yıkanması (BioRender.com kullanılarak oluşturulmuştur)

Santrifüjün ardından steril falkon tüplerde toplanan yaş maya biyokütleleri tartılmıştır (Şekil 2.5).

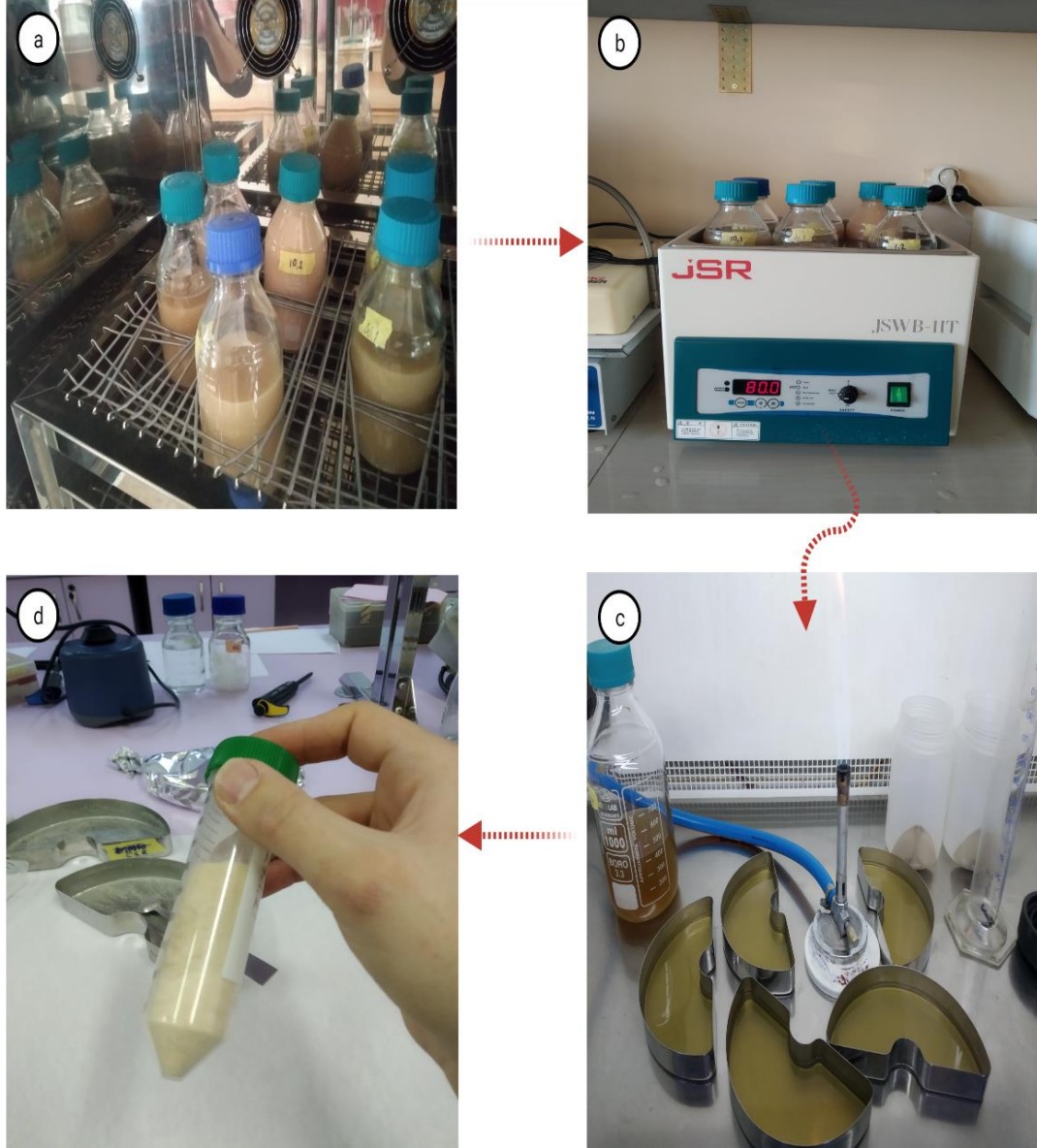


Şekil 2.5 Kesikli-beslemeli fermantasyonla elde edilen maya biyokütlesi

Fermantasyon işlemi her maya suşu için iki tekerrürlü yapılmış ve elde edilen yaş biyokütlelerin ortalamaları alınmıştır.

2.4 Maya Hücrelerinin Otolizi ve Kurutulması

Maya hücrelerinin otolizi, Tanguler ve Erten [168] tarafından önerilen yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. 60 g maya biyokütlesi, 500 mL'lik steril cam şişede 340 mL steril saf su ile karıştırılmış ve pH 6,0'ya (2N NaOH veya 2 N HCl ile) ayarlanmıştır. Otoliz işlemi, çalkalamalı inkübatörde (Wise Cube) 120 PV'de 50 °C'de 36 saatte gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.6a). Otolizden sonra, enzim aktivitesini durdurarak otolizi sona erdirmek için süspansiyon 80 °C'de 30 dakika süreyle ısıtılma tabi tutulmuştur (Şekil 2.6b). Süspansiyon oda sıcaklığına soğutulduktan sonra, hücre duvarı bileşenlerini uzaklaştırmak için 4 °C'de 9000 rpm/30 dk santrifüjlenmiştir (Şekil 2.6c). Santrifüjlemenin ardından süpernatant (sıvı maya ekstraktı), liyofilizatörde (Thermo Savant ModulyoD, ABD) kurutulmuştur (kondansatör sıcaklığı -50 °C, vakum 0,1 mbar) ve elde edilen toz maya ekstraktları kullanılıncaya kadar 4 °C'de steril falkon tüplerde saklanmıştır (Şekil 2.6d).



Şekil 2.6 Maya biyokütlesinden otolizle maya ekstraktı tozu üretimi
(BioRender.com kullanılarak oluşturulmuştur)

- a)** Maya biyokütlesinin otolizi **b)** Isıl işlemle enzim inaktivasyonunun sağlanarak otolizin sonlandırılması **c)** Maya hücre duvarının uzaklaştırılması ve sıvı maya ekstraktı eldesi **d)** Maya ekstraktı tozu üretimi

2.5 Kimyasal Analizler

Tüm kimyasal analizler AOAC [238] tarafından önerilen prosedürlere göre yapılmıştır. Maya ekstraktlarının toplam kuru madde içerikleri, örneklerin 105 ± 1 °C'de 24 saat kurutulmasıyla belirlenmiştir. Kül içerikleri ise, örneklerin kül fırınında 600 °C'de yakılmasıyla belirlenmiştir. Toplam azot miktarı, Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiş olup, toplam azot miktarının 6,25 faktörüyle çarpılmasıyla

protein miktarı hesaplanmıştır. Toplam yağ miktarı, dietil eter kullanılarak soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile tespit edilmiştir. Toplam karbonhidrat, RNA ve diğer bileşenlerin miktarı, kuru maddeden toplam protein, yağ ve kül miktarı çıkarılarak belirlenmiştir.

2.6 Amino Asit Profili

Örneklerin amino asit analizi, üretici [239] tarafından önerilen prosedüre göre yapılmıştır. Maya ekstraktlarının (0,25 g) protein hidrolizi, 24 saat boyunca 110 °C'de 6 N HCl (2,5 mL) ile gerçekleştirilmiştir. Oksidasyonu önlemek için 125 µL 2 mM fenol; sistin, metiyonin ve tirozinin geri kazanımını optimize etmek için ise 1 mL %2 DTDP (ditiodipropiyonik asit) eklenmiştir. Çözelti pH'sı nötre yakın (6,7-7,3) ayarlanmış ve ultra saf ile 50 mL'ye tamamlanarak 4000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiştir. Daha sonra 0,22 µm'lik PTFE şırınga filtreden (ISOLAB, Almanya) geçirilen çözeltinin 1 mL'si vialerle aktararak örneklerin amino asit profili yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC Agilent 1260 Infinity II, Agilent Technologies, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. HPLC şartları aşağıda özetlenmiştir:

A: 40 mM Borat Tamponu pH:7,8

B: ACN (Asetonitril): MeOH (Metanol): Water (45:45:10, v/v/v)

Fırın Sıcaklığı: 40 °C

Dalgaboyu: 338 nm

Akış: 2 mL/dk

Stoptime: 26 dk

Enjeksiyon Hacmi: 20 µL

Çalışmada toplam 23 amino asit incelenmiş olup, sonuçlar 100 g protein üzerinden ifade edilmiştir. Vieira vd.'ne [30] benzer şekilde, maya ekstraktlarının besleyici özelliklerini tahmin etmek için, FAO/WHO [240] tarafından açıklanan standart proteindeki esansiyel amino asitler ve kimyasal skor ile protein verimlilik oranı (PER) dikkate alınarak hesaplanan esansiyel amino asit indeksi, Lee vd. [241] tarafından geliştirilen (2.1) ve (2.2) eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Kimyasal skor} = \frac{\% \text{ Maya ekstraktındaki esansiyel amino asit}}{\% \text{ Standart proteindeki esansiyel amino asit}} \quad (2.1)$$

$$\text{PER} = 0,435(\text{Metiyonin}) + 0,780(\text{Lösin}) + 0,211(\text{Histidin}) - 0,944(\text{Tirozin}) - 1,816 \quad (2.2)$$

2.7 Uçucu Bileşiklerin Yarı-Kantitatif Analizi

Maya ekstraktlarından uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu ve tanımlanması Raza vd. [242] tarafından önerilen yönteme benzer şekilde yapılmıştır. Maya ekstraktlarındaki uçucu bileşikler, GCMS-QP2010 gaz kromatografisi-kütle spektrometresine (Shimadzu, Japonya) bağlı auto-sampler (AOC-5000 plus, Shimadzu, Japonya) ile entegre çalışan SPME fiber ile ekstrakte edilmiştir. Maya ekstraktları 20 mL'lik viallerde ultra saf su ile 1:2 oranında çözündürülerek karışıma 1 µL iç standart (2-metil-3-heptanon, 0,816 µg / µL, %99, Sigma-Aldrich, ABD) eklenmiştir. Daha sonra hemen PTFE/silikon septum ile sıkıca kapatılan vialler vortekslenmiştir. SPME fiber, kullanmadan önce 250 °C'de 30 dakika süreyle ön koşullandırılmıştır. Viallerdeki numuneler, SPME analizinden önce 60 °C'de 10 dakika süreyle ön ısıtmaya tabi tutulmuştur. Uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu, 30/50 µm divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) SPME fiber (Supelco, ABD) kullanılarak 58 °C'de 55 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyonun ardından SPME fiberi, 250 °C'de GC enjeksiyon portuna yerleştirilmiş ve termal desorpsiyon için 6 dakika tutulmuştur. Uçucu bileşiklerin ayrılması için RXI-5MS (uzunluk: 30 m x iç çap: 0,25 mm x kalınlık: 0,25 µm) silika kapiler kolon (Restek Corporation, ABD) kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış ve kolon akış hızı, 1,5 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Fırın sıcaklığı şu şekilde ayarlanmıştır: başlangıçta 3 dakika 40 °C'de tutulmuş ve kademeli olarak 5 °C/dk'da 140 °C'ye yükseltilmiş, sonra 10 °C/dk'da 200 °C'ye yükseltilerek bu seviyede 5 dk tutulmuştur. Nihai sıcaklık, 15 °C/dk'da 250 °C'ye yükseltilerek 2 dk tutulmuştur. MS için ara yüz sıcaklığı, 280 °C; iyon kaynağı, 230 °C; iyonlaşma enerjisi, 70 eV; TIC SCAN modunda mass range 50-400 amu olarak ayarlanmıştır. Uçucu bileşiklerin tanımlanması ve bilinmeyen bileşiklerin kütle spektrumları, National Institute of Standards and Technology (NIST), Wiley

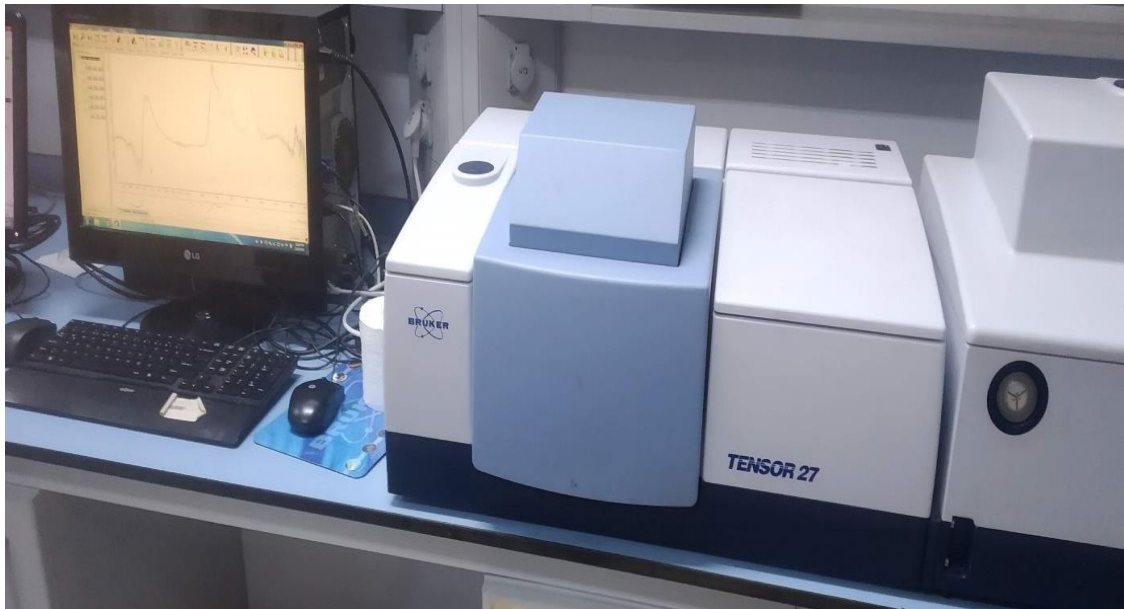
Registry of Mass Spectral Data ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Bilinmeyen bileşiklerin konsantrasyonu, iç standardizasyon yöntemi kullanılarak (2.3) eşitliğine göre hesaplanmıştır:

$$X(\text{konsantrasyon}) \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{kg}} \right) = \frac{IS(\text{konsantrasyon}) \times X(\text{pik})}{IS(\text{pik})} \quad (2.3)$$

(2.3) eşitliğinde; X(konsantrasyon) bilinmeyen bileşiğin konsantrasyonunu, IS(konsantrasyon) iç standardın konsantrasyonunu, X(pik) bilinmeyen bileşiğin pik alanını, IS(pik) ise iç standardın pik alanını göstermektedir.

2.8 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ile Karakterizasyon

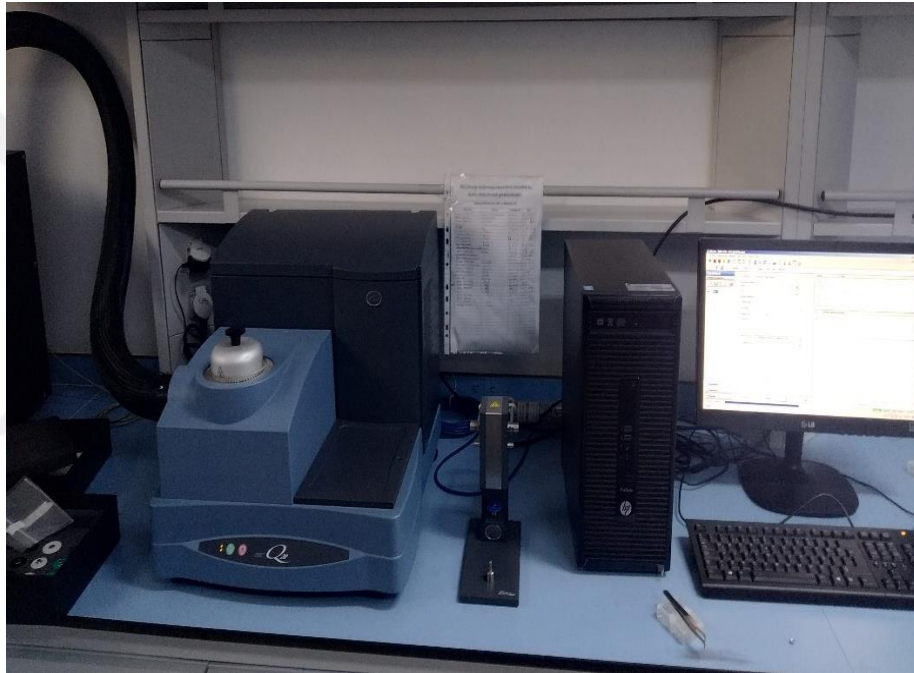
Maya ekstraktlarının moleküler karakterizasyonları FTIR spektroskopisi (Bruker Tensor 27, Almanya) (Şekil 2.7) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler, maya ekstraktı tozlarının saf suda çözündürülerek %10'luk çözeltilerinin hazırlanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümden önce saf su ile çalışarak spektroskopinin saf suyu referans olarak kabul etmesi sağlanmıştır. Örneklerle ait ölçümler, oda sıcaklığında ve orta kızılötesi bölgede ($500\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu aralığında) 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.7 Maya ekstraktlarının Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile karakterizasyonu

2.9 Termal Özellikler

Maya ekstraktlarının termal özellikleri, diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC, Q20, TA Instruments Inc., ABD) (Şekil 2.8) ile Kavosi vd. [243] tarafından önerilen prosedür üzerinde bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Örnekler, alüminyum DSC panlarına 10-15 mg ağırlığında tartılarak 20-30 dk desikatörde bekletilmiştir. Daha sonra hermetik olarak kapatılan panlar DSC kalorimetresine yüklenmiş ve 10 °C/dk ısıtma oranı ile yüksek saflıkta azot gazı (20 mL/dk) altında 400 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Özdeş bir boş pan kontrol olarak kullanılmıştır. Elde edilen DSC termogramlarından maya ekstraktlarının erime sıcaklıkları hesaplanmıştır.



Şekil 2.8 Maya ekstraktlarının DSC (diferansiyel taramalı kalorimetre) ile termal özelliklerinin belirlenmesi

2.10 Mikroyapısal Özellikler

Maya ekstraktlarının mikroyapısal özellikleri Taramalı Elektron Mikroskopuyla (SEM, Zeiss Evo LS 10, Almanya) belirlenmiştir. Analizden önce, örnekler altın kaplama cihazında (Quorum SC7620, Birleşik Krallık) altın-paladyum ile 120 saniye kaplanmıştır. Örneklerin SEM ile incelenmesi 10 kV'da gerçekleştirilmiştir.

2.11 Reolojik Özellikler

Maya ekstraktlarının reolojik özellikleri, Zehir-Şentürk vd. [244] tarafından önerilen prosedür üzerinde bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Maya ekstraktları iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) sebze çorbasında (Penelope Gurme; ırmik, brokoli kurusu, kereviz kurusu ve ıspanak kurusundan oluşmaktadır) çözündürülmüş ve iki farklı sıcaklıkta (25 °C ve 50 °C) reometrede (Anton Paar, MCR-302, Avusturya) (Şekil 2.9) 100 noktada ölçüm yapılarak kayma hızına (shear rate, s^{-1}) karşı kayma gerilimi (shear stress, Pa) değerleri elde edilmiş ve örneklerin akış davranışları belirlenmiştir. Elde edilen veriler aşağıdaki (2.4) eşitliği yardımıyla Ostwald de Waele (Power Law) reolojik modeline uyarlanmıştır:

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n \quad (2.4)$$

(2.4) eşitliğinde, τ değeri kayma gerilimini (Pa), K değeri kıvam (akışkanlık) katsayısını (Pa.s), $\dot{\gamma}$ değeri kayma hızını (s^{-1}), n değeri ise akış davranış indeksini göstermektedir.



Şekil 2.9 %0,5 ve %1 konsantrasyonlarda sebze çorbasında çözündürülen maya ekstraktlarının reolojik özelliklerinin belirlenmesi

2.12 Teknolojik Özellikler

2.12.1 Su Tutma Kapasitesi

Maya ekstraktlarının su tutma kapasiteleri Sosulski'nin [245] önerdiği prosedürün modifiye edilmesiyle belirlenmiştir. Yönteme göre, santrifüj tüplerinde 0,5 g örnek 5 mL saf su ile karıştırılarak, vortekslenmiş ve oda şartlarında 10 dakika bekletildikten sonra 6000 rpm'de 25 dk santrifüjlenmiştir. Süpernatant döküldükten sonra santrifüj tüpü sıcak hava fırınına 15-20°'lik açıyla yerleştirilmiş ve 50 °C'de 30 dakika boyunca kurumaya bırakılmıştır. Tüp daha sonra bir desikatörde soğutularak tartılmıştır. Su tutma kapasitesi, 1 g (kuru ağırlıkça) örnek tarafından tutulan saf su miktarı olarak ifade edilmiştir.

2.12.2 Yağ Bağlama Kapasitesi

Maya ekstraktlarının yağ bağlama kapasiteleri, Lin vd. [246] tarafından önerilen yöntemde küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 0,2 g numune santrifüj tüpünde 2 mL ayçiçek yağı ile karıştırılarak vortekslenmiş ve oda şartlarında 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra karışım 6000 rpm'de 25 dakika santrifüjlenmiş ve santrifüjden sonra süpernatant dökülerek pelet tartılmıştır. Tüp duvarlarında kalan yağ miktarını belirlemek için sadece 2 mL ayçiçek yağı eklenmiş tüpe aynı işlemler uygulanmış ve belirlenen miktar numune miktarından çıkarılmıştır. Yağ bağlama kapasitesi, 1 g numunenin bağladığı ayçiçek yağı miktarı olarak ifade edilmiştir.

2.12.3 Emülsiyon Oluşturma Özelliği

Maya ekstraktlarının emülsiyon oluşturma özellikleri, Pearce ve Kinsella [247] tarafından önerilen yöntemde küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 0,3 g numune üzerine 10 mL ayçiçek yağı ve 30 mL PBS (fosfat-tampon solüsyonu) ilave edilerek homojenizatörde (Daihan HG15A, Gangwondo, Güney Kore) 1 dakika homojenize edilmiştir. Homojenizasyondan sonra, 0. ve 10. dakikalarda tüpün alt kısmından 50 µL emülsiyon alınarak, 5 mL %0,1 SDS (sodyum dodesil sülfat) solüsyonu ile seyreltilmiş ve spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800 spectrophotometer, Japonya) 500 nm'de absorbanları ölçülmüştür.

Emülsiyon aktivite indeksi (EAI) (2.5); emülsiyon stabilite indeksi (ESI) ise (2.6) eşitliğine göre hesaplanmıştır [248]:

$$EAI (m^2/g) = \frac{2 \times T \times A_0 \times SF}{C \times \Phi \times 10.000} \quad (2.5)$$

(2.5) eşitliğinde, $T = 2,303$; A_0 , emülsiyon oluşumundan hemen sonra ölçülen absorbands; SF (seyreltme faktörü) = 100, C = emülsiyon oluşmadan önce PBS içindeki protein miktarı/birim hacim (g/mL); Φ = emülsiyondaki yağ hacmini göstermektedir.

$$ESI (dk) = \frac{A_0}{A_0 - A_{10}} \times \Delta t \quad (2.6)$$

(2.6) eşitliğinde, A_{10} , emülsiyon oluşumundan 10 dakika sonra ölçülen absorbands değerini; $\Delta t = 10$ dk'yı göstermektedir.

2.12.4 Zeta Potansiyeli

Maya ekstraktlarının kolloidal dağılım stabilitesini belirlemek için zeta potansiyelleri, Bozkurt vd. [249] tarafından önerilen yönteme benzer şekilde Nano ZSP (Malvern, Birleşik Krallık) (Şekil 2.10) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm, 25 °C'de elektrotlar içeren tek kullanımlık katlanmış bir kapiler hücre kullanılarak PBS içinde gerçekleştirilmiştir. Zeta potansiyeli, Smoulokowski modeline göre Nano ZSP tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.10 Maya ekstraktlarının zeta potansiyellerinin belirlenmesi

2.13 Duyusal Değerlendirme

Maya ekstraktlarının duyusal değerlendirmesi, Özdemir vd. [250] tarafından önerilen yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Analizlerden önce, potansiyel panelistlere duyusal değerlendirme, lezzet olgusu, maya ekstraktı ve MSG hakkında eğitim verilmiştir. Maya ekstraktlarının duyusal değerlendirmesi sadece içme suyuyla hazırlanan sebze çorbası (Penelope Gurme; ırmik, brokoli kurusu, kereviz kurusu ve ıspanak kurusundan oluşmaktadır) kullanılarak, yaşları 20-43 arasında değişen Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü öğretim elemanları ve öğrencilerinden oluşan ve eğitim sonucu uygun bulunan 7 panelistin (4 kadın ve 3 erkek) katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

Duyusal değerlendirme, farklı oturumlarda örneklerin sebze çorbasına iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) eklenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çorba kaynatılmadan önce maya ekstraktları ayrı ayrı ilave edilmiş ve çorba kaynayana kadar karıştırılmıştır. Kontrol olarak maya ekstraktlarıyla aynı miktarlarda kullanılan MSG için de aynı işlemler yapılmıştır. Ayrıca, maya ekstraktı ve MSG eklenmemiş çorba, diğer bir kontrol olarak kullanılmıştır. Tüm numuneler 50 mL'lik cam bardaklarda rastgele numaralandırılarak karışık bir şekilde servis edilmiş ve panelistlerden örnekleri tuzlu tat, umami tat, et suyu benzeri lezzet, meyvemsi lezzet ve genel lezzet açısından 10 puanlık evrensel yoğunluk ölçeğine (1-2: çok zayıf, 3-4: zayıf; 5-6: orta, 7-8: güçlü, 9-10: çok güçlü) göre puanlandırmaları istenmiştir. Duyusal değerlendirme iki tekerrürlü gerçekleştirilmiş ve panelistlerin puanlarının ortalaması alınmıştır.

