

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAKTERİLERİN FARKLI KARBON KAYNAKLARININ VARLIĞINDA
ARJİNİN DEİMİNAZ, TREHALAZ VE
POLİ HİDROKSİ BÜTİRAT ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ
Cennet Canan KARADERİ**

Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin KAHRAMAN

NİSAN 2022

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAKTERİLERİN FARKLI KARBON KAYNAKLARININ VARLIĞINDA
ARJİNİN DEİMİNAZ, TREHALAZ VE
POLİ HİDROKSİ BÜTİRAT ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ
Cennet Canan KARADERİ
(36173611002)**

Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin KAHRAMAN

NİSAN 2022

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu araştırmanın yürütülmesinde bütün bölüm imkanlarından faydalanmamı sağlayan Biyoloji Bölüm Başkanlığı'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın yürütülmesinde proje desteğinden dolayı İnönü Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine,

Tezimin her aşamasında yardımını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Hüseyin KAHRAMAN'a,

Tezimin her döneminde manevi desteğini esirgemeyen, yanımda olan Arş. Grv. Buket KAYIŞLI'ya,

Sadece tez dönemimde değil hayatımın her döneminde desteğini esirgemeyen ve yanımda olan canım abime, şu an yanımda olamayan canım babama ve Burcu CANLI'ya sonsuz teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Doktora tezi olarak sunduğum “Bakterilerin Farklı Karbon Kaynaklarının Varlığında Arjinin deiminaz, Trehalaz ve Poli Hidroksi Bütirat Üretiminin Araştırılması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakça yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir. Bunu onurumla doğrularım.

Cennet Canan KARADERİ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Mikroorganizmaların Antikanser Ajanı Olarak Kullanımı	1
1.2 Enzimler	2
1.2.1 Antikanser enzimleri	4
1.2.1.1 Arjinin deiminaz	4
1.2.1.1.1 L-arjinin biyosentezi	4
1.2.1.1.2 Arjinin deiminaz ve katalitik reaksiyon mekanizması	6
1.2.1.1.3 Arjinin deiminaz'ın antitümör uygulaması	8
1.3 Biyoplastikler	8
1.3.1 Polihidroksialkanatlar (PHA)	9
1.3.1.1 Poli - β - (3) Hidroksi Bütirat (PHB)	9
1.3.1.1.1 PHB'nin fiziksel ve biyokimyasal özellikleri	9
1.3.1.1.2 Mikroorganizmalarda PHB sentezi	10
1.3.1.1.3 PHB'nin kullanım alanları	11
1.4 Trehaloz	12
1.4.1 Trehaloz ile ilgili genel bilgiler	12
1.4.2 Prokaryotlarda trehaloz sentezi	13
1.4.3 Trehalozun canlılardaki yeri ve önemi	14
1.4.4 Trehaloz üreten bazı organizmalar	15
1.4.5 Trehalaz	15
1.5 Çalışmada Kullanılan Karbon Kaynakları ile İlgili Genel Bilgiler	16
1.5.1 D- Dekstroz	16
1.5.2 D-Fruktoz	16
1.5.3 D-Glikoz	17
1.5.4 D-Ksiloz	17
1.5.5 D-Maltoz	18
1.5.6 L-Ramnoz	18
1.5.7 D-Riboz	19
1.5.8 D-Sükroz (Sakkaroz)	19
1.6 Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar ve Genel Özellikleri	20
1.6.1 <i>Bacillus cereus</i>	20
1.6.2 <i>Escherichia coli</i>	21
1.6.3 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	22
1.6.4 <i>Ralstonia eutropha</i>	24
1.6.5 <i>Staphylococcus aureus</i>	24
2. KAYNAK ÖZETLERİ	26
2.1 Arjinin Deiminaz Aktivitesi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	26
2.2 PHB Üretimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	27

2.3 Trehalaz Aktivitesi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	28
3. MATERYAL - METOT.....	29
3.1 Araştırmada Kullanılan Kimyasallar	29
3.2 Araştırmada Kullanılan Karbon Kaynakları.....	30
3.3 Araştırmada Kullanılan Bakteriler ve Saklanma Koşulları	30
3.4 Nutrient Broth'un kimyasal bileşenleri	31
3.5 Phosphate Buffered Saline (PBS)'nin Kimyasal Bileşenleri	32
3.6 Deney Koşulları	32
3.7 Arjinin Deiminaz Aktivitesi	32
3.7.1 Arjinin deiminaz standart grafiğinin hazırlanması.....	33
3.8 PHB Miktar Tayini.....	34
3.8.1 PHB standart grafiğinin hazırlanması	35
3.9 Trehalaz aktivitesi	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	39
4.1 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynaklarının Varlığında ADI Aktivitesi.....	39
4.1.1 Bakterilerde 0 rpm'de ADI aktivitesi.....	39
4.1.1.1 Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	39
4.1.1.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	40
4.1.1.3. Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	41
4.1.1.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	42
4.1.1.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi.....	43
4.1.1.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi.....	44
4.1.1.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	45
4.1.1.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	46
4.1.1.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi.....	47
4.1.1.10 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi	48
4.1.1.11 Bakterilerde çalışılan karbon kaynaklarında ve 0 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi.....	48
4.1.1.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 0 rpm'de ADI aktivitesinin karşılaştırılması	51
4.1.1.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 0 rpm'de ADI aktivitesinin karşılaştırılması	52
4.1.2 Bakterilerde 150 rpm'de ADI aktivitesi.....	52
4.1.2.1 Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi.....	52
4.1.2.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi	53
4.1.2.3 Bakterilerde PBS + %1 fruktoz varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi	54
4.1.2.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi.....	55
4.1.2.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi	56
4.1.2.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi.....	57
4.1.2.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi.....	58
4.1.2.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi	59
4.1.2.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz ve 150 rpm'de ADI aktivitesi	60
4.1.2.10 Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi	61
4.1.2.11 Bakterilerde çalışılan karbon kaynaklarında ve 150 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi.....	61
4.1.2.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi	64

4.1.2.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi.....	64
4.1.3 Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de ADI aktivitesinin karşılaştırılması.....	65
4.2 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynakları Varlığında PHB Üretimi	65
4.2.1 Bakterilerde 0 rpm'de PHB üretimi	65
4.2.1.1 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi	65
4.2.1.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi	66
4.2.1.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktozu varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi	67
4.2.1.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi.....	68
4.2.1.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksilozu varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi	69
4.2.1.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltozu varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi.....	70
4.2.1.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnozu varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi.....	71
4.2.1.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi	72
4.2.1.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktrozu varlığında ve 0 rpm'de PHB üretimi	73
4.2.1.10 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi...74	
4.2.1.11 Bakterilerde çalışılan karbon kaynakları varlığında ve 0 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi	75
4.2.1.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 0 rpm'de en yüksek-en düşük PHB üretimi	77
4.2.1.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 0 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi	78
4.2.2 Bakterilerde 150 rpm'de PHB üretimi	78
4.2.2.1 Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	78
4.2.2.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	79
4.2.2.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktozu varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	80
4.2.2.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	81
4.2.2.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksilozu varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	82
4.2.2.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltozu varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	83
4.2.2.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnozu varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	84
4.2.2.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi.....	85
4.2.2.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktrozu varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	86
4.2.2.10. Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de en düşük- en yüksek PHB üretimi	87
4.2.2.11. Bakterilerde çalışılan karbon kaynakları varlığında ve 150 rpm'de en düşük- en yüksek PHB üretimi	88
4.2.2.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi	90
4.2.2.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi	91
4.2.3. Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de PHB üretiminin karşılaştırılması	91
4.3 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynaklarının Varlığında Trehalaz Aktivitesi.....	92
4.3.1 Bakterilerde 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	92
4.3.1.1 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	92
4.3.1.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi...93	
4.3.1.3 Bakterilerde PBS + % 1 Fruktozu varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi...94	
4.3.1.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	95
4.3.1.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksilozu varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi.....96	
4.3.1.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltozu varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	97
4.3.1.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnozu varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi98	
4.3.1.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi.....99	