2.14 İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler SPSS 18.0 (PASW 18.0) programıyla gerçekleştirilmiştir [251]. Veriler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve Tukey testi kullanılarak post hoc karşılaştırmalar yapılmıştır. Duyusal değerlendirmeden elde edilen veriler ise normal dağılım göstermedikleri için Kruskal-Wallis testine tabi tutulmuş ve Tamhane T2 testi kullanılarak post hoc karşılaştırmalar yapılmıştır. 95% ($P \leq 0,05$) güven aralığında veriler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları için kullanılan

radar grafiği, Origin 2021b (OriginLab, ABD) yazılımı ile oluşturulmuştur. Uçucu bileşiklerin heatmap-kümeleme analizi ve temel bileşen analizi (PCA) ise XLSTAT (Version 2021, Addinsoft, ABD) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Reolojik analizlerin değeriendirilmesinde Statistica 14.0 (TIBCO, ABD) yazılımından yararlanılmıştır.



3

BULGULAR VE TARTIŞMA

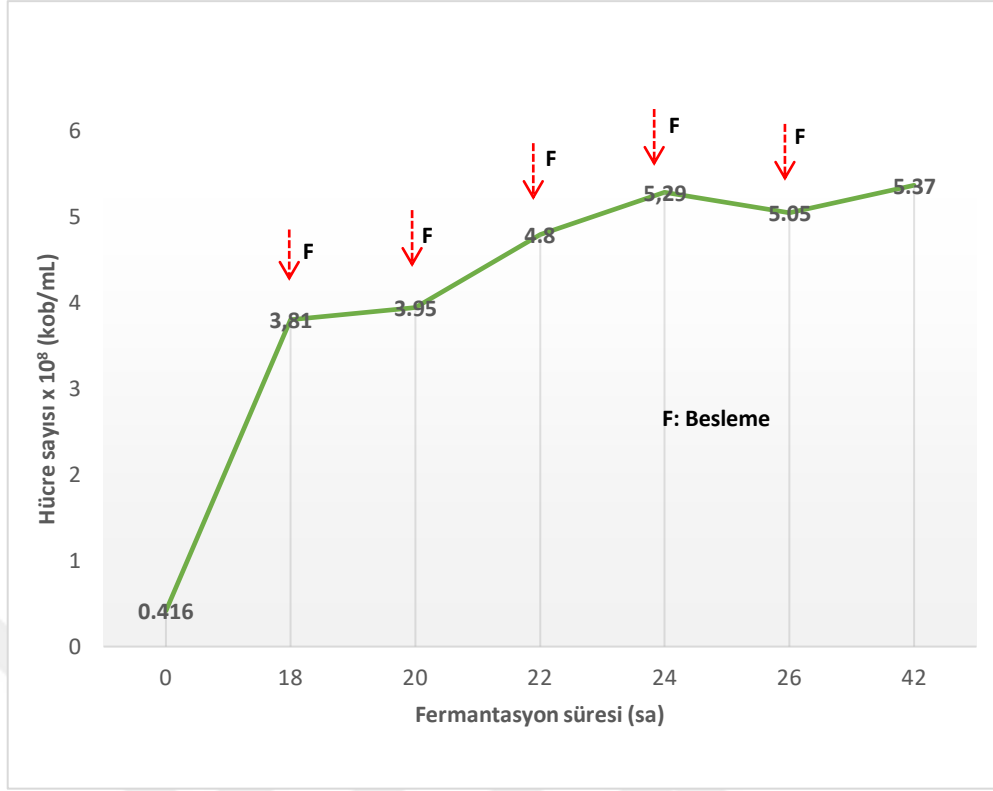
3.1 Maya Biyokütlesi Üretimi

Üç farklı maya suşundan maya biyokütlesi üretmek için, 18 saatlik batch fermantasyonun ardından besleme yapılmıştır. Batch fermantasyonun ardından, biyoreaktör ortamından örnek alınarak Thoma lamı yardımıyla maya hücre sayısı (Tablo 3.1) ve fenol-sülfürik asit yöntemiyle şeker miktarı belirlenmiştir. Böylece biyoreaktör ortamına yapılması gereken besleme zamanı ve miktarı hesaplanmıştır.

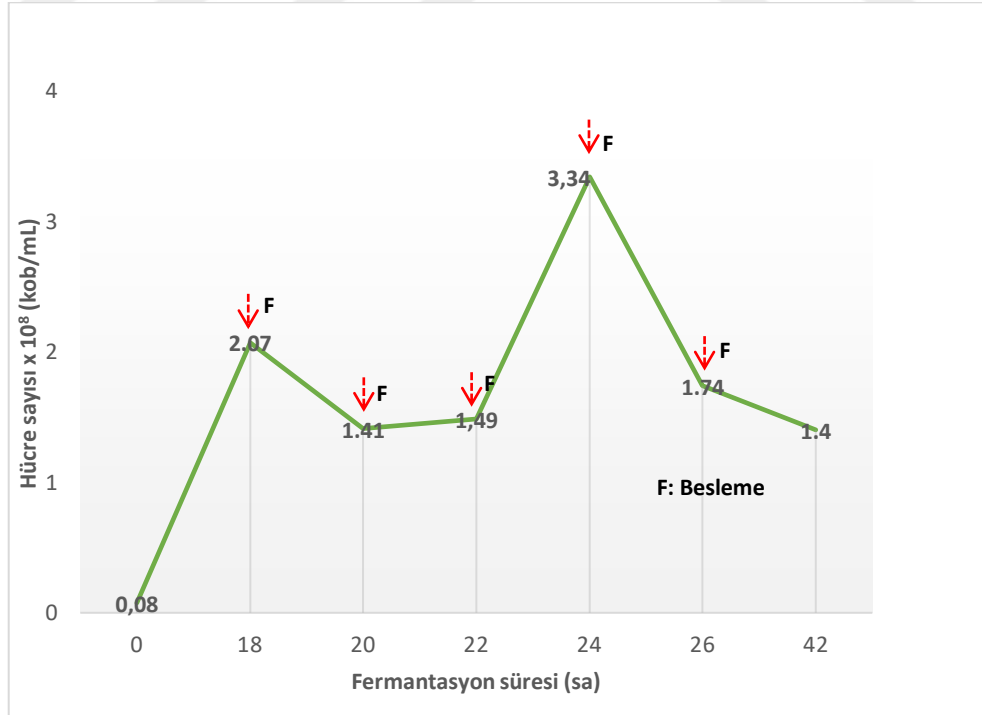
Tablo 3.1 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarının melas fermantasyonu boyunca belirlenen hücre sayıları (log kob/mL)

Fermantasyon süresi (sa)	TGM10	S11	TGM66
0	7,57 ± 0,29	6,88 ± 0,02	7,06 ± 0,13
18	8,57 ± 0,10	8,32 ± 0,02	8,75 ± 0,07
20	8,57 ± 0,24	8,15 ± 0,07	8,46 ± 0,10
22	8,65 ± 0,24	8,16 ± 0,12	8,85 ± 0,00
24	8,72 ± 0,03	7,98 ± 0,42	8,58 ± 0,33
26	8,67 ± 0,25	8,23 ± 0,15	8,64 ± 0,01
42	8,73 ± 0,04	8,13 ± 0,16	8,42 ± 0,08

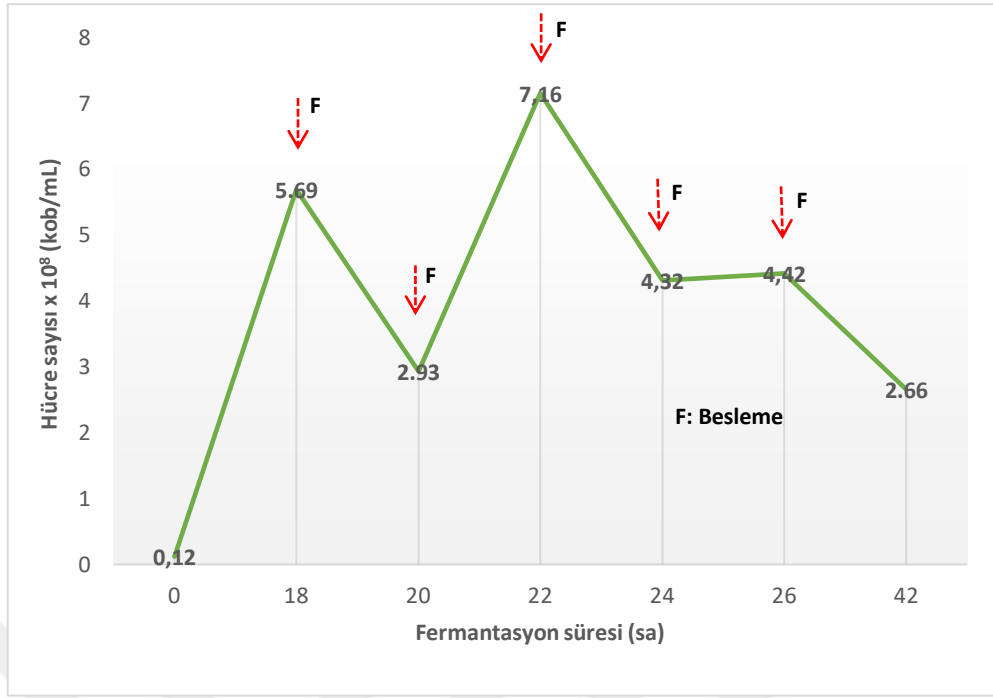
Fermantasyon boyunca gelişimleri izlenen *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarının gelişim eğrileri sırasıyla Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.1 *S. cerevisiae* TGM10 suşunun fermantasyon süresince gelişimi



Şekil 3.2 *S. boulardii* S11 suşunun fermantasyon süresince gelişimi



Şekil 3.3 *K. marxianus* TGM66 suşunun fermantasyon süresince gelişimi

Ortamda yeterli oksijen bulunması durumunda mayalar şekeri CO₂, enerji ve biyokütleye dönüştürürler. Ancak, ortamdaki yüksek karbon (glukoz ve sükroz) konsantrasyonu, Crabtree etkisi olarak da bilinen, mayalarda katabolit baskılanmasına neden olarak daha az biyokütle üretimine neden olmaktadır. Bu nedenle yüksek miktarda biyokütle üretmek için aerobik koşullarda ve düşük şeker konsantrasyonlarında çalışmak gerekmektedir [4]. Bu bilgiler ışığında, aerobik koşullarda 42 saat boyunca gerçekleştirilen kesikli-beslemeli melas fermantasyonu sonucunda elde edilen yaş maya biyokütle miktarları ve maya suşlarının şekeri biyokütleye dönüştürme verimlilikleri Tablo 3.2’de gösterilmektedir.

Tablo 3.2 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarından melas fermantasyonuyla elde edilen yaş biyokütle miktarları ve verimlilikleri

Maya suşu	Biyokütle miktarı (g/4L)	Verimlilik (%)*
<i>S. cerevisiae</i> TGM10	178,09 ± 18,53	89,05 ± 9,26
<i>S. boulardii</i> S11	153,82 ± 49,24	76,91 ± 24,62
<i>K. marxianus</i> TGM66	186,18 ± 11,03	93,09 ± 5,52

Sonuçlar ortalama değerler ($n = 2$) ± SS (standart sapma) olarak ifade edilmiştir.

*Şekerin biyokütleyle dönüştürülme verimliliği.

Kesikli-beslemeli fermantasyon sonucu en fazla biyokütle elde edilen suş *K. marxianus* TGM66 (186,2 g) iken, en az biyokütle elde edilen suş *S. boulardii* S11 (153,8 g) olmuştur. *K. marxianus* geleneksel olarak “Crabtree negatif” olarak sınıflandırılmakta [86] ve bu özelliği aerobik koşullar altında şekeri verimli bir şekilde biyokütleyle dönüştürmesine neden olmaktadır. *S. boulardii* S11’in ortamdaki yüksek şeker konsantrasyonundan diğer suşlara göre daha olumsuz etkilendiği ve bunun daha az biyokütle üretimi ile sonuçlandığı belirlenmiştir. Bu durum, bu suşun Crabtree pozitif özelliğinden kaynaklanıyor olabilir, yani mevcut karbon miktarı, maya metabolizmasını anaerobik fermantasyona yönlendirerek etanol üretimine neden olmuş olabilir. Her ne kadar yaş biyokütle miktarları belirlenmiş olsa da, üç maya suşunun da şekeri biyokütleyle dönüştürme verimliliklerinin (%77 ile %93 arasında) oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

3.2 Kimyasal Kompozisyon

Maya ekstraktlarının kimyasal bileşimi kuru ağırlık (dw) üzerinden % olarak ifade edilerek Tablo 3.3’de gösterilmektedir.

Tablo 3.3 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının kimyasal kompozisyonları

Kimyasal kompozisyon			
(g/100 g dw)	TGM10	S11	TGM66
Nem (%)	13,93 ± 0,21 ^b	14,20 ± 0,20 ^b	15,37 ± 0,15 ^a
Kül	11,77 ± 0,38	12,82 ± 0,95	11,15 ± 0,67
Protein	69,17 ± 1,75 ^a	66,16 ± 1,62 ^{ab}	62,42 ± 1,65 ^b
Yağ	1,36 ± 0,12	1,09 ± 0,14	1,33 ± 0,13
Diğerleri*	17,69 ± 1,86 ^b	19,93 ± 2,25 ^b	25,10 ± 2,04 ^a

Sonuçlar ortalama değerler (n = 3) ± SS olarak ifade edilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler, iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$). *Karbonhidrat, RNA ve diğer bileşenler, toplam kuru ağırlıktan protein, yağ ve kül miktarları çıkarılarak hesaplanmıştır.

Maya ekstraktlarının nem içeriği *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 için sırasıyla %13,93; %14,20 ve %15,37 olarak belirlenmiştir. Üç maya ekstraktının kül içeriğinin birbirine benzer olduğu ($P > 0,05$) ve en çok kül içeren örneğin %12,82 ile *S. boulardii* S11, en az kül içeren örneğin ise %11,15 ile *K. marxianus* TGM66 ekstraktı olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlarımız Jacob vd. [234] tarafından *S. cerevisiae*'nin otolizi ile elde edilen maya ekstraktının kül içeriğinden daha düşükken, Podpora vd. [252] tarafından biracılık atığı mayalardan elde edilen maya ekstraktında belirlenenden daha yüksektir. Tüm örneklerin yağ içeriklerinin %1,36 (*S. cerevisiae* TGM10) ile %1,09 (*S. boulardii* S11) arasında olduğu ve örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamsız ($P > 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Sonuçlarımız, Vieira vd. [30] tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumludur. Tüm maya ekstraktlarının yüksek miktarda protein içerdiği belirlenmiş olup; üç maya ekstraktı arasında en fazla protein içeriğine %69,17 ile *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktının sahip olduğu tespit edilmiştir. Protein içeriği bakımından *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktını *S. boulardii* S11 ekstraktının (%66,16)

izlediği belirlenmiştir ($P > 0,05$). *K. marxianus* TGM66 ekstraktının protein içeriğinin ise %62,42 olduğu tespit edilmiştir. Maya ekstraktlarının protein içeriği, maya türüne ve üretim yöntemine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Vieira vd., [30] *S. pastorianus*'tan elde edilen maya ekstraktının protein miktarını %64,1 olarak belirlemişlerdir. Bununla birlikte, de Palma Revillion vd. [176], *K. marxianus* ekstraktının ham protein içeriğini Folin fenol reaktif yöntemi ile %52 olarak belirlemişlerdir.

3.3 Amino Asit Profili

Maya ekstraktlarının amino asit profili Tablo 3.4'de gösterilmektedir. Tüm örneklerin lezzet arttırıcı amino asitlerin tamamı (glutamik asit, aspartik asit, alanin ve glisin) yönünden zengin olduğu tespit edilmesine rağmen, en zengin örneğin *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktı (47,41 g/100 g protein), en fakir örneğin ise *K. marxianus* TGM66 (42,31 g/100 g protein) ekstraktı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Bununla birlikte, umami tat ile karakterize edilen glutamik asit açısından en zengin örneğin *S. boulardii* S11 ekstraktı (20,41 g/100 g protein) olduğu ve bunu sırasıyla *S. cerevisiae* TGM10 (19,35 g/100 g protein) ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarının (16,10 g/100 g protein) izlediği belirlenmiştir. Tüm örneklerin esansiyel amino asit miktarlarının birbirine benzer ($P > 0,05$) olduğu ve 35,97 g/100 g protein (*S. cerevisiae*) ile 34,34 g/100 g protein (*S. boulardii* S11) arasında değiştiği belirlenmiştir. Tüm örneklerin (histidin ve metiyonin hariç) esansiyel amino asit miktarlarının, FAO/WHO [240] tarafından yetişkinler için önerilen esansiyel amino asit miktarlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Üç maya ekstraktının kimyasal skorları, özellikle treonin, valin ve lisin amino asitleri açısından yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktının valin, izolösin ve metiyonin amino asitleri açısından; *K. marxianus* TGM66 ekstraktının ise treonin amino asidi açısından kimyasal skorlarının diğer örneklerle kıyasla daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Tüm örneklerin protein etkinlik oranlarının (Protein Efficiency Ratio, PER) ise birbirine benzer ($P > 0,05$) ve 2,35 (*S. cerevisiae* TGM10 ve *K. marxianus* TGM66) ile 2,29 (*S. boulardii* S11) arasında olduğu hesaplanmıştır.

Vieira vd. [30] *S. pastorianus*'tan mekanik bozunma ile ürettikleri maya ekstraktının 100 gram proteinindeki toplam amino asit miktarının yaklaşık 90,9 g olduğunu ve

bunun içinde toplam lezzet arttırıcı amino asit miktarının yaklaşık 34 g (glutamik asit 15 g, alanin 9,29 g, aspartik asit 5,98 g ve glisin 3,69 g); toplam esansiyel amino asit miktarının ise yaklaşık 40,2 g (histidin 11,9 g, arjinin 6 g, izölösün 3,23 g, lösün 3,51 g, lisin 3,16 g, metiyonin 2,28 g, fenilalanin 3,01 g, treonin 2,60 g ve valin 4,49 g) olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmayla karşılaştırıldığında çalışmamızdaki tüm örneklerin, lezzet arttırıcı amino asitler açısından daha zengin olduğu, esansiyel amino asitler açısından ise daha fakir olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmamızdaki tüm örneklerin, bu çalışmaya kıyasla biraz daha düşük PER değerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte, amino asit analizi, tüm maya ekstraktlarının esansiyel amino asitler ve lezzet arttırıcı amino asitler açısından zengin olduğunu göstermiştir.

Tablo 3.4 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının amino asit profili

Amino asitler (g/100 g protein)	TGM10	S11	TGM66	Kimyasal Skor			
				RP*	TGM10	S11	TGM66
<u>Lezzet artırıcı amino asitler</u>							
Glutamik asit	19,35 ± 0,48 ^a	20,41 ± 0,93 ^a	16,10 ± 0,64 ^b	-	-	-	-
Aspartik asit	9,62 ± 0,24 ^a	8,93 ± 0,67 ^{ab}	8,34 ± 0,35 ^b	-	-	-	-
Alanin	10,52 ± 0,60	10,04 ± 0,75	10,64 ± 0,68	-	-	-	-
Glisin	7,93 ± 0,20 ^a	7,53 ± 0,18 ^{ab}	7,23 ± 0,30 ^b	-	-	-	-
Toplam	47,41 ± 1,16 ^a	46,91 ± 2,52 ^{ab}	42,31 ± 1,92 ^b	-	-	-	-
<u>Esansiyel amino asitler</u>							
Histidin	0,85 ± 0,04	0,83 ± 0,02	0,83 ± 0,02	1,6	0,53	0,52	0,52

Treonin	5,05 ± 0,12	5,00 ± 0,12	5,32 ± 0,14	0,9	5,61	5,56	5,91
Triptofan	2,74 ± 0,08 ^a	2,10 ± 0,11 ^b	2,68 ± 0,07 ^a	1,6	1,71	1,31	1,68
Valin	6,16 ± 0,15	5,92 ± 0,17	6,04 ± 0,16	1,3	4,74	4,55	4,65
Metiyonin	1,24 ± 0,06 ^a	0,86 ± 0,02 ^c	1,12 ± 0,03 ^b	1,7	0,73	0,51	0,66
Fenilalanin	2,69 ± 0,07	2,61 ± 0,07	2,65 ± 0,04	-	-	-	-
Lösin	6,51 ± 0,22	6,47 ± 0,05	6,52 ± 0,34	1,9	3,43	3,41	3,43
İzolösin	4,63 ± 0,26	4,40 ± 0,11	4,23 ± 0,22	1,3	3,56	3,38	3,25
Lisin	6,14 ± 0,24	6,09 ± 0,15	6,07 ± 0,21	1,6	3,84	3,81	3,79
Toplam	35,97 ± 0,94	34,34 ± 0,59	35,51 ± 1,32	-	-	-	-
<u>Esansiyel olmayan amino asitler</u>							
Asparajin	0,06 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,00 ^b	0,02 ± 0,00 ^c	-	-	-	-
Serin	3,69 ± 0,29	3,93 ± 0,10	3,61 ± 0,13	-	-	-	-

Glutamin	0,09 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,02	-	-	-	-
Tirozin	1,73 ± 0,19	1,59 ± 0,04	1,68 ± 0,04	-	-	-	-
Sistin	0,19 ± 0,03	0,21 ± 0,02	0,20 ± 0,01	-	-	-	-
Arjinin	2,34 ± 0,06 ^a	2,18 ± 0,13 ^{ab}	1,92 ± 0,09 ^b	-	-	-	-
Prolin	0,23 ± 0,01 ^b	0,24 ± 0,01 ^b	0,35 ± 0,01 ^a	-	-	-	-
Hidroksiprolin	3,67 ± 0,48	4,04 ± 0,24	4,22 ± 0,11	-	-	-	-
Sarkozin	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,02	-	-	-	-
Norvalin	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	12,03 ± 0,62	12,32 ± 0,53	12,10 ± 0,38	-	-	-	-
Genel Toplam	95,40 ± 2,51	93,58 ± 3,64	89,92 ± 3,59	-	-	-	-
PER	2,35 ± 0,36	2,29 ± 0,02	2,35 ± 0,24	-	-	-	-

Sonuçlar ortalama değerler (n = 3) ± SS olarak ifade edilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler, iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (P ≤ 0,05). *FAO/WHO [240] tarafından önerilen yetişkinler için esansiyel amino asit gereksinimleri profili [30]. PER; protein efficiency ratio (protein verimlilik oranı)

3.4 Uçucu Bileşikler

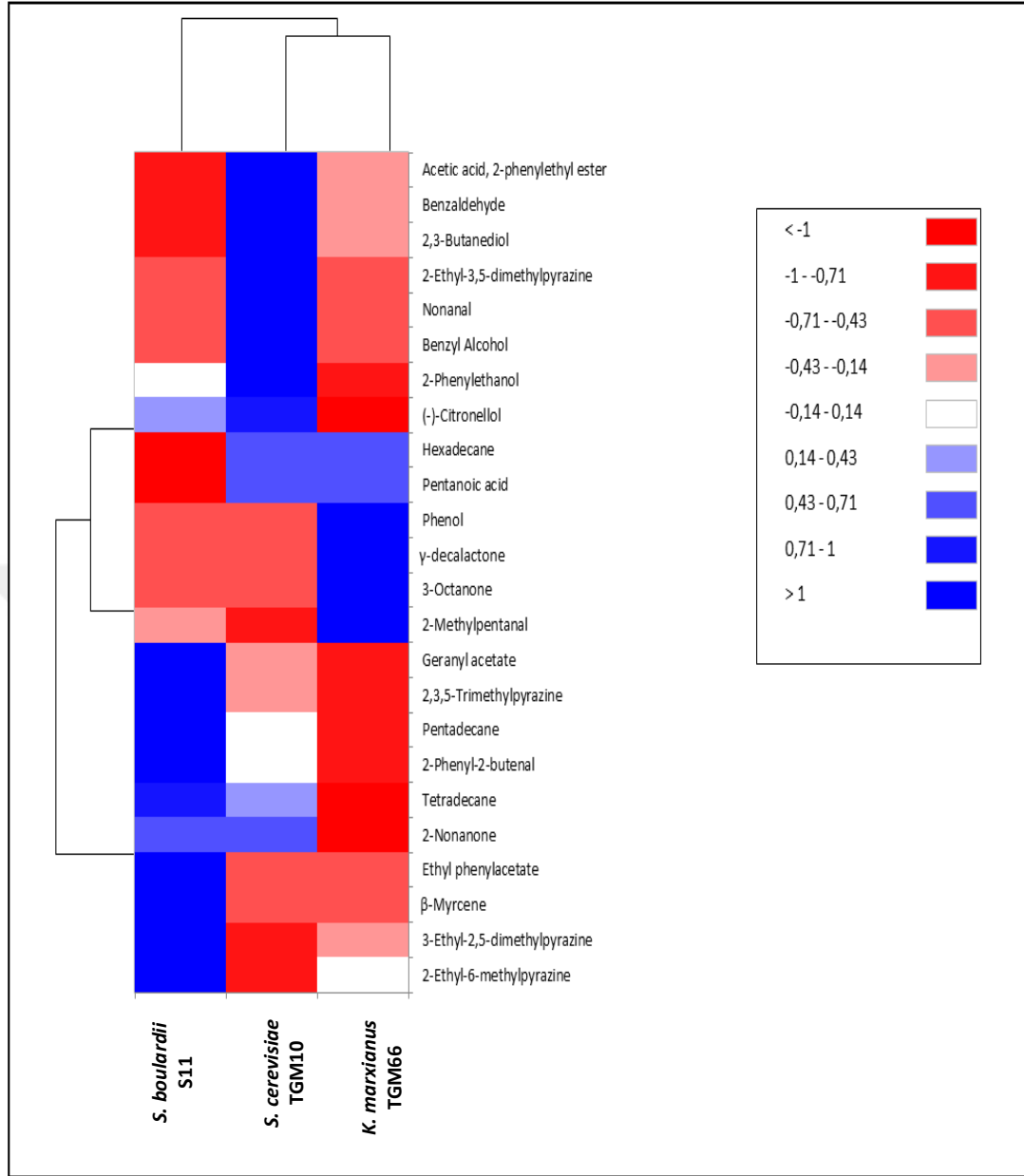
Üç maya ekstraktında toplam 24 önemli uçucu bileşik belirlenmiştir: dört aldehit, dört pirazin, üç ester, üç hidrokarbon, iki keton, iki alkol, bir lakton, bir glikol, bir asit, bir fenol, bir terpen ve bir terpenoid. İç standart yöntemine göre belirlenen uçucu bileşiklerin bağıl konsantrasyonları Tablo 3.5'te gösterilmektedir. Üç maya ekstraktındaki uçucu bileşiklerin farklı içeriklerini ve örnekler arasındaki farklılıkları kümelemek için bu verilere dayanarak ısı haritası (Şekil 3.4) oluşturulmuş ve temel bileşen analizi (PCA) yapılmıştır (Şekil 3.5). Kümeleme analizi, uçucu bileşik profilleri açısından üç maya ekstraktı arasında *S. cerevisiae* TGM10 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarının birbirine daha çok benzediğini göstermiştir (Şekil 3.4).

Tablo 3.5 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarında bulunan önemli uçucu bileşikler

Bileşikler	RT (dk)**	Konsantrasyon (µg/kg)*		
		TGM10	S11	TGM66
Benzaldehit	10,134; 10,158; 10,212	29,99 ± 12,20	28,19 ± 7,94	28,61 ± 11,90
Nonanal	14,56	1,22 ± 0,25	-	-
2-Fenil-2-butenal	19,513; 19,509	3,39 ± 1,32	6,97 ± 2,90	-
2-Metilpentanal	11,492; 11,498; 11,516	127,44 ± 45,56	138,17 ± 30,09	159,24 ± 39,08
2,3,5-Trimetilpirazin	11,361; 11,361; 11,384	6,16 ± 2,06 ^{ab}	8,76 ± 0,32 ^b	4,56 ± 1,39 ^a
2-Etil-3,5-dimetilpirazin	14,022	3,64 ± 1,17	-	-
3-Etil-2,5-dimetilpirazin	13,777; 13,801	-	8,77 ± 1,27 ^a	1,50 ± 0,31 ^b
2-Etil-6-metilpirazin	11,246; 11,275	-	3,75 ± 0,17 ^a	1,77 ± 0,40 ^b
2,3-Butandiol	11,698; 11,707	38,31 ± 11,18 ^a	-	14,70 ± 8,06 ^b
Pentanoik asit	14,265; 14,263	1,61 ± 0,39	-	1,74 ± 0,08
β-Mirsen	11,083	-	3,99 ± 3,86	-
(-)-Sitronellol	18,257; 18,255; 18,257	3,21 ± 0,44	2,69 ± 0,86	1,84 ± 0,12
γ-dekalakton	28,243	-	-	12,87 ± 3,55

Benzil alkol	12,385	2,01 ± 0,06	-	-
2-Feniletanol	14,85; 14,836; 14,833	80,81 ± 12,75 ^b	51,94 ± 13,42 ^a	28,97 ± 3,55 ^a
Fenol	10,905	-	-	1,86 ± 0,29
2-Nonanon	14,195; 14,193; 14,198	7,62 ± 0,12	7,73 ± 1,19	6,77 ± 0,33
3-Oktanon	10,961	-	-	1,33 ± 0,20
Asetik asit, 2-feniletil ester	19,067; 19,063	29,72 ± 5,60 ^a	-	5,58 ± 1,24 ^b
Geranil asetat	22,499; 22,497; 22,498	7,88 ± 1,55 ^{ab}	18,40 ± 7,81 ^a	2,83 ± 0,59 ^b
Etil fenilasetat	18,723	-	1,91 ± 0,61	-
Tetradekan	22,921; 22,92	2,12 ± 0,48	2,60 ± 0,05	-
Pentadekan	16,301; 16,298; 17,587	17,87 ± 3,31	18,28 ± 8,25	17,54 ± 7,21
Hekzadekan	26,78; 26,778	2,09 ± 1,08	-	1,81 ± 0,10

*Sonuçlar, iç standart yöntemi kullanılarak ortalama değer ± SS (n = 3) olarak ifade edilmiştir. Aynı satırlardaki farklı harfler, iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$). **Sırasıyla *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarının alıkonma sürelerini göstermektedir.



Şekil 3.4 Üç farklı maya suşundan elde edilen maya ekstraktlarının iç standart yöntemiyle belirlenen temel uçucu bileşiklerinin kümeleme analizlerinin ısı haritası ile görselleştirmesi. Renk kodu, kırmızı (düşük bolluk) ile beyaz ve mavi (yüksek bolluk) arasında değişen nispi bolluğu göstermektedir.

Kısa zincirli uçucu aldehitler, kimyasal yapılarına göre değişmekle birlikte, “elma benzeri”, “narenciye benzeri” ve “ceviz/fındık benzeri” arasında değişen aromaları nedeniyle çeşitli gıdaların lezzetine katkıda bulunmaktadır [141]. *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktında dört (benzaldehit, nonanal, 2-fenil-2-butenal ve 2-metilpentanal), *S. boulardii* S11 ekstraktında üç (benzaldehit, 2-fenil-2-butenal ve 2-metilpentanal) ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktında iki (benzaldehit ve 2-

metilpentanal) aldehit belirlenmiştir. Şekil 3.4'den görülebileceği gibi, *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktı benzaldehit ve nonanal açısından; *S. boulardii* S11 ekstraktı 2-fenil-2-butenal, *K. marxianus* TGM66 ekstraktı ise 2-metilpentanal açısından öne çıkmaktadır.

Pirazinler, kuruyemiş ve et benzeri aromalar ile karakterize edilen azot içeren heterosiklik bileşiklerdir ve gıdaların genel lezzet profillerine önemli ölçüde katkıda bulunurlar [242]. Çalışmamızda toplam 4 adet pirazin belirlenmiş olup, bunlardan 2,3,5-trimetilpirazin tüm örneklerde tespit edilmesine rağmen, 3-etil-2,5-dimetilpirazin ve 2-etil-6-metilpirazin *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarında; 2-etil-3,5-dimetilpirazin ise sadece *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktında tespit edilmiştir. *S. boulardii* S11 ekstraktı, 2-etil-3,5-dimetilpirazin dışındaki tüm pirazinler açısından dikkate değerdir (Şekil 3.4). Sonuçlarımıza benzer şekilde maya ekstraktları üzerine yapılan çok sayıda çalışmada [242, 253, 254], çeşitli pirazinler tanımlanmıştır.

Uçucu esterler, maya fermentasyonunda üretilen ve meyvemsi bir aroma sağlayarak gıdaların lezzetine önemli ölçüde katkıda bulunan bileşiklerdir [41]. Maya ekstraktlarında tespit edilen üç ester arasında geranil asetat tüm örneklerde tespit edilmesine rağmen, *S. boulardii* S11 ekstraktı geranil asetat açısından diğer örneklerle kıyasla öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, asetik asit, 2-feniletıl ester hem *S. cerevisiae* TGM10 hem de *K. marxianus* TGM66 ekstraktında tespit edilmiş olmasına rağmen, *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktının bu ester açısından öne çıktığı görülmektedir (Şekil 3.4). Etil fenilasetat çok az miktarda sadece *S. boulardii* S11 ekstraktında tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda [257] maya ekstraktlarında çeşitli esterlerin olduğu belirlenmesine rağmen, maya ekstraktları üzerine yapılan pek çok çalışmada esterler tespit edilememiştir. Sonuçlarımız, fermentasyon koşullarının modifiye edilmesiyle maya ekstraktlarının esterler açısından zenginleştirilebileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda üç hidrokarbon tespit edilmiştir; bunlar arasında en yüksek miktarda ve tüm örneklerde bulunan hidrokarbonun pentadekan olduğu, pentadekana ek olarak *S. cerevisiae* TGM10 ve *S. boulardii* S11 ekstraktlarında tetradekan, *S. cerevisiae* TGM10 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarında ise hekzadekan olduğu tespit edilmiştir. Ames ve Elmore [256], ticari maya ekstraktları (*S. cerevisiae*)

üzerine yaptıkları çalışmada maya ekstraktlarında çeşitli hidrokarbonlar tespit etmişler, ancak alifatik hidrokarbonların gıda aromalarına önemli bir katkısı olmadığını bildirmişlerdir.

Ketonların hoş bir aroması vardır ve aroma endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar [257]. Her üç maya ekstraktında da benzer miktarlarda ($P > 0,05$) 2-nonanon tespit edilmiş olmasına rağmen; 3-oktanon sadece çok az miktarda *K. marxianus* TGM66 ekstraktında tespit edilmiştir.

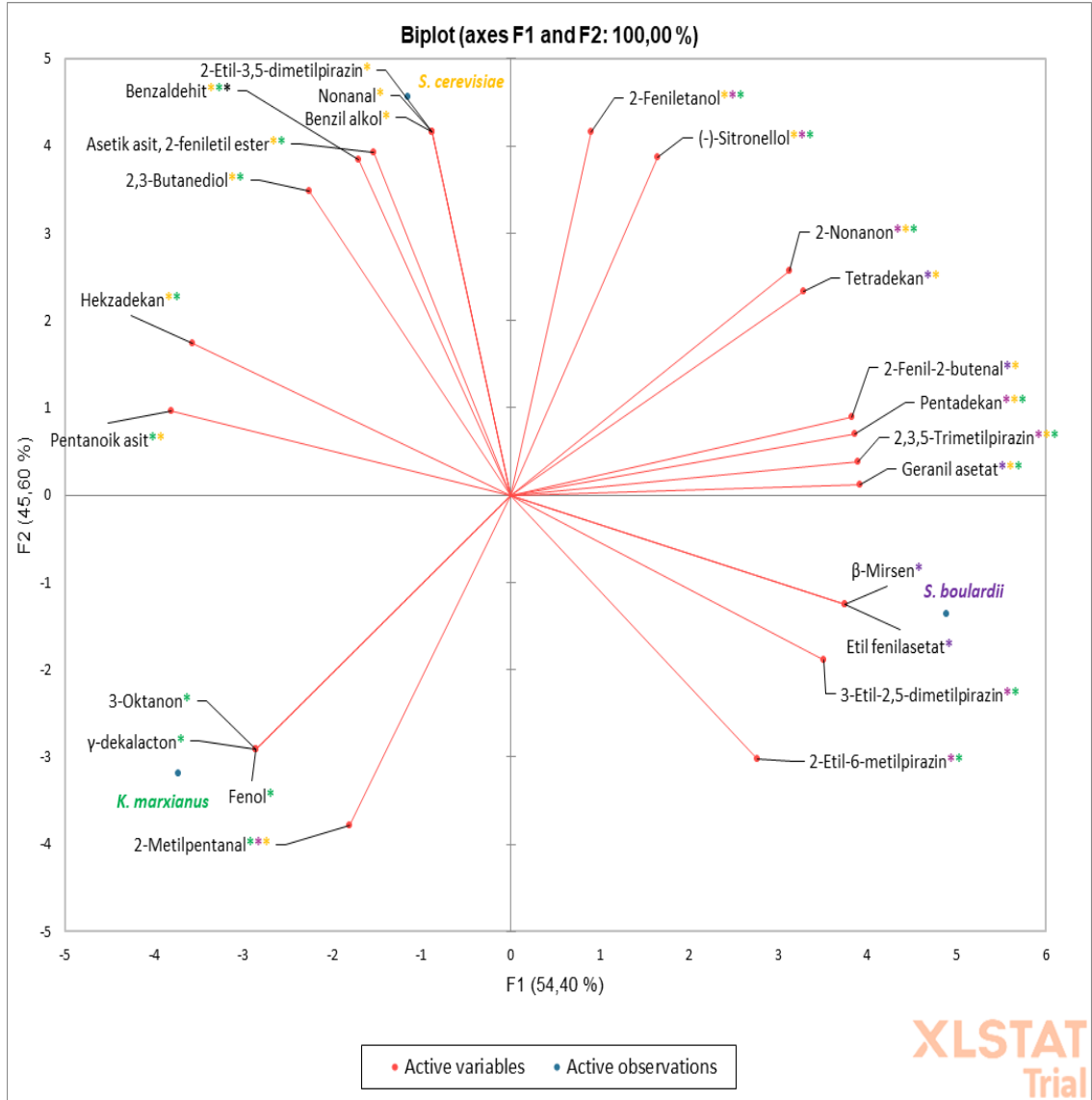
Benzil alkol ve 2-feniletanol gibi benzen halkalı aromatik alkoller, çiçeksi aromayla karakterize edilmekte ve maya ekstraktlarının aromasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadırlar [233]. Tüm örneklerde 2-feniletanol tespit edilmesine rağmen, *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktının diğer örneklerle göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($P \leq 0,05$) daha fazla 2-feniletanol içerdiği belirlenmiştir (Şekil 3.4). Bununla birlikte, benzil alkol, sadece *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktında az miktarda tespit edilmiştir. Sonuçlarımıza benzer şekilde, Wang vd. [233], 2-feniletanolü, benzil alkole kıyasla daha yüksek miktarlarda tespit etmişler ve araştırmacılar, 2-feniletanolün maya ekstraktı aromasına muhtemelen daha fazla katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Tüm örnekler arasında sadece *K. marxianus* TGM66 ekstraktında bir lakton (γ -dekalakton) tespit edilmiş ve bu lakton maya ekstraktı üzerine yapılan önceki çalışmalarda rapor edilmiştir [233, 257]. *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktında istatistiksel olarak anlamlı ölçüde ($P \leq 0,05$) daha yüksek olmasına rağmen, *K. marxianus* TGM66 ekstraktında da glikol yapıdaki 2,3-butandiol tespit edilmiştir. Sonuçlarımıza benzer şekilde, 2,3-butandiol, Zhang vd. [258] tarafından ticari maya ekstraktlarında tespit edilmiştir.

Pentanoik asit, hem *S. cerevisiae* TGM10 hem de *K. marxianus* TGM66 ekstraktında tespit edilmiş olup, maya ekstraktı üzerine yapılan önceki çalışmalarda da bildirilmiştir [233, 257, 259]. Çalışmamızda sadece *K. marxianus* TGM66 ekstraktında çok az miktarda fenol tespit edilmiştir.

Doğada yaygın olarak bulunan terpenoidler çiçeksi, meyvemsi, naneli ve biberli aromalar dâhil olmak üzere çok çeşitli aromalar verebilmektedirler [260]. Maya ekstraktı üzerine yapılan daha önceki çalışmalarda varlığına rastlanmayan (-)-

sitronellolün (terpenoid) tüm örneklerde; β -mirsenin (terpen) ise sadece *S. bouldarii* S11 ekstraktında bulunduğu belirlenmiştir.

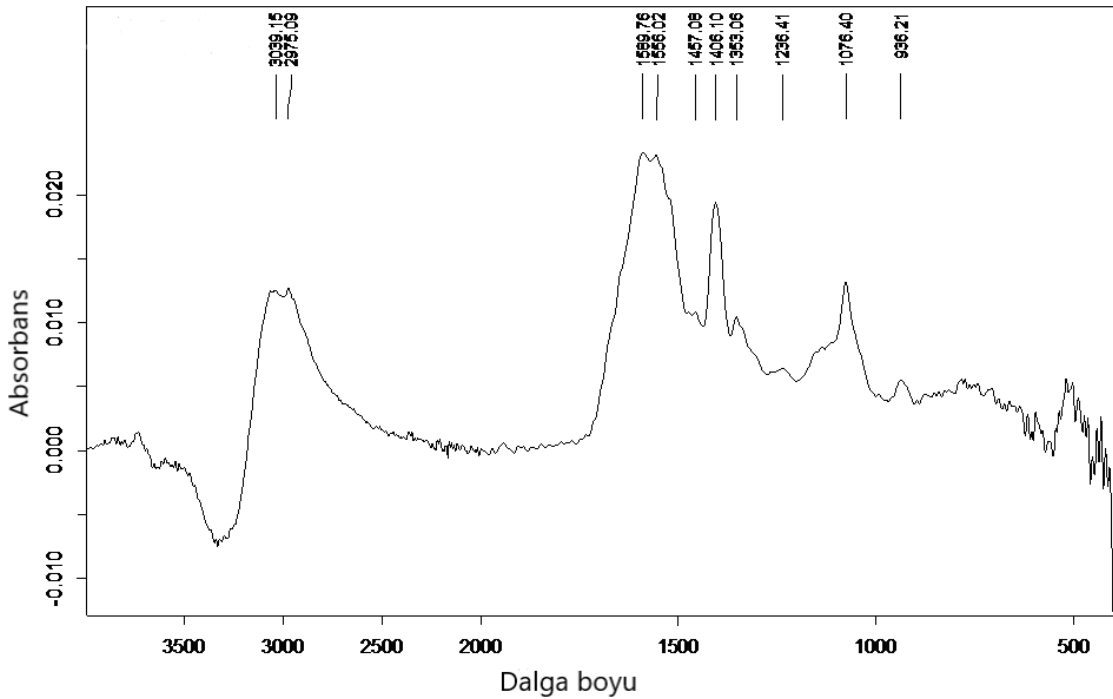


Şekil 3.5 Maya ekstraktlarında bulunan önemli uçucu bileşiklerin temel bileşen analizi (PCA) (Turuncu renk *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktını, Mor renk *S. bouldarii* S11 ekstraktını, Yeşil renk ise *K. marxianus* TGM66 ekstraktını temsil etmektedir)

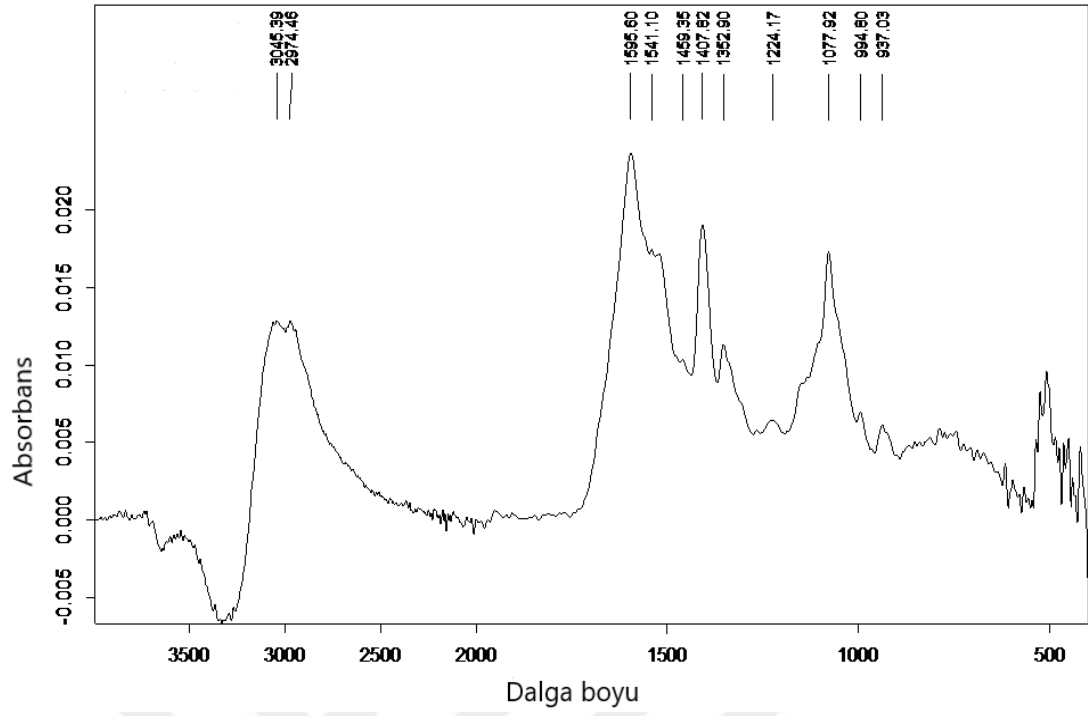
Temel bileşen analizi (PCA) sonucu, benzil alkol, nonanal, 2-etil-3,5-dimetilpirazin, benzaldehit, asetik asit, 2-feniletal ester, 2,3-butandiol ve hekzadekan açısından *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktının; etil fenilasetat, β -mirsen, 3-etil-2,5-dimetilpirazin ve 2-etil-6-metilpirazin açısından *S. bouldarii* S11 ekstraktının ve 2-metilpentanal, γ -dekalacton, 3-oktanon ve fenol açısından ise *K. marxianus* TGM66 ekstraktının öne çıktığı belirlenmiştir.

3.5 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ile Karakterizasyon

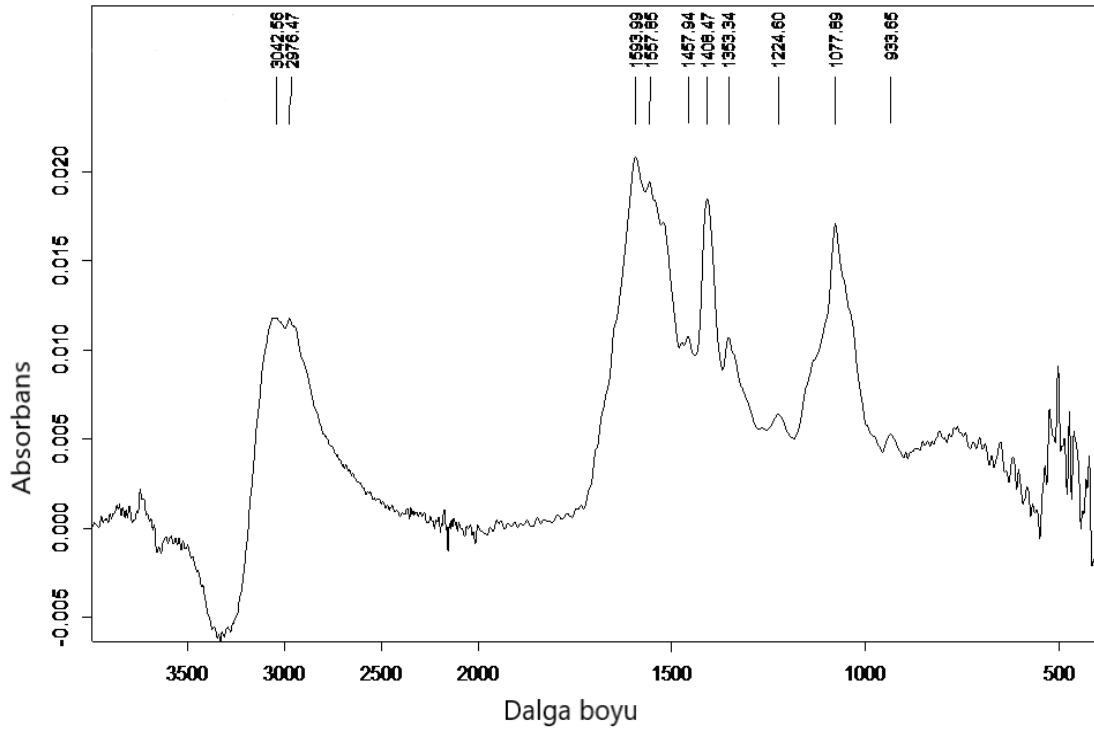
Bir tür titreşim spektroskopisi olan Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi, hem moleküler yapıyı hem de moleküler ortamı yansıtan kolay ve hızlı sonuç alınabilen bir tekniktir [261]. Kızılötesi radyasyonun absorpsiyonu, moleküllerin titreşim geçişlerini uyarmaktadır [262]. Kızılötesi spektroskopisinde her kimyasal bağın ayrı bir titreşim frekansı mevcut olup, bu sayede kimyasal gruplar tanımlanabilmektedir [263]. Maya ekstraktlarının moleküler karakterizasyonlarının yapılması amacıyla FTIR spektroskopisinden yararlanılmış olup, *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarına ait FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de gösterilmektedir. Üç ekstraktın spektrumlarının karşılaştırması ise Şekil 3.9’da gösterilmektedir.



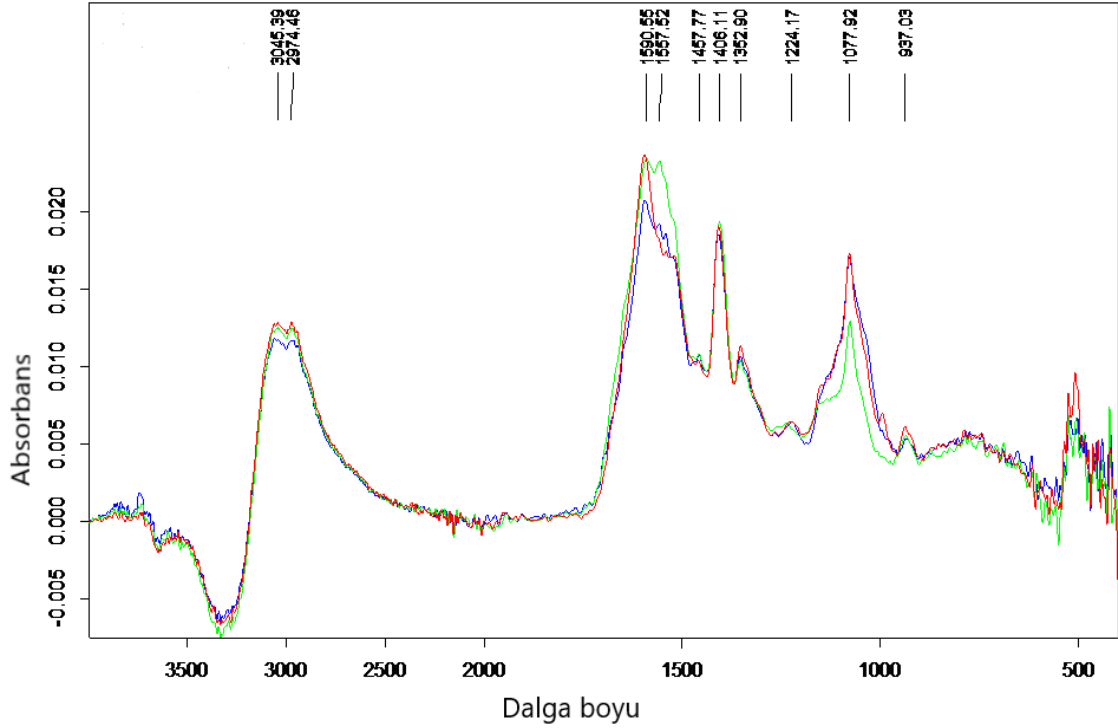
Şekil 3.6 *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktına ait FTIR spektrumu



Şekil 3.7 *S. boulardii* S11 ekstraktına ait FTIR spektrumu



Şekil 3.8 *K. marxianus* TGM66 ekstraktına ait FTIR spektrumu



Şekil 3.9 Üç farklı maya ekstraktının FTIR spektrumları (yeşil renkli spektrum *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktına, kırmızı renkli spektrum *S. boulardii* S11 ekstraktına, mavi renkli spektrum ise *K. marxianus* TGM66 ekstraktına aittir)

Maya ekstraktlarının FTIR spektrumlarındaki belirgin pikler incelenmiş olup, üç maya ekstraktının da benzer dalga boylarında pik verdikleri gözlenmiştir (Şeki 3.9). Maya ekstraktları, temel olarak proteinler, peptitler, amino asitler, nükleik asitler, karbonhidratlar, yağlar, vitaminler, mineraller ve fenolik maddelerden oluşmaktadır [30] ve maya ekstraktlarının FTIR spektrumundaki titreşimsel piklerin başta protein ve amino asitler olmak üzere bu bileşiklerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Örtüşen birçok bant nedeniyle bir proteinin kimyasal yapısı kızılötesi spektrumdan çıkarılamaz, ancak kimyasal yapıdaki değişiklikler tespit edilebilir [262].