4.3.1.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi ...	100
4.3.1.10 Bakterilerde NB ortamında ve 0 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi	101
4.3.1.11 Bakterilerde çalışılan karbon kaynakları varlığında ve 0 rpm'de en düşük -en yüksek trehalaz aktivitesi.....	102
4.3.1.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 0 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi	105
4.3.1.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 0 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi	105
4.3.2 Bakterilerde 150 rpm'de trehalaz aktivitesi.....	106
4.3.2.1 Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de Trehalaz aktivitesi	106
4.3.2.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	107
4.3.2.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktozu varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	107
4.3.2.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	108
4.3.2.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	109
4.3.2.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltozu varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	110
4.3.2.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnozu varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	111
4.3.2.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi ..	112
4.3.2.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	113
4.3.2.10. Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi	114
4.3.2.11. Bakterilerde çalışılan karbon kaynakları varlığında ve 150 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi	115
4.3.2.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 150 rpm'de en düşük -en yüksek trehalaz aktivitesi.....	118
4.3.2.13. Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi	118
4.3.3. Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesinin karşılaştırılması.....	118
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	120
5.1 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynakları Varlığında ve Koşullarda ADI Aktivitesi.....	120
5.2 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynakları Varlığında ve Koşullarda PHB Üretimi.....	122
5.3 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynaklarının Varlığında ve Koşullarda trehalaz Aktivitesi.....	125
5.4 Bakterilerde ADI Aktivitesi, PHB Üretimi ve Trehalaz Aktivitesinde Avantajlı ve Dezavantajlı Karbon kaynakları	125
KAYNAKÇA.....	128
ÖZGEÇMİŞ.....	139

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1: Bazı temel enzimlerin uygulama alanları ve substratları	4
Çizelge 1.2: ADI yolunda kullanılan bazı organizma grupları	7
Çizelge 1.3: ADI enzimini hücre içi ve hücre dışı sentezleyen bazı organizmalar.....	8
Çizelge 1.4: Trehaloz üreten bazı organizmalar	15
Çizelge 3.1: Araştırmada kullanılan kimyasallar	29
Çizelge 3.2: Araştırmada kullanılan karbon kaynakları	30
Çizelge 3.3: Nutrient Broth'un kimyasal bileşenleri	31
Çizelge 3.4: PBS'nin kimyasal bileşenleri (pH= 7.2)	32
Çizelge 4.1: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de, farklı karbon kaynakları varlığında en düşük ADI aktivitesi	65
Çizelge 4.2: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de, farklı karbon kaynakları varlığında en yüksek ADI aktivitesi	65
Çizelge 4.3: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de, farklı karbon kaynakları varlığında en düşük PHB üretimi	92
Çizelge 4.4: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de, farklı karbon kaynakları varlığında en en yüksek PHB üretimi	92
Çizelge 4.5: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de, farklı karbon kaynakları varlığında en düşük trehalaz aktivitesi	119
Çizelge 4.6: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de, farklı karbon kaynakları varlığında en yüksek trehalaz aktivitesi.....	119
Çizelge 5.1: ADI aktivitesi ile ilgili yapılmış benzer çalışmalar	122
Çizelge 5.2: Doktora tez çalışması kapsamındaki ADI aktivitesi ile ilgili sonuçlar	122
Çizelge 5.3: PHB üretimi ile ilgili yapılmış benzer çalışmalar.....	125
Çizelge 5.4: Doktora tez çalışması kapsamındaki PHB üretimi ile ilgili sonuçlar	125

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: L-arjinin'in kimyasal yapısı	5
Şekil 1.2: L-arjinin metabolizması	5
Şekil 1.3: Prokaryotlarda ADI yolu	7
Şekil 1.4: PHB'nin kimyasal yapısı	10
Şekil 1.5: Mikroorganizmalarda PHB sentez yolu	11
Şekil 1.6: Trehaloz'un kimyasal yapısı	12
Şekil 1.7: Prokaryotlarda trehaloz biyosentez yolu	14
Şekil 1.8: D-fruktoz'un kimyasal yapısı	17
Şekil 1.9: D-glikoz molekülünün halkasal yapısı	17
Şekil 1.10: D-ksiloz'un kimyasal yapısı	18
Şekil 1.11: D-maltoz'un kimyasal yapısı	18
Şekil 1.12: L-ramnoz monohidrat'ın kimyasal yapısı	19
Şekil 1.13: D-riboz'un kimyasal yapısı	19
Şekil 1.14: D-sükroz'un kimyasal yapısı	20
Şekil 3.1.A: Nutrient Agar besi ortamında üretilen katı kültürlerin görüntüleri	31
Şekil 3.1.B: Nutrient Broth besi ortamında üretilen sıvı kültürlerin görüntüleri	31
Şekil 3.2: Bakterilerde deney tüpünde Arjinin deiminaz üretiminin görüntüsü.	33
Şekil 3.3: Arjinin deiminaz standart grafiğinin hazırlanmasında kullanılan solüsyonların görüntüsü	34
Şekil 3.4: Arjinin deiminaz standart grafiği	34
Şekil 3.5: Bakterilerde deney tüpünde PHB'nin renk görünümü	35
Şekil 3.6: PHB standart grafiği	36
Şekil 3.7: Bakterilerde trehalaz aktivitesinin deney tüpündeki görünümü	37
Şekil 3.8: Glikoz standardı	37
Şekil 3.9: Deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği laboratuvar ortamı	38
Şekil. 4.1.A: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu (OD ₆₀₀)	39
Şekil. 4.1 B: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	40
Şekil. 4.2.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	40
Şekil. 4.2.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	41
Şekil. 4.3.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktozu varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	41
Şekil. 4.3.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktozu varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	42
Şekil. 4.4.A: Bakterilerde PBS + % 1 varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	42
Şekil. 4.4.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	43
Şekil 4.5.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	43
Şekil 4.5.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	44
Şekil 4.6.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltozu varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	44
Şekil 4.6.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltozu varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	45
Şekil 4.7.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnozu varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	45
Şekil 4.7.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnozu varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	46
Şekil 4.8.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	46
Şekil 4.8.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	47
Şekil 4.9.A: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	47
Şekil 4.9.B: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi	48
Şekil 4.10.A: Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	52
Şekil 4.10.B: Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 150 rpm'de ADI aktivitesi	53