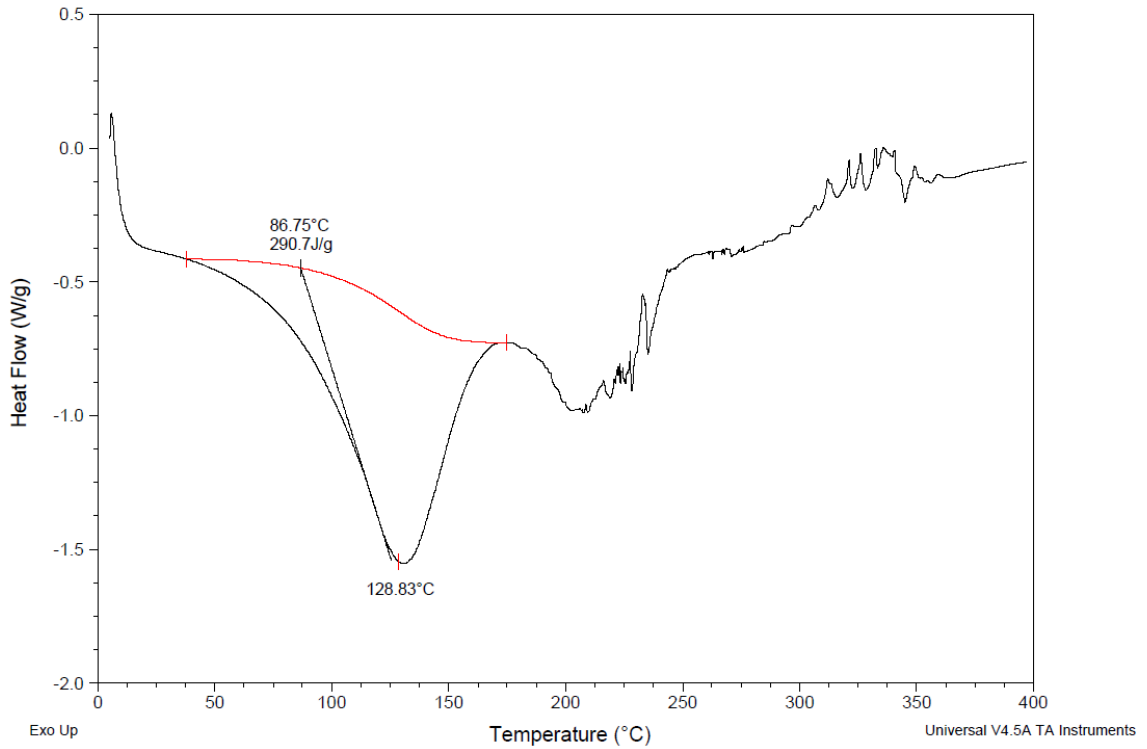
Yaklaşık olarak 3000 cm^{-1} 'deki bantlar genellikle C-H bağlarıyla ilişkilendirilmektedir ve daha özel olarak 3000 cm^{-1} 'in solunda (3150 cm^{-1} ile 3000 cm^{-1} arasında) kalan bantlar aromatik (3010 cm^{-1} ile 3050 cm^{-1} arasında) ve vinil C-H; sağında kalan bantlar ise alifatik C-H gerilmesine atfedilmektedir [264]. Bu bilgiler ışığında, *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarındaki sırasıyla yaklaşık olarak 3039 cm^{-1} ve 2975 cm^{-1} ; 3045 cm^{-1} ve 2974 cm^{-1} ; 3042 cm^{-1} ve 2976 cm^{-1} 'deki bantlar aromatik ve alifatik C-H bağlarının

titreşiminden kaynaklanıyor olabilir. Spektrumdaki 1595 cm^{-1} ile 1541 cm^{-1} arasındaki bantların amino asitlerle ilişkili olduğu ve antisimetrik NH_3^+ deformasyonundan veya antisimetrik COO^- gerilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir [265]. *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarındaki sırasıyla yaklaşık olarak 1457 cm^{-1} , 1459 cm^{-1} ve 1457 cm^{-1} 'deki bantlar proteinlerde çeşitli CH_2/CH_3 bükülme titreşimlerinden kaynaklanıyor olabilir. Örneklerdeki 1406 cm^{-1} (*S. cerevisiae* TGM10), 1407 cm^{-1} (*S. boulardii* S11) ve 1408 cm^{-1} 'deki (*K. marxianus* TGM66) bantlar ise muhtemelen genellikle proteinlerde gerçekleşen $\text{C}(\text{CH}_3)_2$ gerilmesiyle ilişkilidir. Yaklaşık olarak 1353 cm^{-1} (*S. cerevisiae* TGM10), 1352 cm^{-1} (*S. boulardii* S11) ve 1353 cm^{-1} 'deki (*K. marxianus* TGM66) bantlar, lipidlerdeki CH_2 deformasyonundan kaynaklanıyor olabilir. Yaklaşık olarak 1236 cm^{-1} (*S. cerevisiae* TGM10), 1224 cm^{-1} (*S. boulardii* S11) ve 1224 cm^{-1} 'deki (*K. marxianus* TGM66) bantların, serbest nükleotitlerdeki C-O gerilmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir [266, 267]. Yaklaşık olarak 1076 cm^{-1} (*S. cerevisiae* TGM10), 1077 cm^{-1} (*S. boulardii* S11) ve 1077 cm^{-1} 'deki (*K. marxianus* TGM66) bantlar, muhtemelen RNA'daki PO_2^- 'nin simetrik gerilmesiyle ilişkilidir [266, 268]. 900 cm^{-1} ile 1000 cm^{-1} civarındaki bantlar genellikle karbonhidratlarla ilişkilendirilmekte ve yaklaşık olarak 936 cm^{-1} (*S. cerevisiae* TGM10), 994 ile 937 cm^{-1} (*S. boulardii* S11) ve 933 cm^{-1} 'deki (*K. marxianus* TGM66) bantların glikozit bağlardaki titreşimlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir [266, 269].

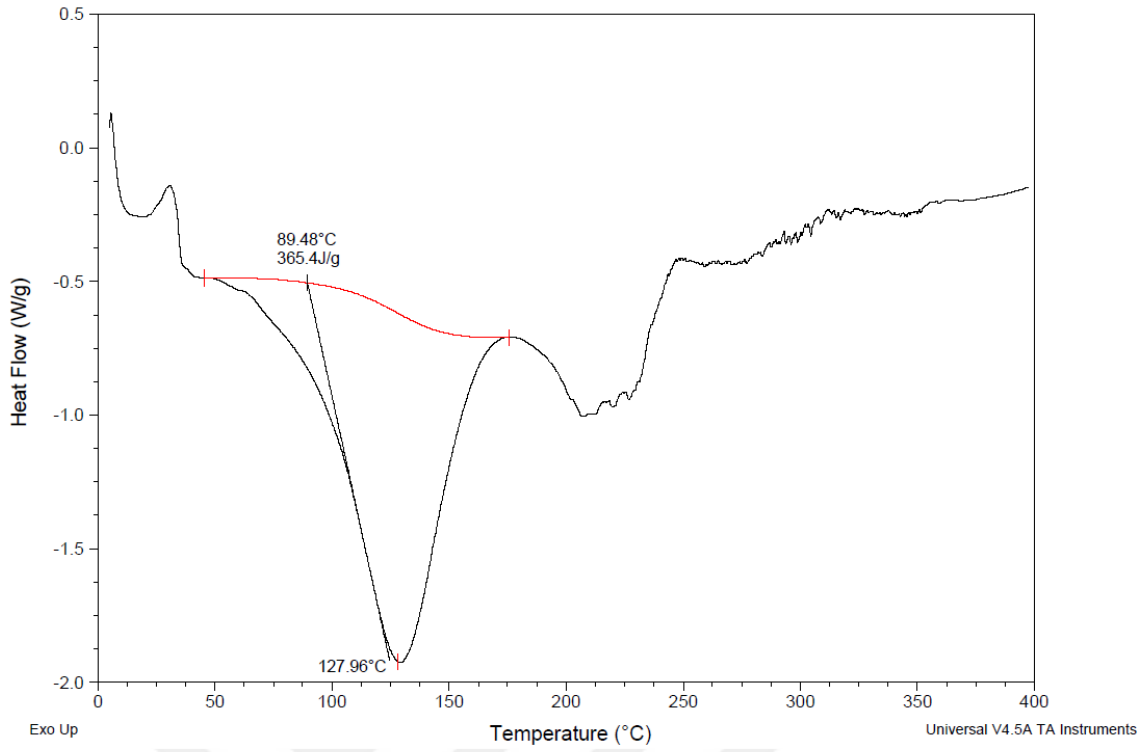
Son yıllarda, gıdaların moleküler karakterizasyonunda hassas, hızlı, kolay ve nispeten ucuz bir yöntem olmasından dolayı FTIR spektroskopisinin kullanımı yaygınlaşma eğilimindedir [263]. FTIR spektroskopisinden maya ekstraktlarının karakterizasyonunda yararlanılabileceği gibi, maya biyokütlesi üretiminde hücre gelişimini takip etmek ve maya ekstraktı üretimindeki en önemli aşamalardan biri olan otoliz veya diğer hücre parçalama yöntemlerinin etkinliğini izlemek için de yararlanılabilir [267].

3.6 Termal Özellikler

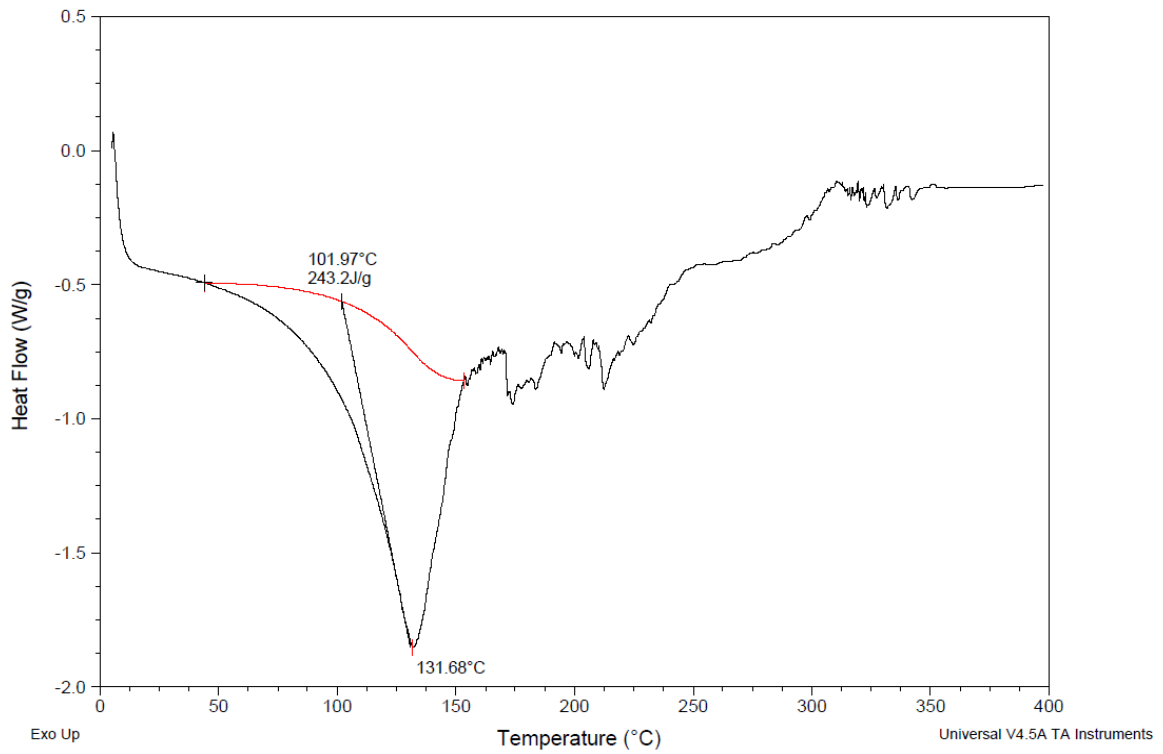
Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC), bir örneğin ve referansın sıcaklığını arttırmak için gereken ısı farkının, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçüldüğü kullanışlı bir termoanalitik tekniktir ve suyun kristalleşmesi (erime ve donma), suyun buharlaşması ve protein denatürasyonu gibi bazı kimyasal reaksiyonların yol açtığı faz değişikliklerini hızlı bir şekilde analiz etme imkânı tanır [270]. Bu kapsamda, maya ekstraktlarının erime sıcaklıklarını belirlemek için DSC analizi yapılmış ve *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarının DSC termogramları sırasıyla Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.10 *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktına ait DSC termogramı



Şekil 3.11 *S. boulardii* S11 ekstraktına ait DSC termogramı



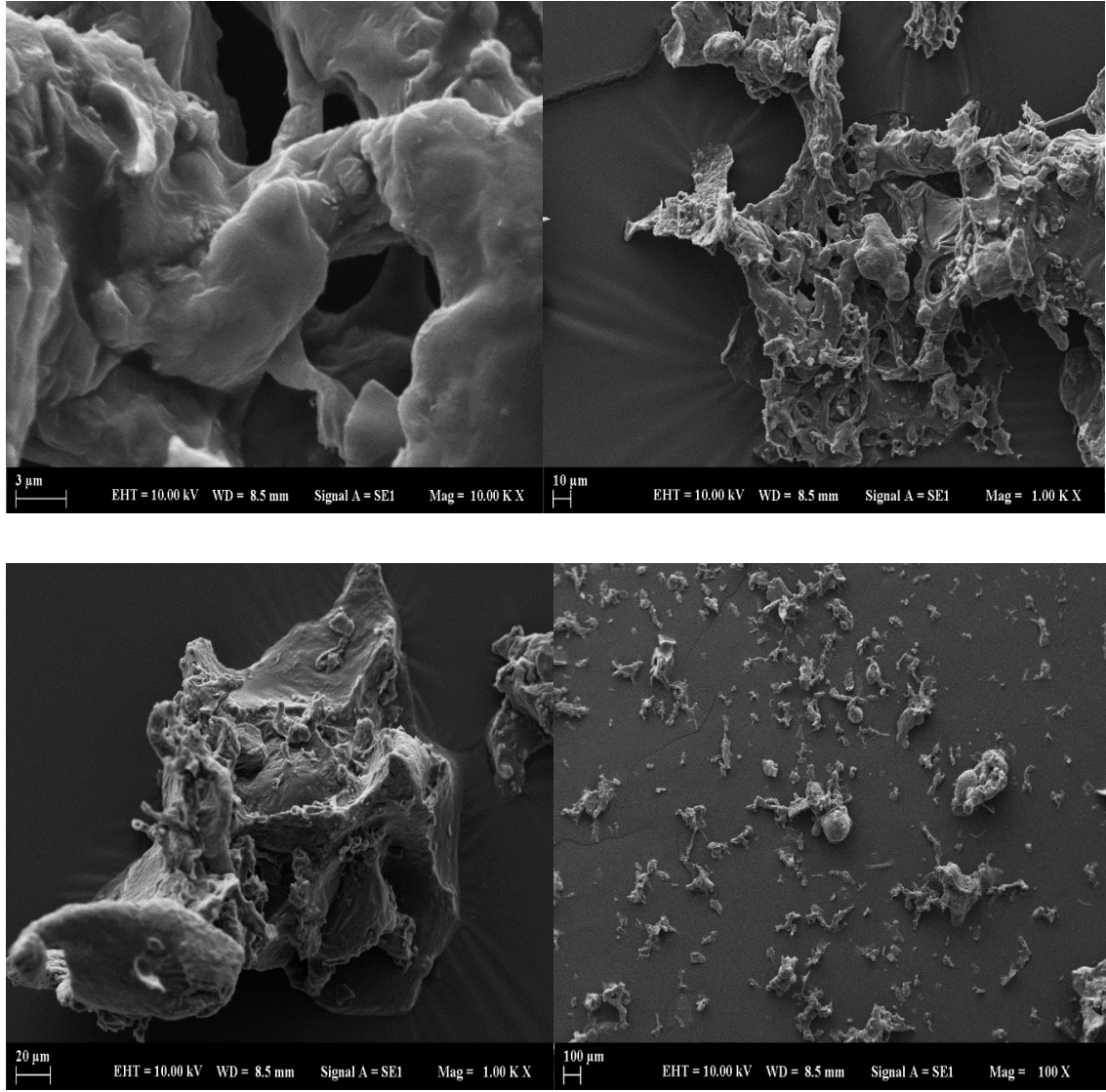
Şekil 3.12 *K. marxianus* TGM66 ekstraktına ait DSC termogramı

DSC termogramları incelendiğinde, *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarının erime noktalarına karşılık gelen sırasıyla yaklaşık

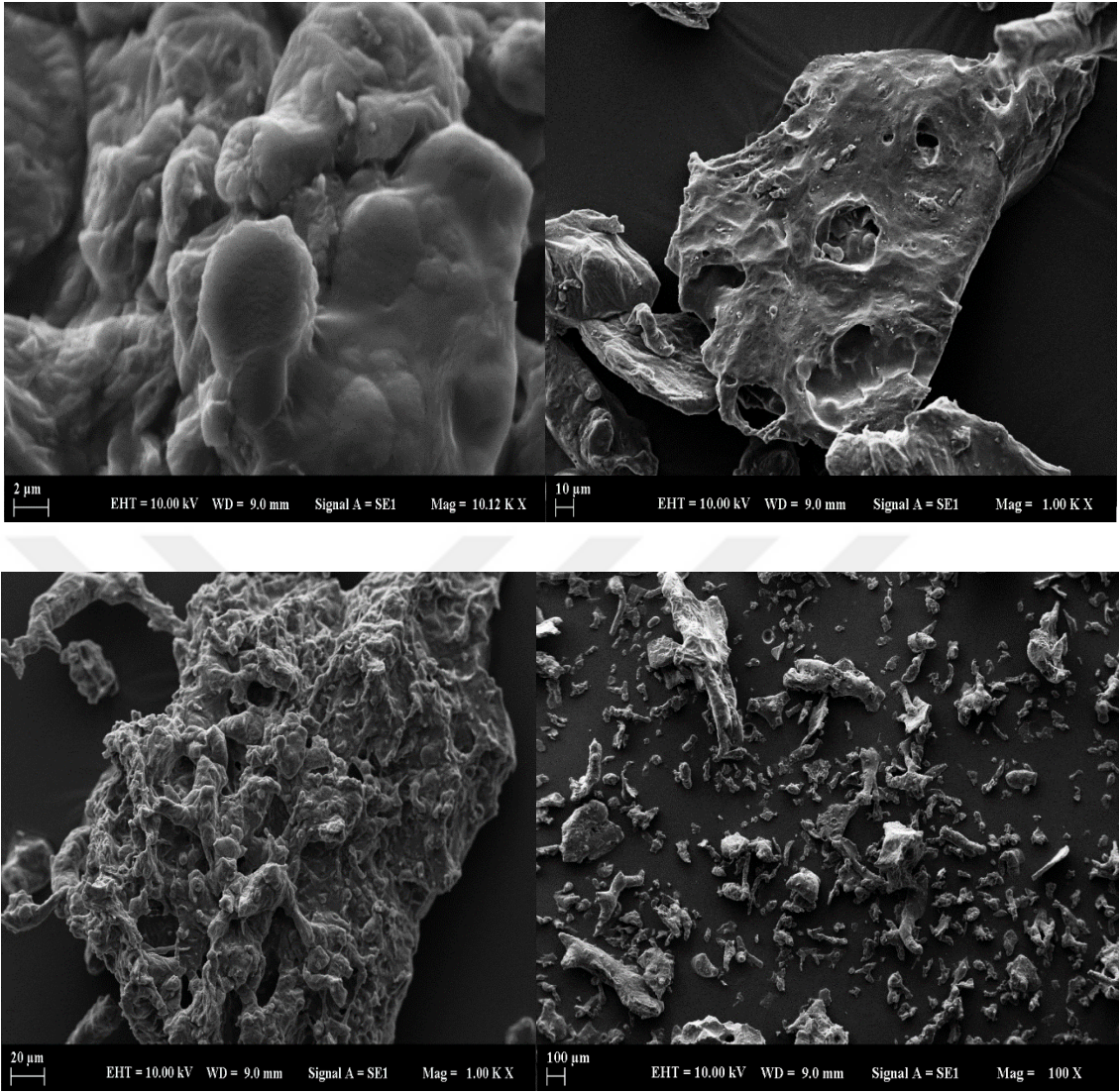
olarak 129 °C, 128 °C ve 132 °C civarında endotermik pikler görülmektedir. *S. cerevisiae* TGM10 ve *S. boulardii* S11 ekstraktlarının termal kararlılıklarının birbirine benzerlik gösterdiği, *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarının termal kararlılığının ise diğer örneklerle göre bir miktar daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Literatürde maya ekstraktlarının termal özelliklerinin incelendiği yeterli sayıda araştırma bulunmamaktadır. Oysa, DSC analizi, maya ekstraktları gibi karmaşık sistemlerde stabilite parametrelerini belirlemek için yüksek bir potansiyele sahiptir ve özellikle protein ve yağ asitlerinin stabilitesini incelemek için kolay, hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak kullanılabilir [271].

3.7 Mikroyapısal Özellikler

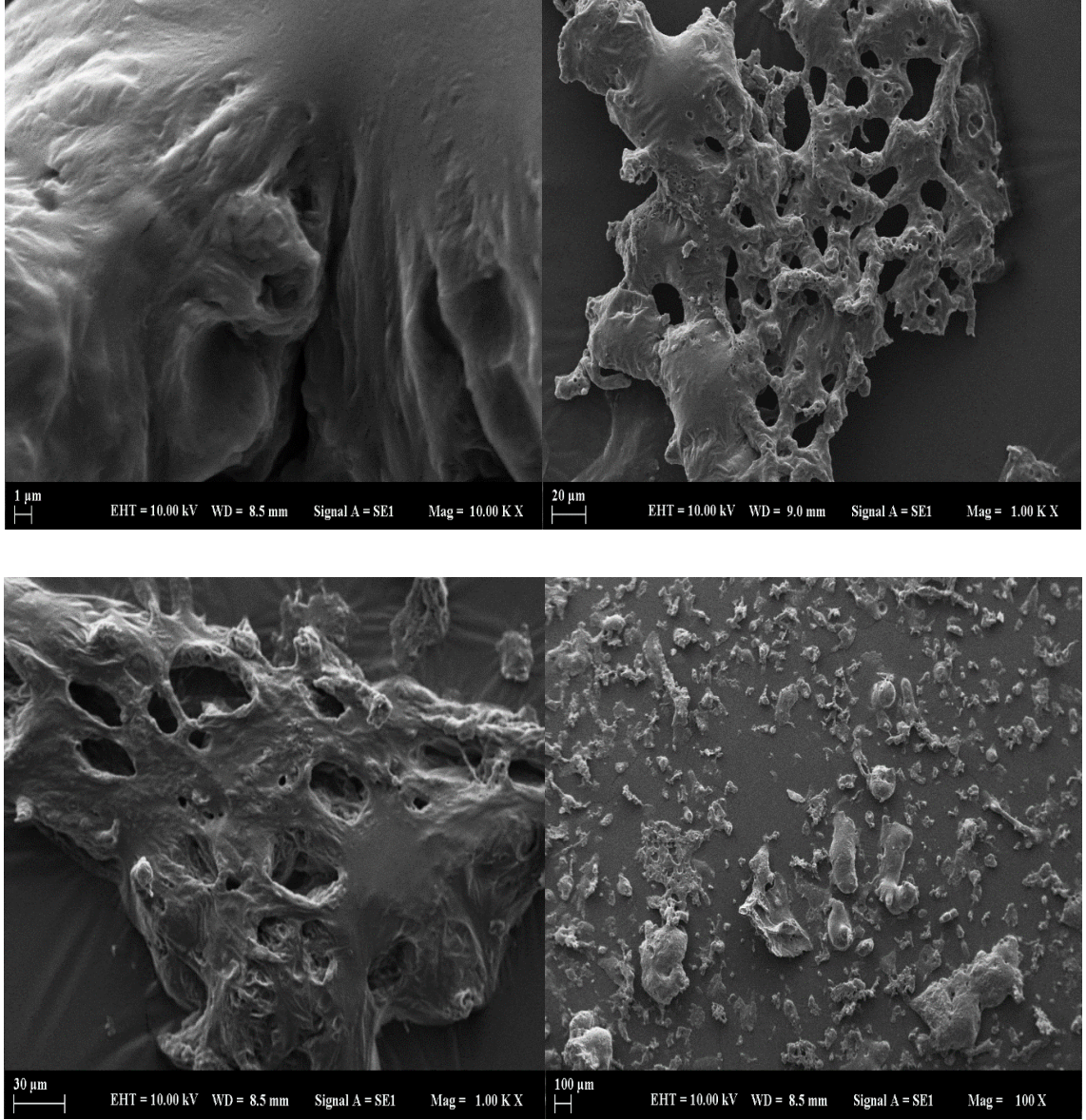
Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile numunelerin mikroyapı morfolojileri ve kimyasal bileşimleri hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir [272]. Maya ekstraktı tozlarının morfolojilerini gözleyebilmek için SEM'den yararlanılmıştır. SEM ile incelenen *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 ekstraktlarına ait mikrograflar sırasıyla Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'de gösterilmektedir.