Şekil 4.11.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	53
Şekil 4.11.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	54
Şekil 4.12.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	54
Şekil 4.12.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	55
Şekil 4.13.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	55
Şekil 4.13.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	56
Şekil 4.14.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	56
Şekil 4.14.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	57
Şekil 4.15.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	57
Şekil 4.15.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	58
Şekil 4.16.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	58
Şekil 4.16.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	59
Şekil 4.17.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	59
Şekil 4.17.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	60
Şekil 4.18.A: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	60
Şekil 4.18.B: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi	61
Şekil 4.19.A: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	66
Şekil 4.19.B: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	66
Şekil 4.20.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	67
Şekil 4.20.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	67
Şekil 4.21.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	68
Şekil 4.21.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	68
Şekil 4.22.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	69
Şekil 4.22.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	69
Şekil 4.23.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	70
Şekil 4.23.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	70
Şekil 4.24.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	71
Şekil 4.24.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	71
Şekil 4.25.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	72
Şekil 4.25.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	72
Şekil 4.26.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	73
Şekil 4.26.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	73
Şekil 4.27.A: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu	74
Şekil 4.27.B: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi	74
Şekil 4.28.A: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	79
Şekil 4.28.B: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi	79
Şekil 4.29.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu	80
Şekil 4.29.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi	80

Şekil 4.30.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	81
Şekil 4.30.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	81
Şekil 4.31.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	82
Şekil 4.31.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	82
Şekil 4.32.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	83
Şekil 4.32.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	83
Şekil 4.33.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	84
Şekil 4.33.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	84
Şekil 4.34.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	85
Şekil 4.34.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	85
Şekil 4.35.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	86
Şekil 4.35.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	86
Şekil 4.36.A: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	87
Şekil 4.36.B: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi	87
Şekil 4.37.A: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	93
Şekil 4.37.B: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	93
Şekil 4.38.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	94
Şekil 4.38.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	94
Şekil 4.39.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	95
Şekil 4.39.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	95
Şekil 4.40.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	96
Şekil 4.40.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	96
Şekil 4.41.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	97
Şekil 4.41.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	97
Şekil 4.42.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	98
Şekil 4.42.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	98
Şekil 4.43.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	99
Şekil 4.43.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	99
Şekil 4.44.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	100
Şekil 4.44.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	100
Şekil 4.45.A: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu	101
Şekil 4.45.B: Bakterilerde PBS + % 1 sükroz varlığında ve 0 rpm'de trehalaz aktivitesi	101
Şekil 4.46.A: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	106
Şekil 4.46.B: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	106

Şekil 4.47.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	107
Şekil 4.47.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	107
Şekil 4.48.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	108
Şekil 4.48.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	108
Şekil 4.49.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	109
Şekil 4.49.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	109
Şekil 4.50.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	110
Şekil 4.50.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	110
Şekil 4.51.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	111
Şekil 4.51.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	111
Şekil 4.52.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	112
Şekil 4.52.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	112
Şekil 4.53.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	113
Şekil 4.53.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	113
Şekil 4.54.A: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm'de hücre yoğunluğu	114
Şekil 4.54.B: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm'de trehalaz aktivitesi	114

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

µg	: Mikrogram
ml	: Mililitre
nm	: Nanometre
OD	: Optik Dansitite
rpm	: Dakikadaki Dönme Hızı
ADI	: Arjinin deiminaz
PHB	: Poli - β - (3) Hidroksi Bütirat
NA	: Nutrient Agar
NB	: Nutrient Broth

ÖZET

Doktora Tezi

Farklı Ortamlarda Mikroorganizmaların Arjinin Deiminaz (ADI), Trehalaz ve Poli Hidroksi Bütirat (PHB) Üretiminin Araştırılması

Cennet Canan KARADERİ

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

XIV+140 Sayfa

2022

Tez danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin KAHRAMAN

Arjinin deiminaz; arjinini hidroliz ederek sitrüllin ve amonyağa dönüştüren bakteriyel antitümör enzimidir. Arjinin deiminaz enzimi, hepatoselüler karsinom ve melanomlar gibi arjinin oksotrofik tümörlerin tedavisinde antitümör ilaç olarak kullanılmaktadır. Polihidroksibütiratlar (PHB); oksijen, azot, fosfor, nitrojen gibi maddelerin sınırlı olduğu koşullarda, karbon ve enerji kaynağı olarak sentezlenir. Bu yapılar aynı zamanda depolanan granül yapılı polyesterlerdir. Biyolojik yollar ile tamamen parçalanabilen polimerlerdir. Trehalaz; trehalozun glikoza dönüşümünü katalize eden glikozit bir hidrolaz enzimidir. Pek çok prokaryotik canlı gruplarında saptanmıştır. Bunlar, birer bakteriyel metabolittir. Bu çalışmada, Gr (-) *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Ralstonia eutropha* ve Gr (+) *Bacillus cereus* ile *Staphylococcus aureus* bakterileri kullanılmıştır. Bakterilerin bu metabolitleri üretme yetenekleri; fosfat tampon içine eklenen %1 farklı karbon kaynakları varlığında 24 saat, 37 °C, 0 ve 150 rpm çalkalamalı koşullarda karşılaştırılmalı olarak çalışılmıştır. Sonuçlar statik koşullarda Gram (+) bakterilerin Gram (-) bakterilere göre daha yüksek arjinin deiminaz aktivitesi, PHB üretimi ve trehalaz aktivitesi göstermektedir. Çalışma sonucuna göre, saf farklı karbon kaynaklarının bu metabolitlerin üretiminde de kullanılabileceği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Arjinin deiminaz, Poli Hidroksi Bütirat, Trehalaz, *B. cereus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *R. eutropha*, *S. aureus*

ABSTRACT

Phs. Thesis

Investigation of Arginine Deiminase, Trehalase and Poly Hydroxy Butyrate Production of Microorganisms in Different Environments

Cennet Canan KARADERİ

INONU UNIVERSITY

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Institute of Natural Sciences

XIV+140 Pages

2022

Supervisor: Doç. Dr. Hüseyin KAHRAMAN

Arginine deiminase; it is a bacterial anti-tumor enzyme that hydrolyzes arginine to citrulline and ammonia. Arginine deiminase enzyme is used as an antitumor drug in the treatment of arginine auxotrophic tumors such as hepatocellular carcinoma and melanomas. Polyhydroxybutyrate (PHB); it is synthesized as a carbon and energy source under conditions where substances such as oxygen, nitrogen, phosphorus and nitrogen are limited. These structures are also stored granular polyesters. They are polymers that can be completely degraded by biological means. Trehalase is a glycoside hydrolase enzyme that catalyzes the conversion of trehalose to glucose. It has been detected in many prokaryotic living groups. These are bacterial metabolites. In this study, Gr (-) *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Ralstonia eutropha* and Gr (+) *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* bacteria were used. The ability of bacteria to produce these metabolites; in the presence of 1% different carbon sources added to the phosphate buffer, it was studied comparatively for 24 hours, 37 °C, 0 and 150 rpm shaking conditions. The results show higher arginine deiminase activity, PHB production and trehalase activity of Gram (+) bacteria than Gram (-) bacteria under static conditions. According to the results of the study, it can be said that pure different carbon sources can also be used in the production of these metabolites.