Şekil 3.13 *S. cerevisiae* TGM10 ekstraktına ait mikrogaf



Şekil 3.14 *S. boulardii* S11 ekstraktına ait mikrograf



Şekil 3.15 *K. marxianus* TGM66 ekstraktına ait mikrograf

Toz örneklerle uygulanan kurutma işlemi (dondurarak kurutma ve püskürterek kurutma gibi), partiküllerin parçacık boyutunu etkilemektedir [213]. Dondurarak kurutma (liyoofilizasyon) işleminde, örnekler önce dondurma işlemi uygulanmakta, daha sonra su süblimasyonla dondurulmuş olan örnekten uzaklaştırılmaktadır [273]. Bu nedenle, liyofile partiküller bozularak gözenekli bir yüzeye sahip tabaka benzeri katmanlar halinde sıkışmaktadırlar [213]. Liyofile edilmiş maya ekstraktı tozlarının mikrografları incelendiği zaman, örneklerin birbirlerine benzer şekilde gözenekli bir yüzeye sahip oldukları ve düzensiz şekilde dağıldıkları görülmektedir. Petravić-Tominac vd. [213], maya β -glukanının dondurarak ve püskürterek kurutulmuş numunelerini inceledikleri çalışmalarında, püskürterek kurutulan

örneklerde orijinal yapının daha iyi korunarak eliptik ve oval şekillerin gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

3.8 Reolojik Özellikler

Sebze çorbasında iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) çözündürülmüş olan maya ekstraktlarının 25 °C ve 50 °C’de Ostwald de Waele (Power Law) modeli kullanılarak belirlenen kıvam katsayıları, akış davranış indeksleri ve R² değerleri sırasıyla Tablo 3.6 ve 3.7’de gösterilmektedir.

Tablo 3.6 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) karıştırıldığı sebze çorbası örneklerinin 25 °C’deki reolojik özellikleri

Örnekler	Kıvam katsayısı (Pa.s) ^a	Akış davranış indeksi (n)	R ²
TGM10 (%0,5)	2,22 ± 0,14 ^b	0,819 ± 0,056 ^{ab}	0,9923
S11 (%0,5)	2,35 ± 0,46 ^b	0,793 ± 0,023 ^{ab}	0,9893
TGM66 (%0,5)	2,41 ± 0,18 ^b	0,777 ± 0,044 ^{ab}	0,9883
TGM10 (%1)	2,54 ± 0,39 ^{ab}	0,787 ± 0,081 ^{ab}	0,9938
S11 (%1)	3,00 ± 0,51 ^{ab}	0,754 ± 0,034 ^b	0,9884
TGM66 (%1)	3,43 ± 0,44 ^a	0,746 ± 0,035 ^b	0,9899
K-1 (Sade çorba)	2,08 ± 0,14 ^b	0,905 ± 0,044 ^a	0,9953

Sonuçlar ortalama değerler (n = 3) ± SS olarak ifade edilmiştir. Aynı sütundaki farklı harfler, iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (P ≤ 0,05).

Ostwald modeline göre, akış davranış indeksinin (n) aşağıdaki aralıklarda bulunma durumuna göre akışkanın davranışıyla ilgili yorum yapılabilmektedir [274]:

n < 1 → Psödoplastik akış davranışı

n = 1 → Newtonian akış davranışı

$n > 1 \rightarrow$ Dilatant akış davranışı

Yapılan ölçümlerde, tüm örneklerin akış davranış indekslerinin 1'in altında, ancak 1'e yakın (0,746-0,969 arasında) olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.6 ve 3.7). Akış davranış indeksinin 1'in altında olma durumu, psödoplastik akış davranışı olarak sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte, akış davranış indekslerinin 1'e yakın olmasından dolayı tüm örneklerin akış davranışlarının zayıf bir psödoplastik özellik gösterdiği söylenebilir. Maya ekstraktları için akış davranış indeksinin yanında kıvam katsayıları da önemlidir. Bir akışkanın kıvam katsayısı, viskozite hakkında fikir vermekte ve kıvam katsayısının yüksek olması viskozitenin de yüksek olduğunu göstermektedir [274]. 25 °C'de yapılan ölçümlerde, maya ekstraktı ilave edilmiş tüm örneklerin sade sebze çorbasının kıvam katsayısını arttırdığı (Tablo 3.6), bu açıdan en başarılı örneğin ise *K. marxianus* TGM66 (%1) ($P \leq 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, aynı konsantrasyonda kullanılmaları durumunda tüm maya ekstraktlarının sebze çorbasının kıvam katsayısını benzer miktarlarda ($P > 0,05$) arttırdığı tespit edilmiştir. Her ne kadar *K. marxianus* TGM66 (%1) örneği dışındaki örneklerin kıvam katsayısı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemsiz ($P > 0,05$) olduğu belirlenmiş olsa da, maya ekstraktlarının oda sıcaklığında çorba gibi gıdaların viskozitesine olumlu katkısının olacağı söylenebilir.

Tablo 3.7 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) karıştırıldığı sebze çorbası örneklerinin 50 °C'deki reolojik özellikleri

Örnekler	Kıvam katsayısı (Pa.s) ⁿ	Akış davranış indeksi (n)	R ²
TGM10 (%0,5)	1,17 ± 0,11 ^{cd}	0,944 ± 0,014 ^a	0,9821
S11 (%0,5)	1,34 ± 0,23 ^{bcd}	0,924 ± 0,029 ^{ab}	0,9795
TGM66 (%0,5)	1,40 ± 0,13 ^{bc}	0,932 ± 0,015 ^a	0,9823
TGM10 (%1)	1,56 ± 0,08 ^{abc}	0,863 ± 0,030 ^{bc}	0,9819
S11 (%1)	1,81 ± 0,21 ^{ab}	0,815 ± 0,011 ^{cd}	0,9761
TGM66 (%1)	1,97 ± 0,14 ^a	0,792 ± 0,032 ^d	0,9797
K-2 (Sade çorba)	0,88 ± 0,21 ^d	0,969 ± 0,012 ^a	0,9877

Sonuçlar ortalama değerler (n = 3) ± SS olarak ifade edilmiştir. Aynı sütundaki farklı harfler, iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (P ≤ 0,05).

Hem sade sebze çorbasının (kontrol) hem de aynı konsantrasyonda maya ekstraktı ilave edilmiş sebze çorbalarının kıvam katsayıları sıcaklığın 25 °C'den 50 °C'ye çıkarılmasıyla önemli ölçüde düşmüştür (P ≤ 0,05). Ancak yine de, kontrole kıyasla maya ekstraktı ilave edilmiş tüm örneklerin kıvam katsayılarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 25 °C'de gerçekleştirilen ölçümlere benzer şekilde, aynı konsantrasyonlarda kullanılmaları durumunda tüm maya ekstraktlarının sebze çorbasındaki kıvam katsayısını benzer miktarlarda (P > 0,05) arttırdıkları belirlenmiştir. %1 konsantrasyonda maya ekstraktı içeren tüm örneklerin sade çorbanın kıvam katsayısı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli (P ≤ 0,05) olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *K. marxianus* TGM66 örneğinin %0,5 konsantrasyonda kullanılması durumunda bile sade çorbanın kıvam katsayısını önemli ölçüde (P ≤ 0,05) arttırdığı gözlenmiştir. Hem 25 °C'de hem de 50 °C'de

gerçekleştirilen ölçümlerde, tüm ekstraktlar arasında *K. marxianus* TGM66 ekstraktı öne çıkmaktadır. Bu durumun sebebinin, *K. marxianus* TGM66 ekstraktının karbonhidrat yapısı ve miktarıyla ve/veya amino asit profiliyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

3.9 Teknolojik Özellikler

Maya ekstraktlarının su tutma kapasiteleri, yağ bağlama özellikleri, emülsiyon aktivite indeksleri ve emülsiyon stabilite indeksleri ile zeta potansiyelleri Tablo 3.8’de gösterilmektedir.

Tablo 3.8 *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarından elde edilen maya ekstraktlarının teknolojik özellikleri

Teknolojik özellikler	TGM10	S11	TGM66
Su tutma kapasitesi (mL/g dw)	11,92 ± 0,16 ^b	13,52 ± 0,14 ^a	11,72 ± 0,16 ^b
Yağ bağlama kapasitesi (mL/g)	2,05 ± 0,1 ^b	2,03 ± 0,2 ^b	2,68 ± 0,2 ^a
Emülsiyon aktivite indeksi (m ² /g)	32,76 ± 2,04 ^b	31,97 ± 1,30 ^b	48,12 ± 5,07 ^a
Emülsiyon stabilite indeksi (dk)	17,60 ± 1,05 ^b	20,46 ± 1,48 ^b	54,98 ± 3,81 ^a
Zeta potansiyeli (mV)	-8,51 ± 0,74 ^c	-4,72 ± 0,61 ^a	-6,79 ± 0,63 ^b

Sonuçlar ortalama değerler (n = 3) ± SS olarak ifade edilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler, iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (P ≤ 0,05).

Su tutma kapasitesi gıdaların tekstür, renk, lezzet ve depolanması üzerinde önemli etkilere sahiptir [275]. Su tutma kapasitesi esas olarak maya ekstraktlarının protein içerikleriyle ilgilidir, ancak β-glukan ve diğer karbonhidratlar da su tutma kapasitesini etkilemektedir. *S. cerevisiae* TGM10 (11,92 mL/g dw) ve *K. marxianus* TGM66 (11,72 mL/g dw) ekstraktlarının su tutma kapasitelerinin benzer olduğu belirlenmiştir (P > 0,05). Diğer numunelerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde (P ≤ 0,05) en yüksek su tutma kapasitesine sahip numunenin *S. boulardii* S11 ekstraktı (13,52 mL/g dw) olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin yağ bağlama özellikleri incelendiğinde *S. cerevisiae* TGM10 ve *S. boulardii* S11 ekstraktlarının (sırasıyla 2,05 ve 2,03 mL/g) çok benzer yağ bağlama özelliklerine sahip olduğu, *K. marxianus* TGM66 ekstraktının (2,68 mL/g) ise en yüksek yağ bağlama özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yağ bağlama özelliklerine benzer olarak *S. cerevisiae* TGM10 ve *S. boulardii* S11 ekstraktlarının (sırasıyla 32,76 m²/g ve 17,6 dk; 31,97 m²/g ve 20,46 dk) EAI ve ESI değerlerinin birbirine benzer olduğu, *K. marxianus* TGM66 ekstraktının ise (48,12 m²/g ve 54,98 dk) diğer numunelere kıyasla daha yüksek EAI ve ESI'ye sahip olduğu belirlenmiştir. Yağ bağlama ve emülsifiye etme özellikleri, maya ekstraktları gibi protein açısından zengin ingrediyenleri karmaşık gıda sistemlerine dahil ederken önemlidir [276]. Yağın protein ve karbonhidratlar gibi gıda bileşenleriyle bağlanması, gıdaların dokusal ve diğer kalite özelliklerinin yanı sıra lezzet ve ağız hissini de iyileştirmektedir [277]. Birçok gıda kısmen veya tamamen emülsiyonlardan oluşmakta ve gıdalarda kalite kaybını önlemek için sıklıkla emülgatörlerden yararlanılmaktadır [278]. Özellikle *S. cerevisiae* TGM10 ve *S. boulardii* S11 ekstraktlarının ESI değerleri bir miktar düşük olmasına rağmen, maya ekstraktlarının yağ bağlama ve emülsifiye edici özellikleri, diğer özelliklerin yanı sıra maya ekstraktlarının birçok gıdaya ek fayda sağlama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Örneklerin zeta potansiyelleri -8,51, -4,72 ve -6,79 mV (sırasıyla *S. cerevisiae* TGM10, *S. boulardii* S11 ve *K. marxianus* TGM66) olarak belirlenmiş ve sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($P \leq 0,05$) bulunmuştur. Zeta potansiyel değerinin +30 mV'un üzerinde veya -30 mV'un altında olduğu değerler kolloidal sistemin kararlı olduğunu göstermektedir [249]. Sonuçlarımız, tüm maya ekstraktlarının PBS kullanılarak belirlenen zeta potansiyellerinin kolloidal dağılım stabilitesi için yeterli olmadığını göstermektedir.

3.10 Duyusal Değerlendirme

Maya ekstraktlarının gıdalarda kullanım miktarı gıdadan gıdaya göre değişmektedir. Çorba ve et ürünlerinde genellikle %0,5-1,5 arasında maya ekstraktı kullanılmaktayken; hazır gıdalar, hububat ürünleri, soslar ve deniz ürünlerinde yaklaşık %1,0-2,5 arasında maya ekstraktı kullanılmaktadır [173, 206]. Umami tat kaynağı bileşiklerin gıdaların lezzeti üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi

genellikle çorbalar kullanılarak gerçekleştirilmektedir [219]. %0,5-1 konsantrasyonlarda kullanılarak duyuşal değerdendirmeleri yapılan üç maya ekstraktının duyuşal özellikleri Tablo 3.9 ve Şekil 3.16'da gösterilmektedir.



Tablo 3.9 Sebze çorbası kullanılarak gerçekleştirilen duyuusal değerlendirme sonuçları

Örnekler	Tuzlu tat	Umami tat	Et suyu benzeri lezzet	Meyvemsi lezzet	Genel beğeni
TGM10 (%0,5)	1,93 ± 0,47 ^{ab*}	2,36 ± 0,50 ^a	2,79 ± 0,58 ^a	2,07 ± 0,62 ^a	2,36 ± 0,50 ^a
S11 (%0,5)	1,86 ± 0,66 ^{abc}	2,50 ± 0,65 ^a	2,64 ± 0,50 ^a	1,93 ± 0,73 ^{ab}	2,21 ± 0,43 ^a
TGM66 (%0,5)	1,64 ± 0,50 ^{ac}	2,07 ± 0,62 ^a	2,50 ± 0,65 ^a	1,79 ± 0,80 ^{abc}	2,07 ± 0,47 ^{ad}
C-1 (%0,5 MSG)	4,79 ± 0,58 ^d	6,93 ± 1,33 ^b	7,29 ± 0,83 ^b	1,14 ± 0,36 ^{bc}	6,36 ± 0,93 ^{bc}
C-2 (Sade çorba)	1,14 ± 0,36 ^c	1,07 ± 0,27 ^c	1,00 ± 0,00 ^c	1,29 ± 0,47 ^{bc}	1,43 ± 0,51 ^d
TGM10 (%1)	3,50 ± 0,94 ^e	5,14 ± 0,77 ^d	5,00 ± 0,55 ^d	2,43 ± 0,51 ^a	5,64 ± 0,63 ^{be}
S11 (%1)	3,29 ± 0,61 ^e	4,93 ± 0,73 ^d	4,71 ± 0,47 ^d	2,29 ± 0,61 ^a	5,21 ± 0,58 ^e
TGM66 (%1)	3,43 ± 0,65 ^e	4,86 ± 0,53 ^d	4,79 ± 0,58 ^d	2,21 ± 0,43 ^a	4,93 ± 0,62 ^e
C-3 (%1 MSG)	7,29 ± 0,61 ^f	9,14 ± 0,77 ^e	9,43 ± 0,65 ^e	1,07 ± 0,27 ^c	8,36 ± 0,74 ^f

*Sonuçlar ortalama değer ± SS (n = 2) olarak ifade edilmiştir. Aynı sütundaki farklı harfler, iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$). C-1 ve C-3 örnekleri aynı konsantrasyondaki örnekler için pozitif kontrol; C-2 örneği ise negatif kontroldür.

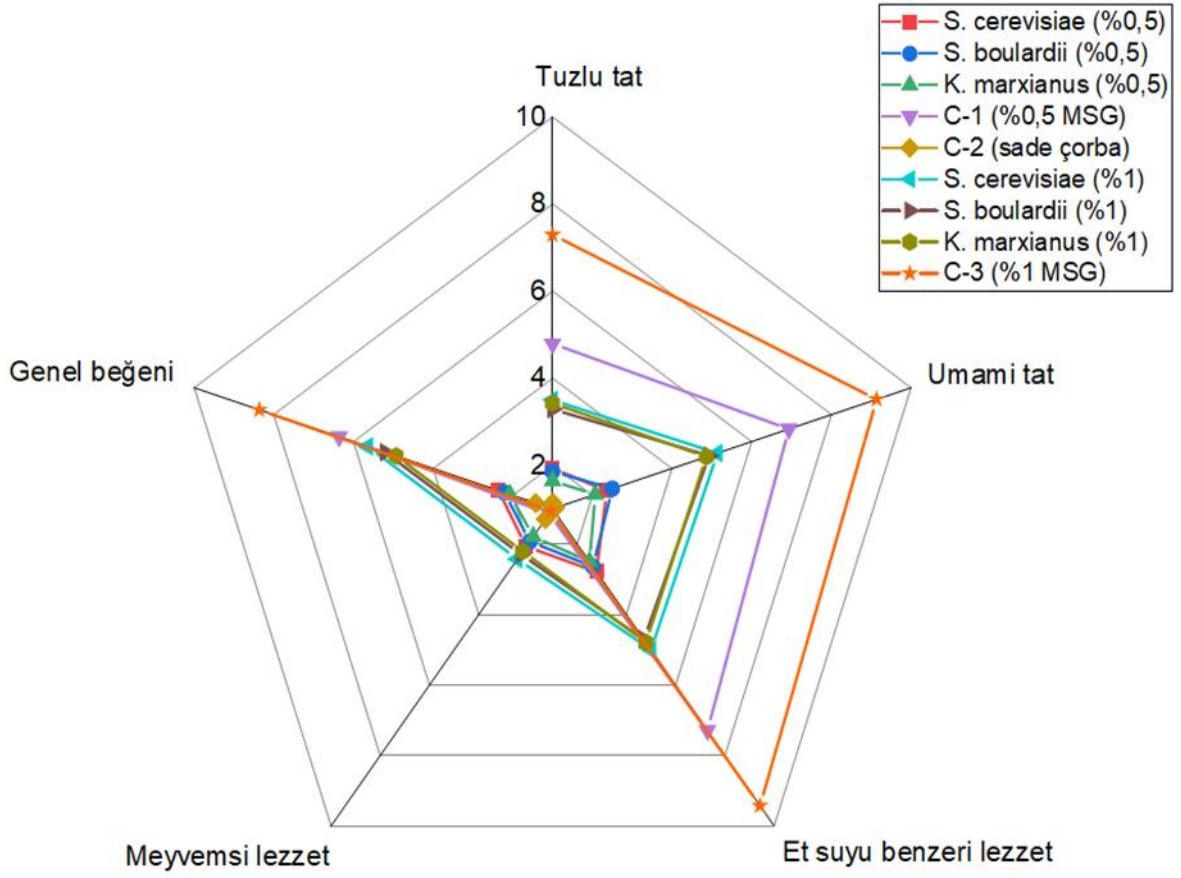
Tuzlu tat açısından tüm örnekler arasında en fazla beğenileni %1 oranında MSG ilave edilen çorba olmuşken, en az beğenileni sade çorba (maya ekstraktı ve MSG ilave edilmeyen) olmuştur ($P \leq 0,05$). Üç maya ekstraktının da örneklerle tuzlu tat kazandırma özelliğinin birbirine benzer olduğu belirlenmesine rağmen, daha fazla (%1 konsantrasyonda) maya ekstraktı kullanılan örneklerin tuzlu tat açısından daha başarılı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), yetişkinler için günde 2 gramdan az sodyum alımını ve buna eşdeğer 5 g tuz (NaCl)/gün tüketimini tavsiye etmektedir [279]. Maya otolizatlarının gıdalarda %20'ye kadar NaCl'yi azaltmaya yardımcı olabilecekleri bildirilmiş [280] olup, sonuçlarımız bu bilgiyi destekler niteliktedir.

Umami tat ve et suyu benzeri lezzet açısından en başarılı örneklerin sırasıyla %1 MSG ilave edilen örneklerle %0,5 MSG ilave edilen örnekler olduğu belirlenmiştir. Aynı konsantrasyonda kullanılmaları durumunda tüm maya ekstraktlarının umami tat ve et suyu lezzet verme özelliklerinin birbirine benzer ($P > 0,05$) olduğu, ancak kullanılan maya ekstraktı miktarının artmasıyla birlikte hem umami tat hem de et suyu benzeri lezzette önemli artışlar olduğu anlaşılmıştır. Her ne kadar MSG'ye kıyasla umami tat ve et suyu benzeri lezzet verme açısından zayıf kalsalar da, daha yüksek miktarda kullanılmaları durumunda maya ekstraktlarının MSG kullanımını sınırlandırabileceği düşünülmektedir.

Mayalar fermentasyonla meyve-çiçek benzeri (benzaldehit, geranil asetat ve 2-feniletanol gibi) aromalarla ilişkilendirilen uçucu bileşikler üretebilmektedirler. Bu uçucu bileşikler, gıda katkı maddesi olarak kullanılmalarının yanında maya ekstraktlarının lezzet verme özelliklerine de katkıda bulunmaktadır. Yapılan duyuşal değerlendirmeler sonucunda tüm örneklerin meyvemsi lezzetinin zayıf olduğu, bununla birlikte %1 maya ekstraktı ilave edilen maya ekstraktlarının meyvemsi lezzet açısından en başarılı örnekler olduğu belirlenmiştir. Maya biyokütlesi üretimindeki fermentasyon koşullarının modifiye edilmesiyle birlikte maya ekstraktlarının meyvemsi lezzetlerinin arttırılması mümkün görünmektedir.

Aynı miktarlarda kullanıldığında üç maya ekstraktı da panelistler tarafından birbirlerine benzer oranlarda beğenilmiştir ($P > 0,05$). Bununla birlikte, %1 oranında maya ekstraktı kullanılan çorbalar %0,5 oranında maya ekstraktı kullanılan çorbalardan istatistiksel olarak önemli ölçüde daha fazla beğenilmiştir (P

$\leq 0,05$). Maya ekstraktı ilave edilen tüm örnekler sade çorbaya kıyasla daha fazla; MSG ilave edilen çorbalara kıyasla ise daha az beğenilmişlerdir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Aynı konsantrasyonlarda maya ekstraktı ve MSG içeren çorba örneklerinin duyuşal özellikleri

Bu çalışmada, *S. cerevisiae* TGM10 ve *K. marxianus* TGM66 suşlarının yanında, probiyotik özellikteki tek maya olan *S. boulardii* S11'den şeker pancarı melası fermantasyonuyla yüksek verimlikte biyokütle elde edilmiştir. Elde edilen biyokütlelerden ise dışarıdan herhangi bir kimyasal madde veya enzim eklenmeden otoliz işlemiyle uygun maliyete maya ekstraktları üretilmiştir. Maya ekstraktlarının lezzet arttırıcı özelliklerinin yanında kimyasal, termal, mikroyapısal, reolojik, su tutma, yağ bağlama, emülsiyon stabilite, emülsiyon aktivite ve zeta potansiyeli gibi özellikleri de belirlenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Kimyasal analizler sonucu, üç maya ekstraktının da yüksek miktarda protein ve düşük miktarda yağ içerdiği ve ayrıca esansiyel amino asitler açısından da zengin oldukları belirlenmiştir. Bu sonuçlar, maya ekstraktlarının geleneksel diyetlerin yanı sıra vejetaryenler için de değerli ingrediyanlar olduğunu göstermektedir. Maya ekstraktları, gıdalarda genellikle lezzet arttırıcı özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır. Özellikle, içermiş oldukları glutamik asit ve 5'-nükleotitler nedeniyle MSG'ye benzer şekilde umami tat verebilmektedirler. Tüm örneklerin glutamik asit açısından zengin olduğu belirlenmesine rağmen, *S. boulardii* S11 ekstraktının glutamik asit açısından en zengin örnek olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analizler, maya ekstraktlarının aynı konsantrasyonlarda kullanılan MSG'ye kıyasla umami tat bakımından daha zayıf olduğunu; daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılması durumunda ise maya ekstraktlarının gıdalarda MSG kullanımını sınırlandırabileceğini ortaya koymuştur. Maya ekstraktlarının ayrıca, gıdalarda tuz (NaCl) kullanımını azaltma potansiyellerinin olduğu da belirlenmiştir. Tüm maya ekstraktlarının hoş ve değerli uçucu bileşikler içerdiği tespit edilmiştir. Bununla ilişkili olarak, maya ekstraktları duyusal değerlendirmelerde meyvemsi lezzet açısından en fazla beğenilen örnekler olmuştur. Maya biyokütlesi üretiminde fermantasyon koşullarının modifiye edilmesi durumunda, maya ekstraktlarının gıdalara umami tadın yanında farklı lezzetler bakımından da olumlu katkılarının

olabileceği düşünölmektedir. Maya ekstraktlarının reolojik ve teknolojik özellikleri nedeniyle lezzet artırıcı ve besleyici rollerine ek olarak gıda ürünlerinin tekstür ve viskozitelerine de katkıda bulunabileceği belirlenmiştir. Bununla birlikte, maya ekstraktlarının fizikokimyasal ve teknolojik özelliklerinin daha detaylı şekilde araştırılması gerekmektedir. Çalışmanın tüm sonuçlarına ek olarak, *S. boulardii* S11 ekstraktının diğör ekstraktlara benzer bir lezzet profiline, besinsel, termal, reolojik ve teknolojik özelliklere sahip olduğu belirlenmiş olup, gıdalarda *S. boulardii* S11 ekstraktının kullanılması durumunda ek sağlık yararlarının ortaya çıkma potansiyelinin olduğu düşünölmektedir. Bu nedenle, *S. boulardii* S11 ekstraktının postbiyotik özelliklerinin aydınlatılması gerekmektedir.