Key words: Arginine deiminase, PHB, Trehalase, *B. cereus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *R. eutropha*, *S. aureus*

1. GİRİŞ

Mikroorganizmalar, çıplak göz ile görülemeyen sadece mikroskop aracılığıyla gözlemlenebilen, optimal koşullarda (uygun sıcaklık, ışık, nem, pH) bağımsız olarak gelişebilen küçük ve tek hücreli canlılardır (Dağ, 2017). Bu organizma grupları; süten peynir-yoğurt-kefir elde edilmesinde, üzüm suyundan sirke üretilmesinde, turşu yapımında, ekmeğin mayalanmasında, endüstriyel ürünlerin (alkol, bütanol, aseton vb.) ve alkollü içeceklerin (bira, şarap) üretiminde kullanılmaktadır (Madigan ve Martinko, 2010). Buna ilaveten biyolojik atık su arıtımında, maden yataklarının ıslah edilmesinde, çöp toplama alanlarında metan gazı üretiminde, bağırsaklarımızda B ve K vitaminlerinin elde edilmesinde, antibiyotik ve aşı üretiminde kullanılmaktadır (Çeker ve Töman, 2019).

Prokaryotlar (tek hücreli, ilkel, basit canlı grubu) içerisinde yer alan bakterilerin biyoteknoloji alanında her geçen gün kullanımları artmaktadır. Bunun temel sebebi bu organizmaların hızlı bir şekilde çoğalabilmesi ve maliyetlerinin ekonomik olmasıdır. Ayrıca endüstri alanında kullanılan enzimlerin pek çoğu (α -amilaz, proteaz, glukanaz, glikoz izomeraz, endonükleaz vb.) bakterilerden üretilmektedir. Bununla birlikte bazı hastalıkların tedavisinde vektör olarak da kullanılmaktadır (Aslan, 2018). Fakat bazı türleri enfeksiyona neden olabilmekte ve ölümlere sebebiyet vermektedir. Örneğin; veba (*Yersinia pestis*), tüberküloz (*Mycobacterium tuberculosis*), tifo (*Salmonella paratyphi*) vb. hastalıklar bakteriyel kökenlidir.

1.1 Mikroorganizmaların Antikanser Ajanı Olarak Kullanımı

Bazı bakteri türleri, tümörün hem çoğalmasını hem de büyüme hızını olumsuz yönde etkilemektedir. Bakteriler, kanserojen olan toksik maddeler ve bazı enzimler (L-glutaminaz, Peptidil arjinin deiminaz, β -glikosidaz, L-asparaginaz, Kondroitinaz vb.) üretebilmektedir (Laliani ve diğ, 2020; Uysal, 2021).

Bakteriler, belirli bileşikleri sentezleme ve salma yeteneklerini değiştirme, metabolik yollarını uyarmak için genetik olarak tasarlanabilmektedir. Kanser tedavilerinde kullanılan bu mikroorganizmalar tümörlerin hipoksik alanlarını hedefleyebilmekte, dokuya aktif olarak nüfuz edebilmekte, proteaz, lipaz gibi enzimlerin salgılanmasını sağlamaktadır.

Ayrıca tümör öldürücü ajan ya da immünoterapötik ajanları taşıma, tümör hücrelerini yok edici vektörler olarak kullanılmaktadır (Sedighi ve diğ, 2019). Antikanser ajanı olarak kullanılan bazı prokaryotik canlılar; *Caulobacter*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Listeria*, *Proteus*, *Salmonella*, *Pseudomonas*'tır (Sedighi ve diğ, 2019).

Helicobacter pylori mide kanseri, *Citrobacter rodentium* kolorektal kanseri, *Mycobacterium tuberculosis* akciğer kanseri, *Campylobacter jejuni* ince bağırsak lenfomaları ile ilişkilidir. *Salmonella*, *Clostridia* ve *Bifidobacteria* suşları katı tümörleri istila etmekte ve tümörlerin hipoksik bölgelerinde kolonize olabilmektedir (Laliani ve diğ, 2020).

Kısaca mikroorganizmaların antikanser ajanı olarak kullanım alanları

1. Onkolitik ajan olarak patojenik bakterilerin kullanımı,
2. Antikanser ilacı üreten ajanlar olarak bakterilerin kullanımı,
3. Tümörün yok edilmesi için bakteriyel toksinlerin ve genetik olarak modifiye edilmiş bakterilerin kullanımı,
4. Kanser gen tedavisi için *Vibrio cholerae* ve *Yersinia enterocolitica*'nın bakteriyel vektör olarak kullanımı,
5. Bazı mikrobiyal kökenli enzimlerin kanser kemoterapisinde ilaç olarak kullanımı (Aydın, 2004).

1.2 Enzimler

Biyokimya tarihinin büyük bir bölümünü enzim çalışmaları oluşturmaktadır. Biyolojik kataliz ilk kez 1700'lerin sonlarında etin mide salgılarıyla sindirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda saptandı. 1800'lerde tükürük ve değişik bitki özütleri ile nişastanın şekere dönüştürülmesi gibi çalışmalarla devam edildi. 1850'lerde Louis Pasteur mayalar aracılığıyla şekerin alkole fermentasyonunun "fermenter" tarafından katalizlendiği sonucuna ulaşmıştır. 1897'de Eduard Buchner maya özütlerinin şekeri alkole dönüştürdüğünü keşfetmiştir. Frederick W. Kühne, Buchner tarafından keşfedilen bu moleküllere enzim adını vermiştir. 20. yy'ın ikinci yarısından bu yana binlerce enzim saflaştırıldı, yapıları ve mekanizmaları tanımlandı ve bugün de çalışmalara devam edilmektedir (Nelson ve Cox, 2019).

Enzimler, canlı hücreler tarafından sentezlenen ve büyük çoğunluğu protein yapılı olan, hayati biyokimyasal reaksiyonları gerçekleştiren spesifik biyomoleküllerdir (Destanoğlu, 2016). Enzimler, etkili biyokatalizörlerdir ve genellikle biyokimyasal tepkime hızlarını 10^5 - 10^{17} kat artırmaktadır. Enzimle katalizlenen tepkimeler, enzim ile substrat arasında bir kompleksin oluşması şeklinde tanımlanmaktadır. Substrat, enzimin üzerinde yer alan ve aktif bölge adı verilen bir yere bağlanır. Enzimlerin ve diğer katalizörlerin en temel görevi tepkimenin aktivasyon enerjisini (ΔG) düşürmek ve tepkime hızını artırmaktır (Nelson ve Cox, 2019).

Son yıllarda biyoteknoloji, genetik ve protein mühendisliğinin gelişmesi ile mikroorganizmalardan elde edilen enzimlerin endüstriyel kullanımı bütün dünyada büyük bir hızla artmıştır (Akdaş, 2012). Mikrobiyal enzimlerin (proteaz, amilaz, lipaz, pektinaz vb.) başlıca kullanılmasının temel nedeni katalitik aktivitesi, hayvansal ve bitkisel enzimlere oranla daha yüksek, stabil ve ekonomik olmasıdır. Ayrıca bu enzimlerden kısa sürede çok miktarda ürün elde edilebilmesidir (Ünal ve diğ, 2019).