- [1] P. McGovern, M. Jalabadze, S. Batiuk, M. P. Callahan, K. E. Smith, G. R. Hall, E. Kvavadze, D. Maghradze, N. Rusishvili, L. Bouby, O. Failla, G. Cola, L. Mariani, E. Boaretto, R. Bacilieri, P. This, N. Wales, D. Lordkipanidze, "Early Neolithic wine of Georgia in the South Caucasus," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, pp. E10309-E10318, 2017.
- [2] J. Nielsen, "Yeast systems biology: Model organism and cell factory," *Biotechnology Journal*, vol. 14, 1800421, 2019.
- [3] N. P. Money, "The rise of yeast. How the sugar fungus shaped civilization," Oxford University Press, New York, 2018.
- [4] A. Bekatorou, C. Psarianos, A. A. Koutinas, "Production of food grade yeasts," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 44 (3), pp. 407-415, 2006.
- [5] T. Deak, "Ecology and biodiversity of yeasts with potential value in biotechnology," in: *Yeast Biotechnology: Diversity and Applications*, Springer, pp. 151-168, 2009.
- [6] O. Sağdıç, M. Arıcı, "Gıda fermentasyonunda kullanılan mikroorganizmalar" in *Gıda Mikrobiyolojisi*, Efil Yayınevi, 1. Basım, Ankara, pp. 407-426, 2010.
- [7] D. H. Pincus, "Introduction to yeasts," in: *Practical Handbook of Microbiology*, CRC Press, pp. 767-792 New York, 2008.
- [8] H. J. Phaff, W. T. Starmer, "Yeasts associated with plants, insects and soil," in: *The Yeasts Biology*, Academic Press, London, pp. 123-180, 1987.
- [9] S. H. Mohd-Azhar, R. Abdulla, S. A. Jambo, H. Marbawi, J. A. Gansau, A. A. M. Faika, K. F. Rodrigues, "Yeasts in sustainable bioethanol production: A review," *Biochemistry and Biophysics Reports*, vol. 10, pp. 52-61, 2017.
- [10] S. Mishra, R. Baranwal, "Yeast genetics and biotechnological applications," in: *Yeast Biotechnology: Diversity and Applications*, Springer, pp. 323-354, 2009.
- [11] D. Heperkan, "Gıdalardaki baskın mikroorganizmaların özellikleri," in: *Temel Gıda Mikrobiyolojisi*, CRC Press, ed. B. Ray, A. Bhunia, 5. Basımdan Çeviri, Nobel Akademik Yayıncılık, pp. 11-31, 2016.
- [12] J. P. Van Dijken, W. A. Scheffers, "Redox balances in the metabolism of sugars by yeasts," *FEMS Microbiology Reviews*, vol. 32, 199-224, 1986.
- [13] F. Rodrigues, P. Ludovico, C. Leão, "Sugar metabolism in yeasts: An overview of aerobic and anaerobic glucose catabolism," in: *Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts*, Springer, pp. 101-121, 2006.
- [14] T. Deak, "Environmental factors influencing yeasts," in: *Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts*, Springer, pp. 155-174, 2006.
- [15] S. H. da Cruz, E. M. Cilli, J. R. Ernandes, "Structural complexity of nitrogen source and influence on yeast growth and fermentation," *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 108(1), pp. 54-61, 2002.

- [16] R. Hatoum, S. Labrie, I. Fliss, "Antimicrobial and probiotic properties of yeasts: from fundamental to novel applications," *Frontiers in Microbiology*, vol. 3, 2012.
- [17] T. Miskiewicz, A. Kasperski, "A fuzzy logic controller to control nutrient dosage in a fed-batch baker's yeast process," *Biotechnology Letters*, vol. 22, pp. 1685-1691, 2000.
- [18] S. K. Yeşiladali, Z. P. Çakar, C. Tamerler, "Gıda endüstrisinde fermentasyon teknolojileri," in: *Gıda Biyoteknolojisi*, Nobel Akademik Yayıncılık, 2016.
- [19] M. Parapouli, A. Vasileiadis, A. S. Afendra, E. Hatziloukas, "*Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications," *AIMS Microbiology*, vol. 6(1), pp. 1-31, 2020.
- [20] J. R. Broach, "Nutritional control of growth and development in yeast," *Genetics*, vol. 192, pp. 73-105, 2012.
- [21] K. Ringbom, A. Rothberg, B. Saxén, "Model-based automation of baker's yeast production," *Journal of Biotechnology*, vol. 51, pp. 73-82, 1996.
- [22] K. J. Verstrepen, D. Iserentant, P. Malcorps, G. Derdelinckx, P. V. Dijck, J. Winderickx, I. S. Pretorius, J. M. Thevelein, F. R. Delvaux, "Glucose and sucrose: Hazardous fast-food for industrial yeast?," *Trends in Biotechnology* vol. 22, pp. 531-537, 2004
- [23] H. Feldmann, "Yeast molecular biology: a short compendium on basic features and novel aspects," *Adolf Butenandt Institute, University of Munich, Munich, Germany*, 2005.
- [24] P. Hernandez-Orte, M. Bely, J. Cacho, V. Ferreira, "Impact of ammonium additions on volatile acidity, ethanol, and aromatic compound production by different *Saccharomyces cerevisiae* strains during fermentation in controlled synthetic media," *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 12, pp. 150-160, 2006.
- [25] P. Ribéreau-Gayon, D. Dubourdieu, B. Donéche, A. Lonvaud, "Traité d'oenologie," Tome 1. Microbiologie du vin, vinification, 5e édition. Editions La Vigne, Dunod, Paris, 2004.
- [26] R. Martínez-Moreno, P. Morales, R. Gonzalez, A. Mas, Gemma Beltran, "Biomass production and alcoholic fermentation performance of *Saccharomyces cerevisiae* as a function of nitrogen source" *FEMS Yeast Research*, vol. 12, pp. 477-485, 2012.
- [27] R. Rakowska, A. Sadowska, E. Dybkowska, F. Świderski, "Spent yeasts as natural source of functional food additives," *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, vol. 68(2), pp. 115-121, 2017.
- [28] Z. Takaloo, M. Nikkhah, R. Nemati, N. Jalilian, R. H. Sajedi, "Autolysis, plasmolysis and enzymatic hydrolysis of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*): a comparative study," *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 36:68, 2020.
- [29] E. Cabib, R. Dong-Hyun, M. Schmidt, L. B. Crotti, A. Varma, "The yeast cell wall and septum as paradigms of cell growth and morphogenesis," *Journal of Biological Chemistry*, vol. 276(23), pp. 19679-19682, 2001.

- [30] E. F. Vieira, J. Carvalho, E. Pinto, S. Cunha, A. A. Almeida, I. M. P. L. V. O. Ferreira, "Nutritive value, antioxidant activity and phenolic compounds profile of brewer's spent yeast extract," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 52, pp. 44-51, 2016.
- [31] E. Vieira, S. C. Cunha, I. M. P. L. V. O. Ferreira, "Characterization of a potential bioactive food ingredient from inner cellular content of brewer's spent yeast," *Waste and Biomass Valorization*, vol. 10, pp. 3235-3242, 2019.
- [32] J. Berłowska, M. Dudkiewicz-Kołodziejska, E. Pawlikowska, K. Pielech-Przybylska, M. Balcerek, A. Czyszowska, D. Kregiel, "Utilization of post-fermentation yeasts for yeast extract production by autolysis: the effect of yeast strain and saponin from *Quillaja saponaria*," *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 123, pp. 396-401, 2017.
- [33] B. Gallone, J. Steensels, T. Prah, L. Soriaga, V. Saels, B. Herrera-Malaver, A. Merlevede, M. Roncoroni, K. Voordeckers, L. Miraglia, C. Teiling, B. Steffy, M. Taylor, A. Schwartz, T. Richardson, C. White, G. Baele, S. Maere, K. J. Verstrepen, "Domestication and divergence of *Saccharomyces cerevisiae* beer yeasts," *Cell*, vol. 166, pp. 1397-1410.
- [34] M. Li, I. Borodina, "Application of synthetic biology for production of chemicals in yeast *Saccharomyces cerevisiae*," *FEMS Yeast Research*, 2014.
- [35] G. G. Stewart, "*Saccharomyces*," *Encyclopedia of Food Microbiology*, vol. 3, pp. 297-315, 2014.
- [36] W. Zhang, G. Du, J. Zhou, J. Chen, "Regulation of sensing, transportation, and catabolism of nitrogen sources in *Saccharomyces cerevisiae*," *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 82(1), e00040-17, 2018.
- [37] L. A. Hazelwood, J. M. Daran, A. J. A. van Maris, J. T. Pronk, J. R. Dickinson, "The Ehrlich pathway for fusel alcohol production: a century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism," *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 74(8), pp. 2259-2266, 2008.
- [38] G. Styger, B. Prior, F. F. Bauer, "Wine flavor and aroma," *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 38, pp. 1145-1159, 2011.
- [39] M. B. Hirst, C. L. Richter, "Review of aroma formation through metabolic pathways of *Saccharomyces cerevisiae* in beverage fermentations," *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 67(4), pp. 361-370, 2016.
- [40] P. A. Henschke, V. Jiranek, "Yeasts-metabolism of nitrogen compounds" in: *Wine Microbiology and Biotechnology*, pp. 77-164. Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland, 1993.
- [41] F. Mantzouridou, A. Paraskevopoulou, "Volatile bio-ester production from orange pulp-containing medium using *Saccharomyces cerevisiae*," *Food and Bioprocess Technology*, vol. (6), pp. 3326-3334, 2013.
- [42] I. M. P. L. V. O. Ferreira, O. Pinho, E. Vieira, J. G. Tavela, "Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 21, pp. 77-84, 2010.

- [43] E. Vieira, T. Brandão, I. M. P. L. V. O. Ferreira, "Evaluation of brewer's spent yeast to produce flavor enhancer nucleotides: influence of serial repitching," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 61, pp. 8724-8729, 2013.
- [44] A. van der Aa Kühle, L. Jespersen, "The taxonomic position of *Saccharomyces boulardii* as evaluated by sequence analysis of the D1/D2 domain of 26S rDNA, the ITS1-5.8S rDNA-ITS2 region and the mitochondrial cytochrome-c oxidase II gene," *Systematic and Applied Microbiology*, vol. (26), pp. 564-571, 2003.
- [45] S. Moslehi-Jenabian, L. L. Pedersen, L. Jespersen, "Beneficial effects of probiotic and food borne yeasts on human health," *Nutrients*, vol. 2, pp. 449-473, 2010.
- [46] J. L. R. Fietto, R. S. Araújo, F. N. Valadão, L. G. Fietto, R. L. Brandão, M. J. Neves, F. C. O. Gomes, J. R. Nicoli, I. M. Castro, "Molecular and physiological comparisons between *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardii*," *Canadian Journal of Microbiology*, vol. 50, pp. 615-621, 2004.
- [47] FAO/WHO, "Guidelines for the evaluation of probiotics in Food," Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, 2002.
- [48] L. V. McFarland, P. Bernasconi, "*Saccharomyces boulardii*: A review of an innovative bio therapeutic agent," *Microbial Ecology in Health and Disease*, vol. 6, pp. 157-171, 1993.
- [49] D. Czerucka, T. Piche, P. Rampal, "Review article: yeast as probiotics – *Saccharomyces boulardii*," *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, vol. 26, pp. 767-778, 2007.
- [50] D. Czerucka, P. Rampal, "Diversity of *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 mechanisms of action against intestinal infections," *World Journal of Gastroenterology*, vol. 25(18), pp. 2188-2203, 2019.
- [51] R. B. Canani, S. Cucchiara, R. Cuomo, F. Pace, F. Papale, "*Saccharomyces boulardii*: a summary of the evidence for gastroenterology clinical practice in adults and children," *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, vol. 15, pp. 809-822, 2011.
- [52] A. Murzyn, A. Krasowska, P. Stefanowicz, D. Dziadkowiec, M. Łukaszewicz, "Capric acid secreted by *S. boulardii* inhibits *C. albicans* filamentous growth, adhesion and biofilm formation," *PLoS ONE*, vol. 5(8), 2010.
- [53] A. G. Profir, C. T. Buruiana, C. Vizireanu, "Effects of *S. cerevisiae* var. *boulardii* in gastrointestinal disorders," *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, vol. 21(2), pp. 148-155, 2015.
- [54] S. Das, P.K. Gupta, R.R. Das, "Efficacy and safety of *Saccharomyces boulardii* in acute rotavirus diarrhea: double blind randomized controlled trial from a developing country," *Journal of Tropical Pediatrics*, vol. 62, 464-470, 2016.
- [55] M. R. S. Ribeiro, D. R. Oliveira, F. M. S. Oliveira, M. V. Caliari, F. S. Martins, J. R. Nicoli, M. F. Torres, M. E. R. Andrade, V. N. Cardoso, M. A. Gomes, "Effect of probiotic *Saccharomyces boulardii* in experimental giardiasis," *Beneficial Microbes*, vol. 9(5), pp. 789-797, 2018.
- [56] Z. Kurugöl, G. Koturoğlu, "Effects of *Saccharomyces boulardii* in children with acute diarrhoea," *Acta Paediatrica*, vol. 94, pp. 44-47, 2005.

- [57] K. Htwe, K. S. Yee, M. Tin, Y. Vandenplas, "Effect of *Saccharomyces boulardii* in the treatment of acute watery diarrhea in myanmar children: a randomized controlled study," The American Society of Tropical Medicine and Hygiene, vol. 78(2), pp. 214-216, 2008.
- [58] G. S. Ibrahim, M. G. Mahmoud, M. M. S. Asker, E. A. Ghazy, "Production and biological evaluation of exopolysaccharide from isolated *Rhodotorula glutinins*," Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 6(3), pp. 401-408, 2012.
- [59] W. L. Chaffin, J. L. López-Ribot, M. Casanova, D. Gozalbo, J. P. Martínez, "Cell wall and secreted proteins of *Candida albicans*: identification, function, and expression," Microbiology and Molecular Biology Reviews, vol. 62, pp. 130-180, 1998.
- [60] K. W. Millsap, H. C. Van Der Mei, R. Bos, H. J. Busscher, "Adhesive interactions between medically important yeasts and bacteria," FEMS Microbiology Reviews, vol. 21, pp. 321-336, 1998.
- [61] H. Yıldırım, G. Başığit-Kılıç, A. G. Karahan, "Probiyotik mayalar ve özellikleri," Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, vol. 5(10), 1148-1155, 2017.
- [62] G. Gardiner, C. Stanton, P. B. Lynch, J. K. Collins, G. Fitzgerald, R. P. Ross, "Evaluation of Cheddar cheese as a food carrier for delivery of a probiotic strain to the gastrointestinal tract," Journal of Dairy Science, vol. 82, 1379-1387, 1999.
- [63] A. K. Patel, P. Michaud, R. R. Singhanian, C. R. Soccol, A. Pandey, "Polysaccharides from probiotics: New developments as food additives," Food Technology and Biotechnology, vol. 48(4), pp. 451-463, 2010.
- [64] A. M. Lambo-Fodge, R. Öste, M. E. G. L. Nyman, "Short chain fatty acid formation in the hindgut of rats fed native and fermented oat fibre concentrates," British Journal of Nutrition, vol. 96, 47-55, 2006.
- [65] S. Badel, T. Bernardi, P. Michaud, "New perspectives for Lactobacilli exopolysaccharides," Biotechnology Advances, vol. 29, pp. 54-66, 2011.
- [66] H. Basmacıoglu, H. Oguz, M. Ergul, R. Col, Y. O. Birdane, "Effect of dietary esterified glucomannan on performance, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to aflatoxin," Czech Journal of Animal Science, vol. 50(1), pp. 31-39, 2005.
- [67] H. Bejaoui, F. Mathieu, P. Taillandier, A. Lebrihi, "Ochratoxin A removal in synthetic and natural grape juices by selected oenological *Saccharomyces* strains," Journal of Applied Microbiology, vol. 97, 1038-1044, 2004.
- [68] R. J. Boyle, R. M. Robins-Browne, M. L. K. Tang, "Probiotic use in clinical practice: what are the risks?," The American Journal of Clinical Nutrition, vol. 83, 1256-64, 2006.
- [69] J. B. Thygesen, H. Glerup, B. Tarp, "*Saccharomyces boulardii* fungemia caused by treatment with a probioticum," Case Reports, 2012.
- [70] A. J. Riquelme, M. A. Calvo, A. M. Guzmán, M. S. Depix, P. García, C. Pérez, M. Arrese, J. A. Labarca, "*Saccharomyces cerevisiae* fungemia after *Saccharomyces boulardii* treatment in immunocompromised patients," Journal of Clinical Gastroenterology, vol. 36(1), pp. 41-43, 2003.

- [71] J. Lodder, N. J. W. Kreger-van Rij, "The yeasts: a taxonomic study," NHPC, Amsterdam, 1952.
- [72] G. G. Fonseca, E. Heinzle, C. Wittmann, A. K. Gombert, "The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 79, 339-354, 2008.
- [73] A. Karim, N. Gerliani, M. Aïder, "*Kluyveromyces marxianus*: An emerging yeast cell factory for applications in food and biotechnology," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 333, 108818, 2020.
- [74] J. P. van der Walt, "*Kluyveromyces*-a new yeast genus of the Endomycetales," *Antonie van Leeuwenhoek*, vol. 22, pp. 265-272, 1956.
- [75] J. P. van der Walt, "*Kluyveromyces* van der Walt emend", in: *The yeasts: a taxonomic study*, 2nd edn. NHPC, Amsterdam, pp. 316-378, 1970.
- [76] A. B. P. Medeiros, A. Pandey, P. Christen, P. S. G. Fontoura, R. J. S. de Freitas, C. R. Soccol, "Aroma compounds produced by *Kluyveromyces marxianus* in solid state fermentation on a packed bed column bioreactor," *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, vol. 17, pp. 767-771, 2001.
- [77] M. A. Lachance, "*Kluyveromyces* van der Walt emend," van der Walt, in: *The yeasts*, 1998.
- [78] B. Llorente, A. Malpertuy, G. Blandin, F. Artiguenave, P. Wincker, B. Dujon, "Genomic exploration of the hemiascomycetous yeasts: 12. *Kluyveromyces marxianus* var. *marxianus*," *FEBS Letters*, vol. 487, pp. 71-75, 2000.
- [79] M. M. Lane, J. P. Morrissey, "*Kluyveromyces marxianus*: A yeast emerging from its sister's shadow," *Fungal Biology Reviews*, vol. 24, pp. 17-26, 2010.
- [80] M. Rubio-Texeira, "Endless versatility in the biotechnological applications of *Kluyveromyces* LAC genes," *Biotechnology Advances*, vol. 24(2), pp. 212-225 2006.
- [81] E. A. Johnson, C. Echavarri-Erasun, "Yeast Biotechnology", in: *The Yeasts* (fifth edition), Elsevier Science, pp. 21-44, 2011.
- [82] A. J. J. van Ooyen, P. Dekker, M. Huang, M. M. A. Olsthoorn, D. I. Jacobs, P. A. Colussi, C. H. Taron, "Heterologous protein production in the yeast *Kluyveromyces lactis*," *FEMS Yeast Research*, vol. 6, 381-392, 2006.
- [83] M. V. Castillo, H. Tahmasbi, V. L. Pachapur, S. K. Brar, D. Vuckovic, D. Sitnikov, S. Arriaga, J. F. Blaisa, A. A. Ramirez, "Production of aroma and flavor-rich fusel alcohols by cheese whey fermentation using the *Kluyveromyces marxianus* and *Debaryomyces hansenii* yeasts in monoculture and co-culture modes," *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 96, pp. 2354-2367, 2021.
- [84] I. Sarbu, O. Csutak, "The microbiology of cocoa fermentation," in: *Caffeinated and Cocoa Based Beverages*, vol. 8, pp. 423-446, 2019.
- [85] A. S. Rajkumar, J. A. Varela, H. Juergens, J. M. G. Daran, J. P. Morrissey, "Biological parts for *Kluyveromyces marxianus* synthetic biology," *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 7, 2019.

- [86] M. M. Lane, N. Burke, R. Karreman, K. H. Wolfe, C. P. O'Byrne, J. P. Morrissey, "Physiological and metabolic diversity in the yeast *Kluyveromyces marxianus*," *Antonie van Leeuwenhoek*, vol. 100, pp. 507-519, 2011.
- [87] L. G. Scharpf, E. W. Seitz, J. A. Morris, M. I. Farbood, "Generation of flavor and odor compounds through fermentation processes," in: *Biogeneration of aroma*, American Chemical Society, Washington, DC, vol. 317, pp. 323-346, 1986.
- [88] C. E. Fabre, V. J. Duviau, P. J. Blanc, G. Goma, "Identification of volatile flavour compounds obtained in culture of *Kluyveromyces marxianus*," *Biotechnology Letters*, vol. 17, pp. 1207-1212, 1995.
- [89] C. E. Fabre, P. J. Blanc, G. Goma, "Production of 2-phenylethyl alcohol by *Kluyveromyces marxianus*," *Biotechnology Progress*, vol. 14, pp. 270-274, 1998.
- [90] N. Aran, V. Kalender-Köseoğlu, "Gıda mikrobiyolojisi," in: *Gıda Biyoteknolojisi*, Nobel Akademik Yayıncılık, 2016.
- [91] C. Payen, D. Thompson, "The renaissance of yeasts as microbial factories in the modern age of biomanufacturing," *Yeast*, vol. 36 pp. 685-700, 2019.
- [92] A. Malak, K. Baronian, G. Kunze, "*Blastobotrys (Arxula) adeninivorans* - a promising alternative yeast for biotechnology and basic research," *Yeast*, vol. 33(10), pp. 535-547, 2016.
- [93] E. J. Vandamme, W. Soetaert, "Bioflavours and fragrances via fermentation and biocatalysis," *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 77 pp. 1323-1332, 2002.
- [94] E. A. Johnson, "Biotechnology of non-*Saccharomyces* yeasts—the basidiomycetes," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 97, pp. 7563-7577, 2013.
- [95] E. A. Johnson, "Biotechnology of non-*Saccharomyces* yeasts—the ascomycetes," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 97, pp. 503-517, 2013.
- [96] R. A. Hitzeman, F. F. Hagie, H. L. Levine, D. W. Goeddel, G. Ammerer, B. D. Hall, "Expression of human gene for interferon in yeast," *Nature*, vol. 293, pp. 717-723, 1981.
- [97] P. Valenzuela, A. Medina, W. J. Rutter, B. D. G. Ammerer, "Synthesis and assembly of hepatitis B virus surface antigen particles in yeast," *Nature*, vol. 298, pp. 347-350, 1982.
- [98] C. J. Paddon, J. D. Keasling, "Semi-synthetic artemisinin: a model for the use of synthetic biology in pharmaceutical development," *Nature Reviews | Microbiology*, vol. 12, pp. 355-367, 2014.
- [99] J. Urano, A. C. Dundon, P. Meinhold, R. Feldman, A. Aristidou, A. Hawkins, T. Buelter, M. Peters, D. Lies, S. Porter-Scheinman, "Cytosolic isobutanol pathway localization for the production of isobutanol," *Patent US 8232089 B2*, 2012.
- [100] M. Katz, H. P. Smits, J. Foerster, J. B. Nielsen, "Metabolically engineered cells for the production of resveratrol or an oligomeric or glycosidically-bound derivative thereof," *Patent EP 1856251 B1*, 2012.

- [101] N. Keklikcioğlu-Çakmak, Ü. Açikel, “*Candida utilis* mayasıyla lipaz enzimi aktivitesinin farklı ortam koşullarında incelenmesi,” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol. 30(3), pp. 475-485, 2015.
- [102] L. Dufossé, C. Blin-Perrin, I. Souchon, G. Feron, “Microbial production of flavors for the food industry. A case study on the production of gamma-decalactone, the key compound of peach flavor, by the yeast *Sporidiobolus* sp.,” Food Science and Biotechnology, vol. 11, pp. 192-202., 2002.
- [103] M. M. W. Etschmann, W. Bluemke, D. Sell, J. Schrader, “Biotechnological production of 2-phenylethanol,” Applied Microbiology and Biotechnology, vol. 59, pp. 1-8, 2002.
- [104] F. Gao, A. J. Daugulis, “Bioproduction of the aroma compound 2-phenylethanol in a solid-liquid two-phase partitioning bioreactor system by *Kluyveromyces marxianus*,” Biotechnology and Bioengineering, vol. 104(2), 2009.
- [105] M. E. Wisniewski, C. L. Wilson, “Biological control of postharvest diseases of fruit and vegetables: recent advances,” HortScience, vol. 27, pp. 94-98, 1992.
- [106] U. Å. Druvefors, J. Schnürer, “Mold-inhibitory activity of different yeast species during airtight storage of wheat grain,” FEMS Yeast Research, vol. 5 pp. 373-378, 2005.
- [107] G. Suzzi, P. Romano, I. Ponti, C. Montuschi, “Natural wine yeasts as biocontrol agents,” Journal of Applied Bacteriology, vol. 78, pp. 304-308, 2005.
- [108] P. Buzzini, A. Vaughan-Martini, “Yeast biodiversity and biotechnology,” in: Biodiversity and ecophysiology of yeasts, Springer-Verlag, Heidelberg, 2006.
- [109] R. Ravindran, S. S. Hassan, G. A. Williams, A. K. Jaiswal, “A review on bioconversion of agro-industrial wastes to industrially important enzymes,” Bioengineering, vol. 5(93), 2018.
- [110] Z. Erginkaya, B. Kabak, “Biyoteknolojik işlemlerle elde edilen ürünler,” in Gıda Mikrobiyolojisi, Efil Yayınevi, 1. Basım, Ankara, pp. 451-461, 2010.
- [111] D. Boyacıoğlu, D. N. Erdil, E. Çapanoğlu-Güven, “Enzimlerin gıda endüstrisinde uygulama alanları,” in: Gıda Biyoteknolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, 2016.
- [112] B. Podpora, F. Świdorski, A. Sadowska, A. Piotrowska, R. Rakowska, “Spent brewer's yeast autolysates as a new and valuable component of functional food and dietary supplements,” Journal of Food Processing and Technology, vol. 6(12), 526, 2015.
- [113] H. B. Aditiya, T. M. I. Mahlia, W. T. Chong, H. Nur, A. H. Sebayang, “Second generation bioethanol production: A critical review,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 66, pp. 631-653, 2016.
- [114] R. P. John, G. S. Anisha, K. M. Nampoothiri, A. Pandey, “Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol,” Bioresource Technology, vol. 102, pp. 186-193, 2011.
- [115] M. Melikoğlu, A. Albostan, “Türkiye’de biyoetanol üretimi ve potansiyeli,” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol. 26(1), pp. 151-160, 2011.