Enzimler; tıp, gıda endüstrisi, ziraat, deterjan, tekstil, kağıt ve daha pek çok alanlarda kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde; unlu mamüllerin üretimi, içecek üretimi, et, süt, yumurta, balık, şekerleme ürünlerinin imalatında işlev görmektedir. Biyoenzimler, gıda ürünlerinde kalitenin, tazeliğin, raf ömrünün, besin değerinin, aromanın ve istenen yapıların geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Örneğin; proteazlar içeceklerin berraklaştırılmasında, sütün pıhtılaştırılmasında, et ve balık ürünlerinde lezzet, doku ve tat fonksiyonlarının geliştirilmesinde kullanılır. Lipazlar genellikle lezzeti zenginleştirmek amacıyla tahıllarda, etlerde, meyve sularında, alkollü içeceklerde ve süt ürünlerinde kullanılır (Kurt, 2019).

Yem endüstrisinde; amilaz, pektinaz, selüloz gibi enzimler yem katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Balık yemlerinde enzimlerin kullanılması ile sudaki fosfor gibi kirletici faktörlerin seviyesinde bir azalma olabileceği belirtilmiştir (Kurt, 2019). Bazı temel enzimlerin uygulama alanları ve substratları Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1: Bazı temel enzimlerin uygulama alanları ve substratları (Varol, 2021).

ENZİMLER	UYGULAMA ALANLARI	SUBSTRAT
Amiloglukosidaz	Dekstroz üretimi	Glikoz
α -amilaz	Maltoz ve Dekstrin yıkımı	Nişasta
Fosfataz	Fosfat koparılması	Fosfat
Lipaz	Lipitlerin parçalanması	Lipit
Proteazlar	Proteinlerin parçalanması	Protein

1.2.1 Antikanser enzimleri

Kanser, insan vücudunda ki dokuların dış faktörlerin etkisiyle mutasyona uğramasıyla ortaya çıkan hastalıktır. Hücreler olası işlevlerini yitirmektedir. Buna ek olarak insan vücudunun fizyolojik işlevlerini etkileyen neoplazmalar (tümör) oluşturmak için hızla çoğalmaktadır (Wang ve diğ., 2021). Kanser hücreleri, hızla çoğalabilmek için yüksek miktarda proteine gereksinim duymaktadır. Proteinler, sadece büyümede değil aynı zamanda kromozomların temel yapısını oluşturmada da gerekli bir biyolojik makromoleküldür. Bu nedenledir ki tümör hücreleri, aminoasitler olmadan protein sentezini gerçekleştiremeyeceğinden işlevlerini yerine getiremezler (Prajapati and Supriya, 2017). Tek bir aminoasit açlığı kanser tedavisinde etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir (Zolfaghar ve diğ., 2019).

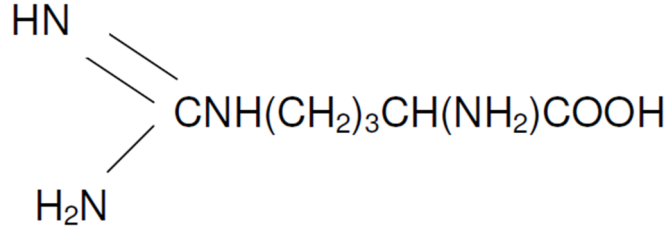
Son zamanlarda araştırmalar, kanser hücresi proliferasyonu için gerekli olan spesifik enzim metabolizmasını deregüle (azaltan) eden aminoasit metabolik enzimlerini hedef almıştır. Bu enzimler günümüzde kanser tedavisinde kullanılan önemli araçlardan biridir. Aminoasitlerin bozulması ile hem kanser hücrelerinde DNA replikasyonu engellenmekte hem de kanserin ilerlemesi durdurulmaktadır (Prajapati and Supriya, 2017). Enzimlerin substratlarına karşı gösterdikleri yüksek ilgi ve özgüllükleri, reaksiyonlarını çok hızlı bir şekilde gerçekleştirmelerinden dolayı etkili kemoterapötik ajanlar olarak kullanılmaktadır (Özalp Erenler, 2007).

1.2.1.1 Arjinin deiminaz

1.2.1.1.1 L-arjinin biyosentezi

L-arjinin, protein biyosentezinde kullanılan yarı esansiyel bir aminoasittir (Al-Koussa ve diğ., 2020). Kimyasal formülü $C_6H_{14}N_4O_2$, molekül ağırlığı 174.20 daltondur. Pozitif yüklü, bazik amino grubuna dahildir (Cansever, 2010). L-arjinin'in kimyasal yapısı Şekil 1.1'de verilmiştir. Nötral pH'ta guanidinyum grubu içeren bir proton alıcısı polar

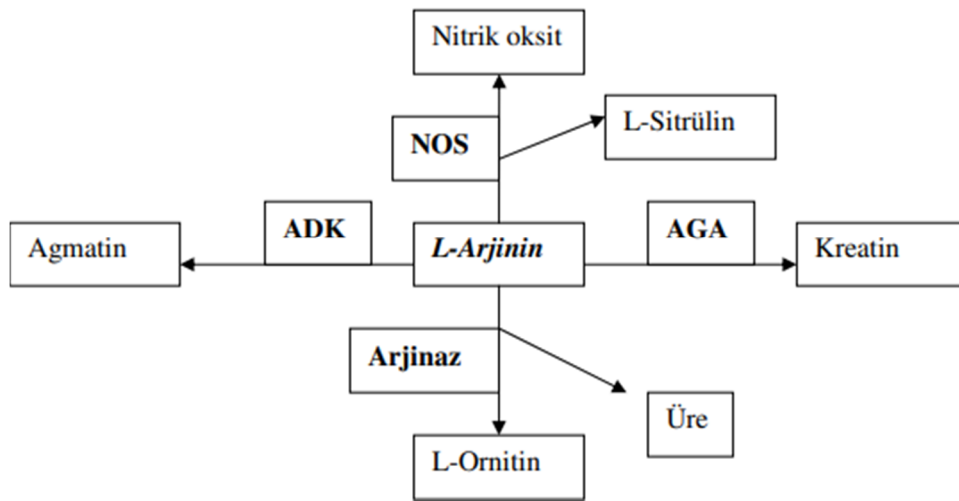
özellik taşımakta ve proteinlerin yüzeyinde yer almaktadır. D- ve L-arjinin olarak bulunan iki formundan, L-arjinin proteinlerde bulunmaktadır (Yiğit, 2015). Arjinin protein sentezine katılmakla birlikte ornitin, üre, kreatin, poliamin ve NO sentezinde de yer alan glikojenik olan bir aminoasittir (Uğurcu, 2013).



Şekil 1.1: L-arjinin'in kimyasal yapısı (Cansever, 2010).

Arjinin, besinler ile dışarıdan temin edilebileceği gibi endojen kaynaklı olarak da elde edilebilmektedir. Endojen arjinin sentezi üç yoldan gerçekleşmektedir. Bunlar; (a) sitrülinden arjinin sentezi (ince bağırsak, böbrek ve karaciğerde), (b) glutamattan arjinin sentezi ve (c) proteinlerin yıkımından arjinin oluşumu şeklindedir.

Arjinin; arjinaz ile ornitin ve üreye ayrılmaktadır. Arjinaz enziminin, Tip 1 ve Tip 2 olmak üzere iki izoformu vardır. Toplam arjinaz aktivitesinin büyük kısmını oluşturan Tip 1 arjinaz, sitozolik bir enzim olup karaciğerde üre döngüsünün bir parçası olarak yüksek düzeylerde bulunmaktadır. Tip 2 arjinaz ise mitokondriyaldır. Tip 2 arjinaz, karaciğer dışında birçok dokuda bulunur ve toplam arjinaz aktivitesinin küçük bir kısmını oluşturmaktadır.



Şekil 1.2: L-arjinin metabolizması (Cansever, 2010).

Glikojenik bir aminoasit olan arjinin, arjinaz enzimiyle ornitin ve üreye dönüşür. Bu reaksiyon karaciğerde üre döngüsünün bir parçası olarak oluşmaktadır. Ornitin transaminasyonla glutamat- γ -semialdehit üzerinden sitrik asit döngüsünün bir metaboliti ve glikoneogenez substratı olan α -ketoglutarata dönüşür. Oluşan glikoz, ihtiyaca göre karaciğer ve kasta glikojene dönüşmektedir (Yiğit, 2015). L-arjinin metabolizması Şekil 1.2’de verilmiştir.

Arjinin, üre döngüsü yolu ile amonyak detoksifikasyonu için nitrojenin taşınmasında, depolanmasında ve atılımında rol almaktadır. Arjinin eksikliğinde; saçların kırılması ve dökülmesi, musküler distrofi benzeri kas zayıflıkları, kötü yara iyileşmeleri, karaciğerde yağlanma, karaciğerde glikoz ve lipid anormallikleri görülmektedir. Arjinin fazlalığında ise mental gerilik, epileptik nöbetler gibi hastalıklar görülmektedir (Uğurcu, 2013).

1.2.1.1.2 Arjinin deiminaz ve katalitik reaksiyon mekanizması

Arjinin deiminaz (EC.3.5.3.6) (ADI), arjinini hidroliz ederek sitrülün ve amonyağa dönüştüren bakteriyel antitümör enzimdir. İlk olarak 1933 yılında *Bacillus pyocyaneus*’da bulunmuştur. 1990 yılında *Mycoplasma*’dan saflaştırılan ADI’nın antikanser özelliği olduğu keşfedilmiştir (Dhankhar ve diğ, 2019). Bu enzim insanlarda yoktur ancak *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas plecoglossicida*, *Mycoplasma arginini*, *Giardia intestinalis* gibi pek çok organizma grubunda yer almaktadır (Zhu, 2010).

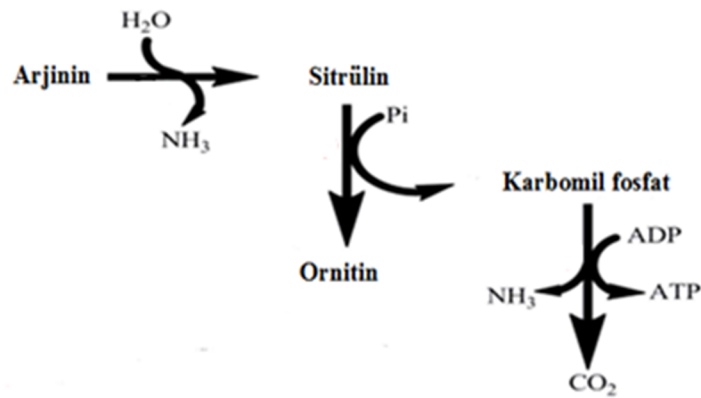
ADI yolu; arjinin deiminaz, ornitin transkarbamilaz (EC.2.1.3.3) ve karbamat kinaz (EC.2.7.2.2) enzimleri tarafından katalize edilen üç reaksiyondan oluşur (Zuniga ve diğ, 2002).

Arjinin, ilk olarak sitrülün ve amonyak oluşturmak için *arcA* tarafından kodlanan ADI tarafından hidrolize edilir. Sitrülün *arcB* tarafından kodlanan katabolik ornitin karbamiltransferaz (cOTC) yolu ile ornitine ve karbamilfosfata dönüştürülür. Son aşamada karbamat kinaz (CK); ATP, CO₂ ve amonyak üretmek üzere fosfat karbamilfosfattan ADP’ye transfer eder (Yiqian ve diğ, 2002).

ADI, pek çok mikroorganizmanın enerji kaynağını oluşturur ve amonyak salınımı nedeniyle asidik koşullar altında bakterilerin hayatta kalmasını sağlar (Dhankhar ve diğ, 2020; Zuniga ve diğ, 2002). ADI yolunda kullanılan bazı organizma grupları Çizelge 1.2’de, ADI enzimini hücre içi ve hücre dışı sentezleyen bazı organizmalar Çizelge 1.3’de ve Prokaryotlarda ADI yolağı Şekil 1.3’de verilmiştir.

Çizelge 1.2: ADI yolunda kullanılan bazı organizma grupları

Prokaryotlar
<i>Lactobacillus</i> spp.
<i>Lactococcus</i> spp. (Patil ve diğ, 2019)
<i>Listeria monocytogenes</i>
<i>Mycoplasma arginini</i>
<i>Mycoplasma hominis</i> (Han ve diğ, 2016)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ve diğer <i>Pseudomonas</i> spp.
<i>Staphylococcus</i> spp.
<i>Streptococcus</i> spp.(Lindgren ve diğ, 2014)
Arkeikler
<i>Halobacterium salinarum</i> (Han ve diğ, 2016)
Protozoa' lar
<i>Chlorella</i>
<i>Coccomyxa</i>
<i>Giardia intestinalis</i>
<i>Hexamita inflate</i>
<i>Mastigamoeba</i>
<i>Pygsuia</i>
<i>Trichomonas vaginalis</i>
<i>Trichomonas fetüs</i> (Kawatra ve diğ, 2022)
Funguslar
<i>Aspergillus fumigatus</i>
<i>Aspergillus nidulans</i> (Kawatra ve diğ, 2022)



Şekil 1.3: Prokaryotlarda ADI yolu (Zarei ve diğ, 2019).

Çizelge 1.3: ADI enzimini hücre içi ve hücre dışı sentezleyen bazı organizmalar (Uysal, 2021).

Hücre içi üreten organizmalar	Hücre dışı üreten organizmalar
<i>Mycoplasma arginini</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Pseudomonas putida</i>
<i>Pseudomonas frukawaii</i> RS3	<i>Vibrio alginolyticus</i>
<i>Pseudomonas plecoglossicida</i>	<i>Mycoplasma hominis</i>
<i>Enterococcus faecalis</i> SK32.001	<i>Halobacterium salinarium</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Streptococcus rattus</i>
<i>Streptococcus pyogenes</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>
<i>Lactococcus lactic spp.</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>Halobacterium salinarium</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> SK32.001

1.2.1.1.3 Arjinin deiminaz'ın antitümör uygulaması

ADI, hepatoselüler karsinom ve melanomlar gibi arjinin oksotrofik tümörlerin tedavisinde antitümör ilaç olarak kullanılmaktadır (Zhu, 2010). Ayrıca lenfoma, glioblastoma, prostat, pankreas, baş ve boyun, meme kanseri gibi pek çok kanser çeşitlerinde de aktif olarak kullanılmaktadır (Jahani ve diğ, 2018). Memeliler hariç bakteriler, arkeikler ve bazı ökaryotlarda farklı ADI genleri tanımlanmış, saflaştırılmış ve karakterize edilmiştir. İlk olarak lösemi hastalıklarında antikanser ajanı olarak ADI enziminin izolasyonu için *Pseudomonas putida* kullanılmış ancak spesifik aktivitesi *in vivo* olarak tanımlanamamıştır. Daha sonra Takaku ve arkadaşları (1995) hem *in vitro* hem de *in vivo* olarak yetişkin tümör hücre dizilerinin büyümesinin engellemek için *Mycoplasma*'dan saflaştırılan ADI kullanmıştır. Gong ve arkadaşları (2000) hücre döngüsü durması ve apoptoz yolu ile mikoplazmal ADI enzimlerinin antianjiyogenik etki ve tümör büyüme özelliklerini inhibe ettiğini göstermiştir (Karatepe, 2012).