- [116] S. Ruyters, V. Mukherjee, K. J. Verstrepen, J. M. Thevelein, K. A. Willems, B. Lievens, "Assessing the potential of wild yeasts for bioethanol production," *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 42, pp. 39-48, 2015.
- [117] Z. P. Çakar, U. O. S. Seker, C. Tamerler, M. Sonderegger, U. Sauer, "Evolutionary engineering of multiple-stress resistant *Saccharomyces cerevisiae*," *FEMS Yeast Research*, vol. 5 pp. 569-578, 2005.
- [118] Z. P. Çakar, B. Turanlı-Yıldız, C. Alkım, Ü. Yılmaz, "Evolutionary engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for improved industrially important properties," *FEMS Yeast Research*, vol. 12, pp. 171-182, 2012.
- [119] E. G. da Silva, M. F. Borges, C. Medina, R. H. Piccoli, R. F. Schwan, "Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits," *FEMS Yeast Research*, vol. 5, pp. 859-865, 2005.
- [120] O. Redondo, A. Herrero, J. F. Bello, M. J. Roig, M. V. Calvo, F. J. Plou, F. J. Burguillo, "Comparative kinetic study of lipases A and B from *Candida rugosa* in the hydrolysis of lipid p-nitrophenyl esters in mixed micelles with Triton X-100," *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)*, vol. 1243, pp. 15-24, 1995.
- [121] S. K. Nandya, R. K. Srivastava, "A review on sustainable yeast biotechnological processes and applications," *Microbiological Research*, vol. 207, pp. 83-90, 2018.
- [122] A. Nangul, R. Bhatia, "Microorganisms: a marvelous source of single cell proteins," *Journal of Microbiology, Biothecnology and Food Sciences*, vol. 3(1), pp. 15-18, 2013.
- [123] M. Khan, S. S. Khan, Z. Ahmed, A. Tanveer, "Production of single cell protein from *Saccharomyces cerevisiae* by utilizing fruit wastes," *Nanobiotechnica Universale*, vol. 1(2), pp. 127-132, 2010.
- [124] J. Molnár, M. Pal, "Applying single cell protein as functional foods," *Journal of Microbiology, Immunology and Biotechnology*, vol. 07, pp. 33-35, 2020.
- [125] A. T. Nasser, S. Rasoul-Amini, M. H. Morowvat, Y. Ghasemi, "Single cell protein: production and process," *American Journal of Food Technology*, vol. 6(2), 2011.
- [126] Anupama, P. Ravindra, "Value-added food: single cell protein," *Biotechnology Advances*, vol. 18 pp. 459-479, 2000.
- [127] N. Demirel-Zorba, "Mikrobiyal kaynaklı enzimler ve gıda bileşenleri," in: *Temel Gıda Mikrobiyolojisi*, CRC Press, ed. B. Ray, A. Bhunia, 5. Basımdan Çeviri, Nobel Akademik Yayıncılık, pp. 231-241, 2016.
- [128] R. Demirel, D. Şentürk-Demirel, "Tek hücre proteinlerinin insan ve hayvan beslemede kullanımı," *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 8(3), pp. 327-336, 2018.
- [129] H. Maarse, "Introduction" in: *Volatile Compounds in Foods and Beverages*, Food Science and technology: a Series of Monographs, Textbooks, and Reference Books, 1991.
- [130] T. Cabaroğlu, M. Yılmaztekin, "Aroma biyoteknolojisi," in: *Gıda Biyoteknolojisi*, Nobel Akademik Yayıncılık, 2016.
- [131] R. R. Madrera, R. P. Bedriñana, B. S. Valles, "Production and characterization of aroma compounds from apple pomace by solid-state fermentation with

- selected yeasts," LWT - Food Science and Technology, vol. 64, pp. 1342-1353, 2015
- [132] C. Gupta, D. Prakash, S. Gupta, "A biotechnological approach to microbial based perfumes and flavours," Journal of Microbiology and Experimentation, vol. 2(1), 00034, 2015.
- [133] H. Karakaya, M. Yilmaztekin, "*Pseudomonas putida* ile izoöjenolden doğal vanilin üretiminde bazı ortam koşullarının molar verim üzerine etkisi," GIDA, vol. 45(1), pp. 9-19, 2020.
- [134] S. Lalou, F. Mantzouridou, A. Paraskevopoulou, B. Bugarski, S. Levic, V. Nedovic, "Bioflavour production from orange peel hydrolysate using immobilized *Saccharomyces cerevisiae*," Applied Microbiology and Biotechnology, vol. 97, pp. 9397-9407, 2013.
- [135] European Parliament and the Council Regulation (EC) No 1334/2008 on "flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending," Council Regulation (EEC) No 1601/91, Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/EC, 2008.
- [136] FDA, "Labeling of spices, flavorings, colorings and chemical preservatives," US Code of Federal Regulations, Title 21 Section 101.22, Food and Drugs Chapter I- Food And Drug Administration Department of Health and Human Services Subchapter B - Food For Human Consumption, 2020.
- [137] L. de Oliveira Felipe, A. M. de Oliveira, J. L. Bicas, "Bioaromas – Perspectives for sustainable development," Trends in Food Science & Technology, 2017.
- [138] L. Janssens, H. L. de Pooter, N. M. Schamp, E. J. Vandamme, "Production of flavours by microorganisms," Process Biochemistry, vol. 27, pp. 195-215, 1992.
- [139] M. Yilmaztekin, T. Cabaroğlu, H. Erten, "Biyoteknolojik yollarla aroma maddelerinin üretimi," GIDA, vol. 33(1), pp. 35-41, 2008.
- [140] H. H. M. Fadel, M. G. Mahmoud, M. M. S. Asker, S. N. Lotfy, "Characterization and evaluation of coconut aroma produced by *Trichoderma viride* EMCC-107 in solid state fermentation on sugarcane bagasse," Electronic Journal of Biotechnology, vol. 18, pp. 5-9, 2015.
- [141] M. G. Larnbrechts, I. S. Pretorius, "Yeast and its importance to wine aroma - A review," South African Journal of Enology Viticulture, vol. 21, Special Issue, pp. 97-129, 2000.
- [142] J. P. Dufour, K. Verstrepen, G. Derdelinckx, "Brewing yeasts," in: Yeasts in Food. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, pp. 347-388, 2003.
- [143] V. Nedović, B. Gibson, T. F. Mantzouridou, B. Bugarski, V. Djordjević, A. Kalušević, A. Paraskevopoulou, M. Sandell, D. Šmogrovičová, M. Yilmaztekin, "Aroma formation by immobilized yeast cells in fermentation processes," Yeast, vol. 32(1), pp. 173-216, 2015.
- [144] J. H. Swiegers, I. S. Pretorius, "Yeast modulation of wine flavor," Advances in Applied Microbiology, vol. 57, pp. 131-175, 2005.
- [145] D. Hua, P. Xu, "Recent advances in biotechnological production of 2-phenylethanol," Biotechnology Advances, vol. 29, pp. 654-660, 2011.

- [146] M. M. W. Etschmann, D. Sell, J. Schrader, "Screening of yeasts for the production of the aroma compound 2-phenylethanol in a molasses-based medium," *Biotechnology Letters*, vol. 25, pp. 531-536, 2003.
- [147] S. L. Ivanov, V. Y. Petrova, E. I. Pisareva, A. V. Kujumdzieva, "Ehrlich pathway study in *Saccharomyces* and *Kluyveromyces* yeasts," *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, vol. 27(5), pp. 4103-4110, 2013.
- [148] N. Eshkol, M. Sendovski, M. Bahalul, T. Katz-Ezov, Y. Kashi, A. Fishman, "Production of 2-phenylethanol from L-phenylalanine by a stress tolerant *Saccharomyces cerevisiae* strain," *Journal of Applied Microbiology*, vol. 106, pp. 534-542, 2009.
- [149] M. M. W. Etschmann, D. Sell, J. Schrader, "Medium optimization for the production of the aroma compound 2-phenylethanol using a genetic algorithm," *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, vol. 29, pp. 187-193, 2004.
- [150] M. Carlquist, B. Gibson, Y. K. Yuceer, A. Paraskevopoulou, M. Sandell, A. I. Angelov, V. Gotcheva, A. D. Angelov, M. Etschmann, G. M. de Billerbeck, G. Lidén, "Process engineering for bioflavour production with metabolically active yeast – a minireview," *Yeast*, vol. 32(1), pp. 123-143, 2015.
- [151] O. Martínez-Avila, A. Sánchez, X. Font, R. Barrena, "Bioprocesses for 2-phenylethanol and 2-phenylethyl acetate production: current state and perspectives," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 102, pp. 9991-10004, 2018.
- [152] M. A. Longo, M. A. Sanromán, "Production of food aroma compounds: microbial and enzymatic methodologies," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 44(3), pp. 335-353, 2006.
- [153] S. M. G. Saerens, F. R. Delvaux, K. J. Verstrepen, J. M. Thevelein, "Production and biological function of volatile esters in *Saccharomyces cerevisiae*," *Microbial Biotechnology*, vol. 3(2), pp. 165-177, 2010.
- [154] C. Löser, T. Urit, T. Bley, "Perspectives for the biotechnological production of ethyl acetate by yeasts," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 98, pp. 5397-5415, 2014.
- [155] F. W. Welsh, W. D. Murray, R. E. Williams, I. Katz, "Microbiological and enzymatic production of flavor and fragrance chemicals," *Critical Reviews in Biotechnology*, vol. 9(2), pp. 105-169, 1989.
- [156] M. Yilmaztekin, H. Erten, T. Cabaroğlu, "Production of isoamyl acetate from sugar beet molasses by *Williopsis saturnus* var. *saturnus*," *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 114(1), pp. 34-38, 2008.
- [157] T. Iwase, T. Morikawa, H. Fukuda, K. Sasaki, M. Yoshitake, "Production of fruity odor by genus *Williopsis*," *Journal of the Brewing Society of Japan*, vol. 90(5), pp. 394-396, 1995.
- [158] S. M. G. Saerens, F. Delvaux, K. J. Verstrepen, P. Van Dijck, J. M. Thevelein, F. R. Delvaux, "Parameters affecting ethyl ester production by *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation," *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 74(2), pp. 454-461, 2008.

- [159] M. C. Dzialo, R. Park, J. Steensels, B. Lievens, K. J. Verstrepen, "Physiology, ecology and industrial applications of aroma formation in yeast," *FEMS Microbiology Reviews*, vol. 41, pp. S95-S128, 2017.
- [160] E. J. Bartowsky, I. S. Pretorius, "Microbial formation and modification of flavor and off-flavor compounds in wine," in: *Biology of Microorganisms on Grapes, in Mustand in Wine*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 2009.
- [161] J. H. Swiegers, I. S. Pretorius, "Yeast modulation of wine flavor," *Advances in Applied Microbiology*, vol. 57 pp. 131-175, 2005.
- [162] C. Romero-Guido, I. Belo, T. M. N. Ta, L. Cao-Hoang, M. Alchihab, N. Gomes, P. Thonart, J. A. Teixeira, J. Destain, Y. Waché, "Biochemistry of lactone formation in yeast and fungi and its utilisation for the production of flavour and fragrance compounds," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 89, 535-547, 2011.
- [163] M. Aguedo, L. Beney, Y. Waché, J. M. Belin, "Mechanisms underlying the toxicity of lactone aroma compounds towards the producing yeast cells," *Journal of Applied Microbiology*, vol. 94, pp. 258-265, 2003.
- [164] Y. Waché, M. Aguedo, J. M. Nicaud, J. M. Belin, "Catabolism of hydroxyacids and biotechnological production of lactones by *Yarrowia lipolytica*," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 61, pp. 393-404, 2003.
- [165] M. A. Khan, M. M. Javed, A. Ahmed, S. Zahoor, K. Iqbal, "Process optimization for the production of Yeast Extract using fresh Baker's yeast," *Pakistan Journal of Biochemistry and Biotechnology*, vol. 1(2), pp. 1-10, 2020.
- [166] M. Bayarjargal, E. Munkhbat, T. Ariunsaikhan, M. Odonchimeg, T. Uurzaikh, T. Gan-Erdene, D. Regdel, "Utilization of spent brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* for the production of yeast enzymatic hydrolysate," *Mongolian Journal of Chemistry*, vol. 12(38), pp. 88-91, 2011.
- [167] T. Nagodawithana, "Yeast-derived flavors and flavor enhancers and their probable mode of action," *Food Technology*, pp. 138-144, 1992.
- [168] H. Tanguler, H. Erten, "Utilisation of spent brewer's yeast for yeast extract production by autolysis: the effect of temperature," *Food and Bioproducts Processing*, vol. 86, pp. 317-321, 2008.
- [169] G. Dimopoulos, N. Stefanou, V. Andreou, P. Taoukis, "Effect of pulsed electric fields on the production of yeast extract by autolysis," *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 48, pp. 287-295, 2018.
- [170] H. J. Chae, H. Joo, M. J. In, "Utilization of brewer's yeast cells for the production of food-grade yeast extract. Part 1: effects of different enzymatic treatments on solid and protein recovery and flavor characteristics," *Bioresource Technology*, vol. 76, pp. 253-258, 2001.
- [171] R. Sommer, "Yeast extract: production, properties and components," *Food Australia*, vol. 50(4), pp. 181-183, 1998.
- [172] F. F. Jacob, M. Michel, M. Zarnkow, M. Hutzler, F. J. Methner, "The complexity of yeast extracts and its consequences on the utility in brewing: a review," *Brewing Science*, vol. 72, pp. 50-62, 2019.

- [173] H. Tangüler, H. Erten, "Otoliz yolu ile maya ekstraktı üretimi," *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi*, vol. 9, pp. 55-62, 2006.
- [174] E. Atwell "Marmite turns 100," *Food Reviews*, vol. 29(21), pp. 23-24, 2002.
- [175] M. Rakin, M. Vukasinovic, S. Siler-Marinkovic, M. Maksimovic, "Contribution of lactic acid fermentation to improved nutritive quality vegetable juices enriched with brewer's yeast autolysate," *Food Chemistry*, vol. 100, pp. 599-602, 2007.
- [176] J. P. Revillion, A. Brandelli, M. A. Z. Ayub, "Production of yeast extract from whey using *Kluyveromyces marxianus*," *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 46(1), pp. 121-127, 2003.
- [177] H. V. Izzo, C. T. Ho, "Isolation and identification of the volatile of an extruded autolyzed yeast extract," *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 39(2), pp. 2245-2248, 1991.
- [178] H. Stam, M. Hoogland, C. Laane, "Food flavours from yeast," in: *Microbiology of Fermented Foods*, 2nd Edition, Blackie Academic, vol. 2, pp. 505-542, 1998.
- [179] J. M. Jay, "Modern Food Microbiology," Sixth Edition, Aspen Publishers, Maryland, 2000.
- [180] M. Özyurt, E. Ü. Deveci, "Conversion of agricultural and industrial wastes for single-cell protein production and pollution potential reduction: a review," *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 13(8), pp. 693-699, 2004.
- [181] C. M. Pereyra, S. Gil, A. Cristofolini, M. Bonci, M. Makita, M. P. Monge, M. A. Montenegro, L. R. Cavaglieri, "The production of yeast cell wall using an agroindustrial waste influences the wall thickness and is implicated on the aflatoxin B1 adsorption process," *Food Research International*, vol. 111, pp. 306-313, 2018.
- [182] D. Dhanasekaran, S. Lawanya, S. Saha, N. Thajuddin, A. Panneerselvam, "Production of single cell protein from pineapple waste using yeast," *Innovative Romanian Food Biotechnology*, vol. 8, pp. 26-32, 2011.
- [183] P. Nigam, D. Singh, "Enzyme and microbial systems involved in starch processing," *Enzyme Microbial Technology*, vol. 17, pp. 770-778, 1995.
- [184] F. Bucar, S. Ninov, I. Ionkova, T. Kartnig, M. Schubert-Zsilavecz, I. Asenov, B. Konuklugil, T. Roukas, "Pretreatment of beet molasses to increase pullulan production," *Process Biochemistry*, vol. 33(8), pp. 805-810, 1998.
- [185] G. Çalık, M. Berk, F. G. Boyacı, P. Çalık, S. Takaç, T. H. Özdamar, "Pretreatment processes of molasses for the utilization in fermentation processes," *Engineering and Manufacturing for Biotechnology*, vol. 4, pp. 21-28, 2001.
- [186] S. Ozmihci, F. Kargi, "Kinetics of batch ethanol fermentation of cheese-whey powder (CWP) solution as function of substrate and yeast concentrations," *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 2978-2984, 2007.
- [187] A. D. Christensen, Z. Kádár, P. Oleskowicz-Popiel, M. H. Thomsen, "Production of bioethanol from organic whey using *Kluyveromyces marxianus*," *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 38 pp. 283-289, 2011.

- [188] M. A. F. Belem, B. H. Lee, "Production of bioingredients from *Kluyveromyces marxianus* grown on whey: an alternative," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 7, pp. 565-598, 1998.
- [189] D. Liu, L. Ding, J. Sun, N. Boussetta, E. Vorobiev, "Yeast cell disruption strategies for recovery of intracellular bio-active compounds - a review," *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 36, pp. 181-192, 2016.
- [190] J. Geciova, D. Bury, P. Jelen, "Methods for disruption of microbial cells for potential use in the dairy industry - a review," *International Dairy Journal*, vol. 12, pp. 541-553, 2002.
- [191] R. Sommer, "Yeast extract: production, properties and components," 9th International Symposium on Yeasts, Sydney, 1996.
- [192] W. K. Bronn, "Hefe und Hefeextrakte," in: *Lebensmitteltechnologie Biotechnologische, chemische, mechanische, und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung*, Springer, Berlin, pp. 336-343, 1996.
- [193] K. Breddam, T. Beenfeldt, "Acceleration of yeast autolysis by chemical methods for production of intracellular enzymes," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 35, pp. 323-329, 1991.
- [194] G. Reed, T. W. Nagodavithana, "Yeast technology," 2nd Edition, Avi Publishing, New York, 1991.
- [195] D. Knorr, K. J. Shetty, L. F. Hood, J. E. Kinsella, "An enzymatic method for yeast autolysis," *Journal of Food Science*, vol. 44, pp. 1362-1365, 1979.
- [196] C. Verduyn, A. Suksumcheep, M. Supphantharika, "Effect of high pressure homogenization and papain on the preparation of autolysed yeast extract," *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, vol. 15, pp. 57-63, 1999.
- [197] T. V. Milić, M. Rakin, S. Siler-Marinković, "Utilization of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for the production of yeast extract: effects of different enzymatic treatments on solid, protein and carbohydrate recovery," *Journal of Serbian Chemical Society*, vol. 72(5) pp. 451-457, 2007.
- [198] J. Conway, H. Gaudreau, C. P. Champagne, "The effect of the addition of proteases and glucanases during yeast autolysis on the production and properties of yeast extracts," *Canadian Journal of Microbiology*, vol. 47, pp. 18-24, 2001.
- [199] N. J. Huige, "Brewery by-products and effluents," in: *Handbook of Brewing*, 2nd Edition, CRC Press, 2006.
- [200] T. L. Babayan, M. G. Bezrukov, "Autolysis in yeasts," *Acta Biotechnologica*, vol. 6(2), pp. 129-136, 1985.
- [201] D. Liu, X. A. Zeng, D. W. Sun, Z. Han, "Disruption and protein release by ultrasonication of yeast cells," *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 18 pp. 132-137, 2013.
- [202] J. Martínez, G. Cebrián, I. Álvarez, J. Raso, "Release of mannoproteins during *Saccharomyces cerevisiae* autolysis induced by Pulsed Electric Field," *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, 1435, 2016.

- [203] B. Běhalová, K. Beran, "Activation of proteolytic enzymes during autolysis of disintegrated baker's yeast," *Folia Microbiologica*, vol. 24(6), pp. 455-461, 1979.
- [204] H. Alexandre, M. Guilloux-Benatier, "Yeast autolysis in sparkling wine-a review," *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 12, pp. 119-127, 2006.
- [205] J. M. Martínez, C. Delso, D. Aguilar, G. Cebrián, I. Álvarez, J. Raso, "Factors influencing autolysis of *Saccharomyces cerevisiae* cells induced by pulsed electric fields," *Food Microbiology*, vol. 73, pp. 67-72, 2018.
- [206] E. Orban, G. B. Quaglia, I. Casini, M. Moresi, "Effect of temperature and concentration on *K. fragilis* autolysis," *Journal of Food Engineering*, vol. 21, pp. 245-261, 1994.
- [207] C. P. Champagne, J. Barrette, J. Goulet, "Interaction between pH, autolysis promoters and bacterial contamination on the production of yeast extracts," *Food Research International*, vol. 32, pp. 575-583, 1999.
- [208] J. Zhao, G. H. Fleet, "Degradation of RNA during the autolysis of *Saccharomyces cerevisiae* produces predominantly ribonucleotides," *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 32, pp. 415-423, 2005.
- [209] J. Barrette, C. P. Champagne, J. Goulet, "Development of bacterial contamination during production of yeast extracts," *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 65(7), pp. 3261-3263, 1999.
- [210] P. Münch, P. Schieberle, "Quantitative studies on the formation of key odorants in thermally treated yeast extracts using stable isotope dilution assays," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 46, pp. 4695-4701, 1998.
- [211] T. Nagodavvithana, "Savory flavors," in: *Bioprocess Production of Flavour Fragrance and Color Ingredients*, John Wiley & Sons, pp. 135-168, 1994.
- [212] P. Sombutyanuchit, M. Suphantharika, C. Verduyn, "Preparation of 5'-GMP-rich yeast extracts from spent brewer's yeast," *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, vol. 17, pp. 163-168, 2001.
- [213] V. Petravić-Tominac, V. Zechner-Krpan, K. Berković, P. Galović, Z. Herceg, S. Srećec, I. Spoljarić, "Rheological properties, water-holding and oil-binding capacities of particulate β -glucans isolated from spent brewer's yeast by three different procedures," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 49(1) pp. 56-64, 2011.
- [214] B. Lindemann, Y. Ogiwara, Y. Ninomiya, "The discovery of umami," *Chemical Senses*, vol. 27, pp. 843-844, 2002.
- [215] S. Yamaguchi, K. Ninomiya, "What is umami?," *Food Reviews International*, vol. 14(2-3), pp. 123-138, 1998.
- [216] K. Kurihara, "Glutamate: from discovery as a food flavor to role as a basic taste (umami)," *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 90(3), pp. 719S-722S, 2009.
- [217] S. Ventanas, S. Mustonen, E. Puolanne, H. Tuorila, "Odour and flavour perception in flavoured model systems: influence of sodium chloride, umami

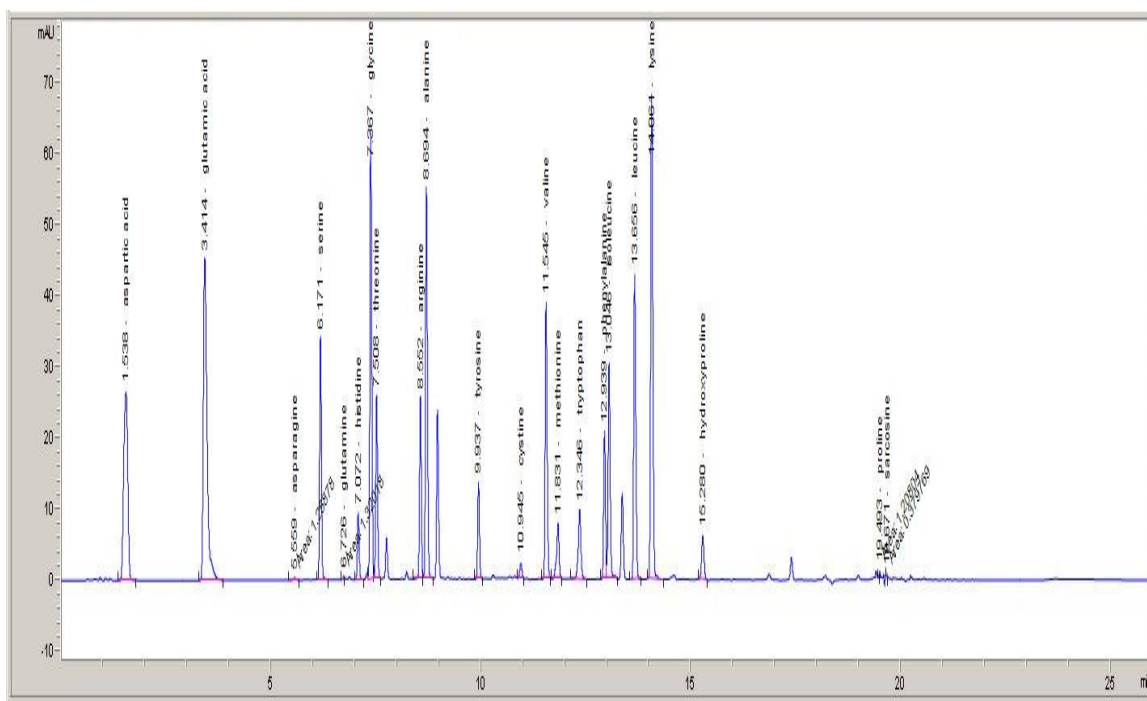
- compounds and serving temperature," *Food Quality and Preference*, vol. 21, pp. 453-462, 2010.
- [218] N. Baryłko-Pikielna, E. Kostyra, "Sensory interaction of umami substances with model food matrices and its hedonic effect," *Food Quality and Preference*, vol. 18, pp. 751-758, 2007.
- [219] F. S. A. El-Aleem, M. S. Taher, S. N. Lotfy, K. F. El-Massry, H. H. M. Fadel, "Influence of extracted 5-nucleotides on aroma compounds and flavour acceptability of real beef soup," *International Journal of Food Properties*, 20(1), S1182-S1194, 2017.
- [220] A. Komorowska, B. Sieliwanowicz, E. Mrówka, K. Stecka, A. Hałasińska, "Studies on yeast extracts enriched in 5'nucleotides flavour enhancers obtained from spent brewery yeast," *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Biotechnology*, vol. 6(1), 2003.
- [221] A. Ranogajec, S. Beluhan, Z. Smit, "Analysis of nucleosides and monophosphate nucleotides from mushrooms with reversed-phase HPLC," *Journal of Separation of Science*, vol. 33, pp. 1024-1033, 2010.
- [222] S. Yamaguchi, K. Ninomiya, "Umami and food palatability," *The Journal of Nutrition*, vol. 130, pp. 921S-926S, 2000.
- [223] S. Yamaguchi, "The synergistic effect of monosodium glutamate and disodium 5'-inosinate," *Journal of Food Science*, vol. 32, 473-8, 1967.
- [224] B. D. Gill, H. E. Indyk, M. C. Kumar, N. K. Sievwright, M. Manley-Harris, D. Dowell, "Analysis of 5'-mononucleotides in infant formula and adult/pediatric nutritional formula by liquid chromatography: first action 2011.20," *Journal of AOAC International*, vol. 95(3), pp. 599-602, 2012.
- [225] J. D. Carver, "Dietary nucleotides: effects on the immune and gastrointestinal systems," *Acta Paediatrica*, vol. 430, pp. 83-8, 1999.
- [226] T. Giacometti, "Free and bound glutamate in natural products," in: *Glutamic acid: advances in biochemistry and physiology*, New York: Raven Press, pp. 25-34, 1979.
- [227] H. D. B. Maluly, A. P. Ariseto-Bragotto, F. G. R. Reyes, "Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: technological and safety aspects," *Food Science and Nutrition*, vol. 5, pp. 1039-1048, 2017.
- [228] S. Jinap, P. Hajeb, "Glutamate. Its applications in food and contribution to health," *Appetite*, vol. 55, pp. 1-10, 2010.
- [229] K. Beyreuther, H. K. Biesalski, J. D. Fernstrom, P. Grimm, W. P. Hammes, U. Heinemann, O. Kempster, P. Stehle, H. Steinhart, R. Walker, "Consensus meeting: monosodium glutamate - an update," *European Journal of Clinical Nutrition*, vol. 61, pp. 304-313, 2007.
- [230] J. Halim, A. Bouzari, D. Felder, J. X. Guinard, "The Salt Flip: Sensory mitigation of salt (and sodium) reduction with monosodium glutamate (MSG) in "Better-for-You" foods," *Journal of Food Science*, vol. 85(9), 2020.
- [231] R. H. Kwok, "Chinese-restaurant syndrome," *The New England Journal of Medicine*, vol. 278(14), pp. 796, 1968.