1.3 Biyoplastikler

Biyomateriyaller, birçok organizma tarafından farklı çevresel koşullar altında sentezlenen ve kimyasal özellikleri birbirlerinden bağımsız olan ürünler olarak tanımlanmaktadır. Biyomateriyallerin önemli gruplarından birisi mikroorganizmalar aracılığıyla elde edilen biyoplastikler veya organik plastikler olarak adlandırılan polihidroksialkanoatlardır (Kartal, 2018).

1.3.1 Polihidroksialkanatlar (PHA)

PHA'lar; oksijen, azot, fosfor gibi maddelerin sınırlı olduğu koşullarda pek çok mikroorganizma tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak sentezlenen ve depolanan granül yapıları poliestesterlerdir. Biyolojik yollar ile tamamen parçalanabilen polimerlerdir (Türe, 2019). Başka bir ifade ile bakteriyel polihidroksialkanoatlar, çevresel strese tepki olarak prokaryotlar tarafından sitoplazmik inklüzyon cisimleri olarak üretilen ve depolanan çevre dostu olmaları nedeniyle petrol bazlı polimerlerin alternatifleri olarak tanımlanabilmektedir (Aryaraj ve Pramitha, 2021). PHA'lar, 140'tan fazla kiral R-hidroksikarboksilik asitten (R-HA'lar) oluşan bir poliestester ailesidir. R-hidroksiasitler (R-HA'lar) bir kiral merkez ve kolayca değiştirilebilir iki fonksiyonel gruba (–OH ve –COOH) sahiptir (Gowda U.S ve Shivakumar, 2015). Ayrıca PHA, zengin yapı çeşitliliğine sahiptir. Ayrıca, 3-5 karbon atomlu, kısa zincir uzunluklu (SCL) tekrarlayan monomerleri vardır (Li ve diğ, 2019).

1.3.1.1 Poli - β - (3) Hidroksi Bütirat (PHB)

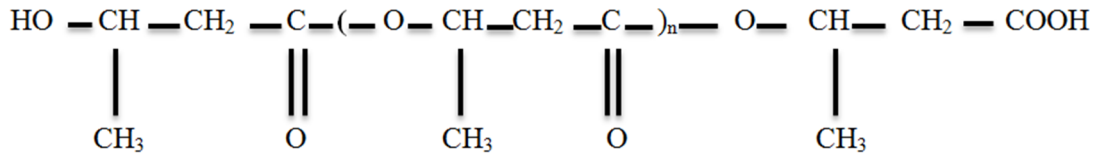
1.3.1.1.1 PHB'nin fiziksel ve biyokimyasal özellikleri

PHB, kısa zincirli, β - hidroksi yağ asitlerini içeren, prokaryotik canlıların membranla çevrili hücre içi depo maddesi olan ve tekrarlanan hidrofobik birimlerden oluşan uzun bir polimerdir (Yüce, 2014). PHB, polipropilenin özelliklerine benzer mekanik özelliklere sahip olduğu için PHA'nın en temel polimerlerinden biri olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca PHB, biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik değildir (Yousif, 2018).

PHB, hücreden organik çözücülerle ekstrakte edildikten sonra yüksek kristal formuna sahip olur fakat basınca dayanıklı olmayan, kırılğan bir yapıdır. Erime sıcaklığı 157-188 °C arasındadır. Yan zincirinde bir metil grubu bulunan PHB'nin genel formülü $(C_4H_6O_2)_n$ şeklindedir. Optikçe aktif D (-) - 3- hidroksi bütirik asidin makromoleküler bir polimeridir.

PHB, genellikle küre şeklinde ve granül çapı 100-800 nm arasındadır. Bunlar; 2-4 nm kalınlığında, üniter olmayan lipid ve proteinden oluşan bir membrana sahiptir. Granüllerin yaklaşık % 98'i PHB, % 2'si proteinden oluşmaktadır (Yüce, 2014). Faz kontrast veya elektron mikroskobu kullanıldığı zaman bakteriyel hücrelerde PHB granüllerini görmek mümkündür (Yılmaz ve Beyatlı, 2003).

PHB, kloroform ve diğer klorlu hidrokarbonlarda çözünebilmektedir. Erimiş halleri diğer sentetik polimerlere oranla daha yapışkan bir özelliktedir. Doğaya bırakıldıklarında biyolojik olarak kısa sürede parçalanabilmektedir. Parçalanma olayı aerobik ortamda CO₂ ve H₂O'ya kadar, anaerobik ortamda CH₄ ve H₂O'ya kadar gerçekleşmektedir (Kartal, 2018). Polimerin molekül ağırlığı, bakterinin türüne bağlı olmasıyla birlikte büyüme koşulları ve hücrenin yaşam döngüsündeki yerine göre de değişebilmektedir (Yılmaz ve Beyatlı, 2003). PHB'nin kimyasal yapısı Şekil 1.4.'de verilmiştir.



Şekil 1.4: PHB'nin kimyasal yapısı (İlhan Baysak, 2008).

Asit ve baz uygulamalarına karşı zayıf bir dirence sahiptir. PHB'nin moleküler ağırlığı; 60–2.000 kDa arasında değişmektedir (Tamdoğan, 2008).

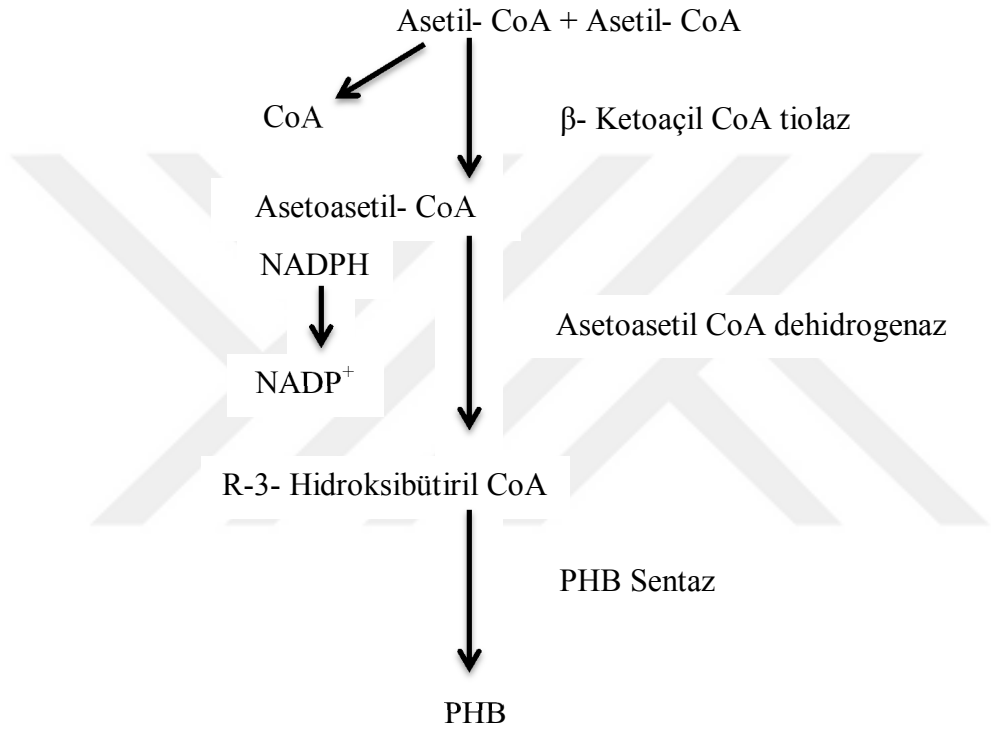
1.3.1.1.2 Mikroorganizmalarda PHB sentezi