- [232] M. J. In, D. C. Kim, H. J. Chae, "Downstream process for the production of yeast extract using brewer's yeast cells," *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, vol. 10, pp. 85-90, 2005.
- [233] Z. Wang, Q. Xiao, J. Zhuang, T. Feng, C. T. Ho, S. Song, "Characterization of aroma-active compounds in four yeast extracts using instrumental and sensory techniques," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 68(1), pp. 267-278, 2020.
- [234] F. F. Jacob, L. Striegel, M. Rychlik, M. Hutzler, F. J. Methner, "Yeast extract production using spent yeast from beer manufacture: influence of industrially applicable disruption methods on selected substance groups with biotechnological relevance," *European Food Research and Technology*, vol. 245(6), pp. 1169-1182, 2019.
- [235] P. F. Cuevas-González, A. M. Liceaga, J. E. Aguilar-Toalá, "Postbiotics and paraprobiotics: from concepts to applications," *Food Research International*, vol. 136, 109502, 2020.
- [236] M. Di Serio, P. Aramo, E. de Alteriis, R. Tesser, E. Santacesaria, "Quantitative analysis of the key factors affecting yeast growth," *Industrial and Engineering Chemistry Research*, vol. 42, pp. 5109-5116, 2003.
- [237] S. Alfenore, C. Molina-Jouve, S. E. Guillouet, J. L. Uribelarrea, G. Goma, L. Benbadis, "Improving ethanol production and viability of *Saccharomyces cerevisiae* by a vitamin feeding strategy during fed-batch process," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 60(1-2), pp. 67-72, 2002.
- [238] AOA Communities (ed.), "Official Methods of Analysis of AOAC International," 17th edn. AOAC International, Gaithersburg, 2000.
- [239] Agilent Technologies, Inc, "Agilent biocolumns amino acid analysis application," <https://www.agilent.com/cs/library/applications/compendium-%20aminoacid-advancebio-5994-0033EN-us-agilent.pdf>, Erişim Tarihi: 04.07.2021.
- [240] FAO/WHO, "Energy and protein requirements," Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Technical Report FAO/WHO and United Nations University, Geneva, 724, pp. 116-129, 1990.
- [241] Y. B. Lee, J. G. Elliott, D. A. Rickansrud, E. C. Hagberg, "Predicting protein efficiency ratio by the chemical determination of connective tissue content in meat," *Journal of Food Science*, vol. 43(5), pp. 1359-1362, 1978.
- [242] A. Raza, N. Begum, H. Song, K. Li, P. Li, "Optimization of headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) parameters for the analysis of pyrazines in yeast extract via gas chromatography mass spectrometry (GC-MS)," *Journal of Food Science*, vol. 84(8), pp. 2031-2041, 2019.
- [243] M. Kavosi, A. Mohammadi, S. Shojaee-Aliabadi, R. Khaksar, S. M. Hosseini, "Characterization and oxidative stability of purslane seed oil microencapsulated in yeast cells biocapsules," *Journal of Science of Food Agriculture*, 2017.
- [244] D. Zehir-Şentürk, E. Dertli, H. Erten, Ö. Şimşek, "Structural and technological characterization of ropy exopolysaccharides produced by *Lactobacillus*

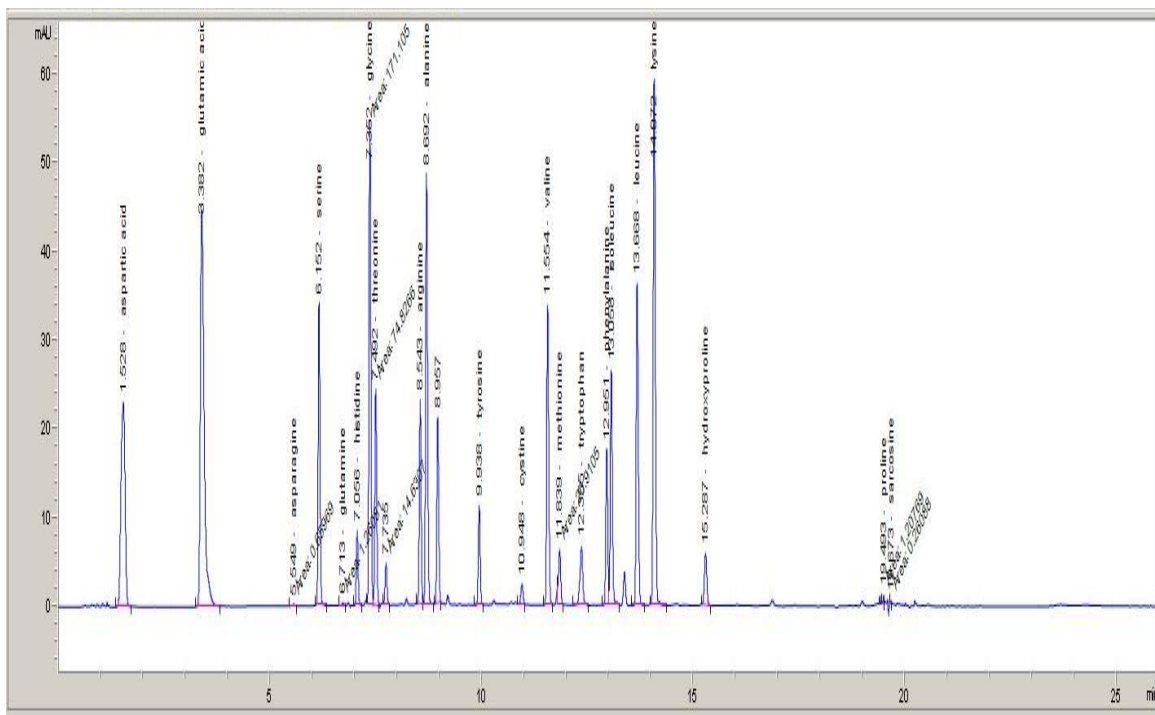
- plantarum* strains isolated from Tarhana," Food Science and Biotechnology, vol. 29(1) pp. 121-129, 2020.
- [245] F. W. Sosulski, "The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats," Cereal Chemistry, vol. 39, pp. 344-350, 1962.
- [246] M. J. Lin, E. S. Humbert, F. W. Sosulski, "Certain functional properties of sunflower meal products," Journal of Food Science, vol. 39, pp. 368-370, 1974.
- [247] K. N. Pearce, J. E. Kinsella, "Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique," Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 26(3), pp. 716-723, 1978.
- [248] W. U. Wu, N. S. Hettiarachchy, M. Qi, "Hydrophobicity, solubility, and emulsifying properties of soy protein peptides prepared by papain modification and ultrafiltration," Journal of the American Oil Chemists' Society, vol. 75, pp. 845-850, 1998.
- [249] F. Bozkurt, H. Bekiroglu, K. Dogan, S. Karasu, O. Sagdic, "Technological and bioactive properties of wheat glutenin hydrolysates prepared with various commercial proteases," LWT - Food Science and Technology, 149, 2021.
- [250] N. Özdemir, G. Yazıcı, Ö. Şimşek, S. G. Özkal, A. H. Çon, "The effect of lactic acid bacteria and yeast usage on aroma development during tarhana fermentation," Food Bioscience, vol. 26, pp. 30-37, 2018.
- [251] H. Tangüler, H. Erten, "The effect of different temperatures on autolysis of baker's yeast for the production of yeast extract," Turkish Journal of Agriculture and Forestry, vol. 33, pp. 149-154, 2009.
- [252] B. Podpora, F. Swiderski, A. Sadowska, R. Rakowska, G. Wasiak-Zys, "Spent brewer's yeast extracts as a new component of functional food," Czech Journal of Food Sciences, vol. 34(6), pp. 554-563, 2016.
- [253] K. Mahadevan, L. Farmer, "Key odor impact compounds in three yeast extract pastes," Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 54(19), pp. 7242-7250, 2006.
- [254] A. Alim, H. Song, Y. Liu, T. Zou, Y. Zhang, S. Zhang, A. Raza, "Research of beef-meaty aroma compounds from yeast extract using carbon module labeling (CAMOLA) technique," LWT - Food Science and Technology, vol. 112(February), 108239, 2019.
- [255] M. Lin, X. Liu, Q. Xu, H. Song, P. Li, J. Yao, "Aroma-active components of yeast extract pastes with a basic and characteristic meaty flavour," Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 94(5), pp. 882-889, 2014.
- [256] J. M. Ames, J. S. Elmore, "Aroma components of yeast extracts," Flavour and Fragrance Journal, vol. 7(2), pp. 89-103, 1992.
- [257] J. M. Ames, G. M. Leod, "Volatile components of a yeast extract composition," Journal of Food Science, vol. 50(1), pp. 125-131, 1985.
- [258] Y. Zhang, H. Song, P. Li, J. Yao, J. Xiong, "Determination of potential off-flavour in yeast extract," LWT - Food Science and Technology, vol. 82, pp. 184-191, 2017.
- [259] P. Münch, T. Hofmann, P. Schieberle, "Comparison of key odorants generated by thermal treatment of commercial and self-prepared yeast extracts: influence

- of the amino acid composition on odorant formation," Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 45(4), pp. 1338-1344, 1997.
- [260] A. J. King, J. R. Dickinson, "Biotransformation of hop aroma terpenoids by ale and lager yeasts," FEMS Yeast Research, vol. 3(1), pp. 53-62, 2003.
- [261] D. Yalçın-Duygu, T. Baykal, İ. Açıkgöz, K. Yıldız, "Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy for biological studies," Gazi University Journal of Science, vol. 22(3), pp. 117-121, 2009.
- [262] A. Barth, "Infrared spectroscopy of proteins," Biochimica et Biophysica Acta, vol. 1767 pp. 1073-1101, 2007.
- [263] E. Özkan, "FT-IR spektroskopisi kullanarak tahribatsız tereyağı kalitesi değerlendirilmesi," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [264] D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz, "Introduction to spectroscopy," Cengage Learning, Third Edition, 2001.
- [265] M. Wolpert, P. Hellwig, "Infrared spectra and molar absorption coefficients of the 20 alpha amino acids in aqueous solutions in the spectral range from 1800 to 500 cm⁻¹," Spectrochimica Acta Part A, vol. 64, pp. 987-1001, 2006.
- [266] E. Burattini, M. Cavagna, R. Dell'Anna, F. M. Campeggi, F. Monti, F. Rossi, S. Torriani, "A FTIR microspectroscopy study of autolysis in cells of the wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*," Vibrational Spectroscopy, vol. 47, pp. 139-147, 2008.
- [267] M. Cavagna, R. Dell'anna, F. Monti, F. Rossi, S. Torriani, "Use of ATR-FTIR microspectroscopy to monitor autolysis of *Saccharomyces cerevisiae* cells in a base wine," Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 58, pp. 39-45, 2010.
- [268] B. C. Barja, M. D. S. Afonso, "An ATR-FTIR study of glyphosate and its Fe(III) complex in aqueous solution," Environmental Science and Technology, vol. 32, pp. 3331-3335, 1998.
- [269] G. Başığit-Kılıç, A. G. Karahan, "Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ve laktik asit bakterilerinin tanısında kullanılması," GIDA, vol. 35(6), pp. 445-452, 2010.
- [270] R. Karoui, "Food authenticity and fraud," in: Chemical Analysis of Food Techniques and Applications, Second Edition, Academic Press, Londra, Birleşik Krallık, 2020.
- [271] P. R. Santagapita, M. F. Mazzobre, M. P. Buera, M. Galvagno, "Freezing effects evaluated on complex biological systems by DSC: baker's yeast and microalgal cells," Cryobiology, vol. 65(3), pp. 351-352, 2012.
- [272] W. Zhou, R. P. Apkarian, Z. L. Wang, D. Joy, "Fundamentals of scanning electron microscopy," in: Scanning Microscopy for Nanotechnology, Springer, pp. 1-40, 2006.
- [273] F. Demirgöl, O. Sağdıç, "Laktik starter kültür üretim teknolojisi," Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, vol. 7(11), pp. 27-37, 2017.
- [274] A. Björn, P. S. de La Monja, A. Karlsson, J. Ejlertsson, B. H. Svensson, "Rheological characterization," in: Biogas, InTech, 2012.

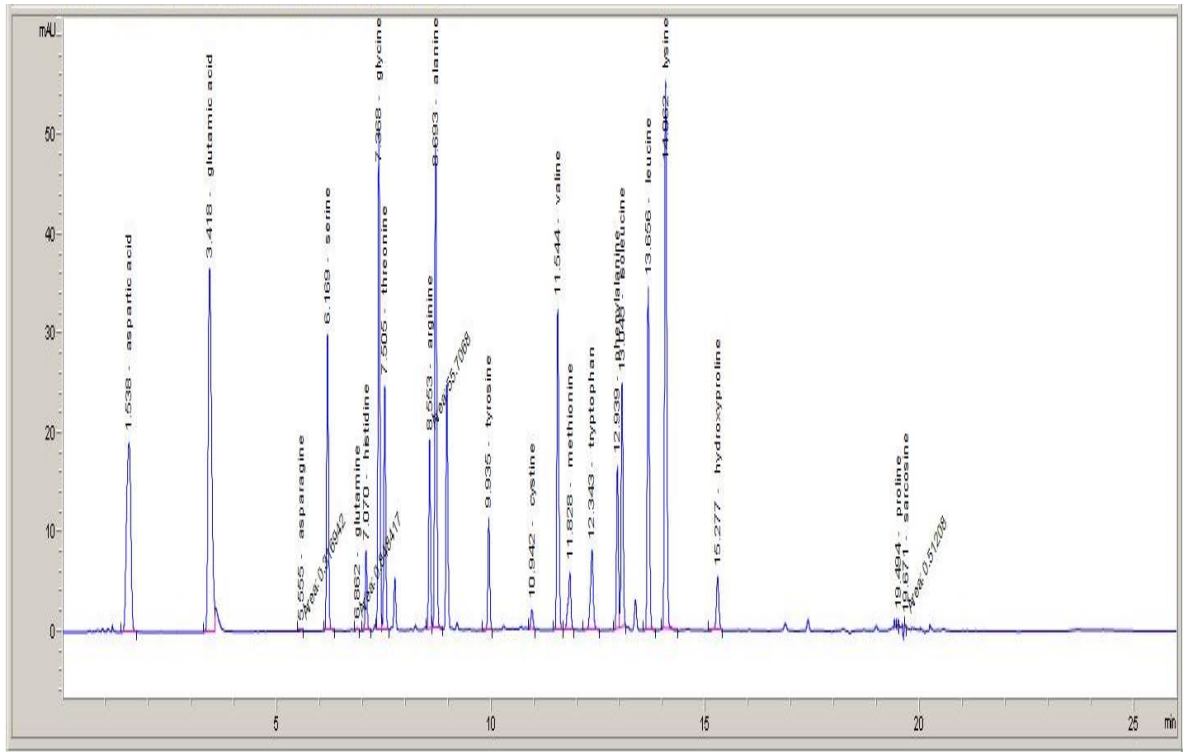
- [275] J. E. Kinsella, N. Melachouris, "Functional properties of proteins in foods: A survey," *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 7(3), pp. 219-280, 1976.
- [276] S. D. Arntfield, "Proteins from oil-producing plants," *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp. 187-221, 2018.
- [277] J. F. Zayas, "Oil and fat binding properties of proteins," in: *Functionality of Proteins in Food*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1997.
- [278] M. Padial-Domínguez, F. J. Espejo-Carpio, R. Pérez-Gálvez, A. Guadix, E. M. Guadix, "Optimization of the emulsifying properties of food protein hydrolysates for the production of fish oil-in-water emulsions," *Foods*, vol. 9, pp. 636, 2020.
- [279] WHO, World Health Organization, "Guideline: sodium intake for adults and children," World Health Organization, pp. 1-56, 2012.
- [280] E. Desmond, "Reducing salt: a challenge for the meat industry," *Meat Science*, vol. 74(1), pp. 188-196, 2006.



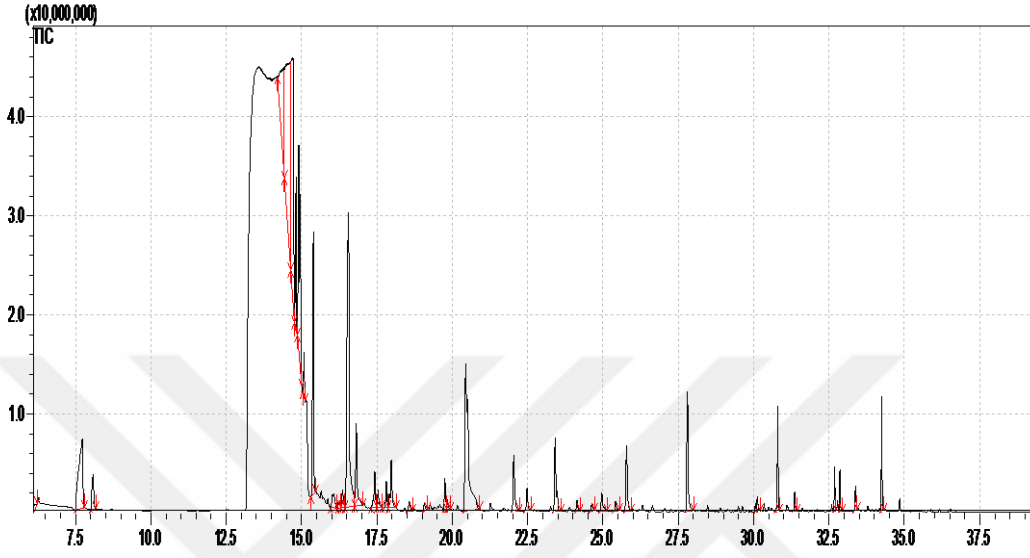
S. cerevisiae TGM10 ekstraktına ait örnek amino asit kromatogramı



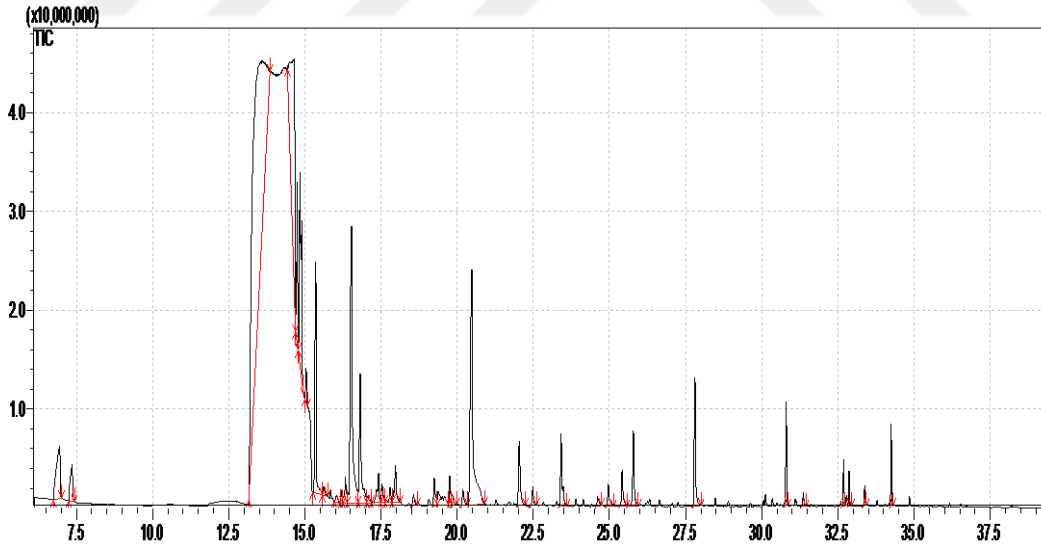
S. boulardii S11 ekstraktına ait örnek amino asit kromatogramı



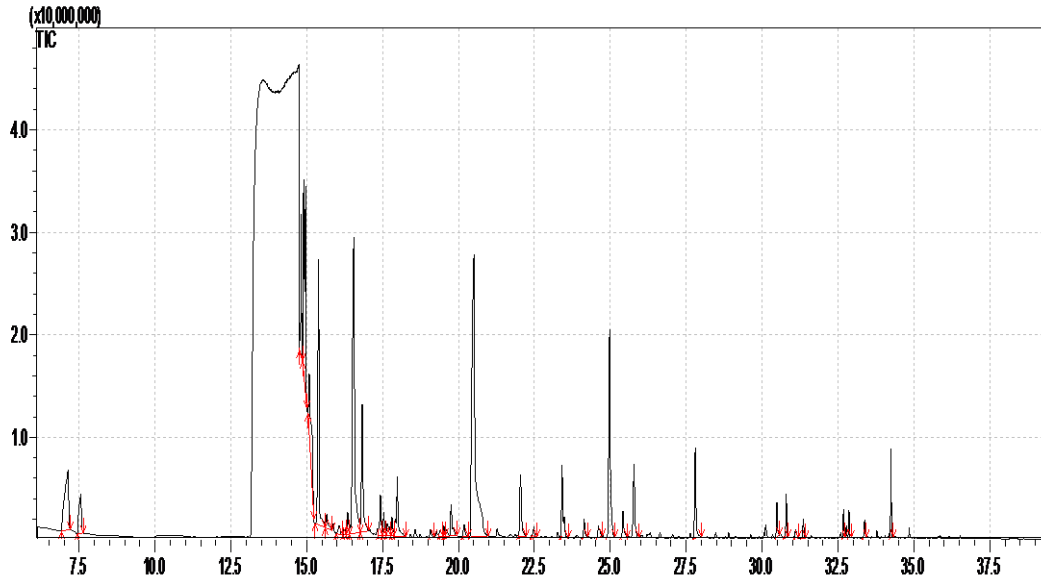
K. marxianus TGM66 ekstraktına ait örnek amino asit kromatogramı



S. cerevisiae TGM10 ekstraktına ait örnek GC-MS kromatogramı



S. boulardii S11 ekstraktına ait örnek GC-MS kromatogramı



K. marxianus TGM66 ekstraktına ait örnek GC-MS kromatogramı

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Duyusal Değerlendirme Formu

Panelistin

Tarih:

Adı Soyadı:

Yaş ve Cinsiyeti:

✚ Lütfen size ikram edilen sebze çorbalarını, duyuusal özelliklerin yoğunluğu ve genel beğeni açısından 10 puan üzerinden ayrı ayrı puanlayınız.

✚ Örnekler arasında su-tuzsuz ekmek-su tüketerek ağzınızı nötrleştirmeye özen gösteriniz.

Duyusal Özellikler	Örnek Kodları				
	825	317	563	216	740
Tuzlu tat					
Umami tat					
Et suyu benzeri lezzet					
Meyvemsi lezzet					
Genel beğeni					
Puan Skalası	1-2: Çok zayıf	3-4: Zayıf	5-6: Orta	7-8: Güçlü	9-10: Çok güçlü

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Makaleler

1. **Demirgöl, F.**, Şimşek, Ö., Bozkurt, F., Dertli, E., Sağdıç, O., “Production and characterization of yeast extracts produced by *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii* and *Kluyveromyces marxianus*,” Preparative Biochemistry and Biotechnology, 2021, DOI: 10.1080/10826068.2021.1983833.

Projeler

1. Yürütücü: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, proje kodu: FDK-2019-3663, proje adı: Fermente Gıdalardan İzole Edilen Aromatik Mayalardan Maya Ekstraktı Üretimi, Araştırmacı: Furkan DEMİRGÖL, destekleyen kurum: Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, başlama tarihi: 22.07.2019.