PHB, pek çok mikroorganizma tarafından karbon kaynağının fazla olduğu fakat N, P, S, O veya Mg gibi besleyici, temel elementlerin sınırlandırıldığı koşullarda karbon ve enerji rezervi olarak biriktirilen bir depo materyalidir. Bu polimer, esas olarak glikoz ve nişasta gibi karbon kaynaklarının asimilasyonu sonucu açığa çıkan bir üründür. Diğer enerji kaynaklarının bulunmadığı koşullarda PHB, mikroorganizmalar tarafından metabolize edilerek gerekli enerji ihtiyaçları sağlanmaktadır (Kartal, 2018).

PHB sentezi üç enzim reaksiyonundan oluşmaktadır.

- Birinci reaksiyonda iki Asetil-CoA molekülünün, β-ketoasil CoA tiolaz enzimi (asil-CoA + asetil-CoA'daki substratların tiolitik ayrılmasını içeren enzim ailesinin bir üyesidir. Yüksek ökaryotlarda, mayalarda ve prokaryotlarda doğal olarak bulunmaktadır) ile Asetoasetil CoA'ya dönüştürülmektedir.
- İkinci reaksiyonda Asetoasetil CoA'nın NADPH bağlı bir Asetoasetil CoA dehidrogenaz ile R-3 Hidroksibütiril CoA'ya indirgenmektedir.
- Üçüncü reaksiyonda R-3 Hidroksibütiril CoA monomerleri PHB sentaz tarafından, PHB'ye polimerize olmaktadır (İlhan Baysak, 2008).

PHB, biyosentez yolunda tiolaz ve dehidrogenaz enzimleri tarafından katalizlenen reaksiyonlar polimerizasyon için monomer sağlamaktadır (Yılmaz ve Beyatlı, 2003). Mikroorganizmalarda PHB sentez yolu Şekil 1.5'te verilmiştir. PHB sentezleyen bazı organizmalar; *Nostoc muscorum*, *Oscillatoria okeni* TISTR 8549, *Scytonema geitleri*, *Synechocystis* spp (Duangsri ve diğ, 2020), *Aeromonas hydrophila*, *Alcaligenes* spp, *Burkholderia sacchari*, *Clostridium* spp, *Corynebacterium* spp, *Pseudomonas* spp, *Rhodopseudomonas palustris*, *Staphylococcus* spp ve *Streptomyces* spp türleridir (Dut, 2015).



Şekil 1.5: Mikroorganizmalarda PHB sentez yolu (İlhan Baysak, 2008).

1.3.1.1.3 PHB'nin kullanım alanları

PHB, kolay şekil alabilmekte ve parçalanabilme özelliğine sahip olduğundan paketleme malzemesi olarak kullanılmaktadır. Tıraş bıçağı, mutfak malzemeleri, şampuan şişeleri, krem öncülleri üretimi ve gıdalardaki unun dağılımını sağlayan ajanların üretiminde önemli bir işlev görmektedir. Buna ilaveten PHB biyolojik uygunluğu ve maliyetinin azlığından dolayı tıp ve eczacılık alanında da kullanılmaya başlanmıştır (Dinigüzel, 2007). PHB'nin vücut içinde biyolojik parçalanması yavaştır ve insan vücudu, PHB depolimeraz enzimine sahip değildir. Bu özelliğinden dolayı; pansuman sargısı, cerrahi dikişler, eldiven, önlük, maske, yapay kan damarları, protezler, ortopedik plaka, çubuk, vida ve iğneler gibi cerrahi malzemelerin yapımında kullanılmaktadır.

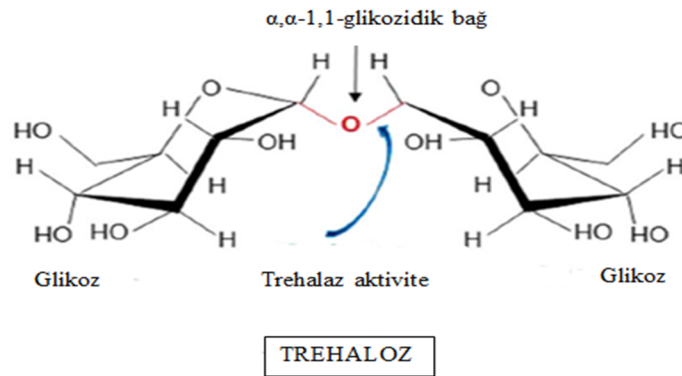
Veteriner hekimliğinde, ilaçların salınımı için biyolojik parçalanabilen bir matriks olarak PHB'nin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bir yıl boyunca hayvanların kurtlanmasını önlemek amacıyla antihelmitik ilaç içeren PHB'nin büyük kapsülleri yapılarak onların parazitlenmesi engellenmiştir. Ziraat alanında toprakta biyoparçalanma gerektiren uygulamalar için uygundur. PHB, bazı kimyasalların elde edilmesinde de kullanılmaktadır. Endüstriyel alanda, kalıp yapımı, sıkıştırılmış film ve bazı fibrillerin geliştirilmesinde de kullanılmaktadır (İlhan Baysak, 2008).

1.4 Trehaloz

1.4.1 Trehaloz ile ilgili genel bilgiler

Şekerler, hayatın temelini oluşturmaktadır ve polisakkarit olarak bağlandıkları zaman daha uzun vadeli bir enerji deposu olarak görev yapmaktadır. Trehaloz, koruyucu işlevi olan ve kararlı molekül şeklinde çözünerek enerji kaynağı olarak kullanılır (Paul ve diğ, 2008).

Trehaloz, ilk olarak 1832 yılında H.A. Wiggers tarafından *Claviceps purpurea* adlı bir mantarın neden olduğu çavdar mahmuzu hastalığına yakalanmış çavdar bitkisinin öz suyunda bulunmuştur. 1859'da Berthelot, trehalozu buğday bitkisinin üretmiş olduğu bir madde olan Trehala manna'dan izole etmiştir (İlhan, 2012). Trehaloz, α, α - (1,1) glikozidik bağlarla bağlı, 2 molekül glikozdan oluşan, indirgenmeyen bir disakkarit şekerdir (Suthisawat ve diğ, 2020).



Şekil 1.6: Trehaloz'un kimyasal yapısı (Lee ve diğ, 2018).

Trehaloz, beyaz kristal şeklinde ve zayıf bir tatlılığa sahiptir. Moleküler formülü $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 2H_2O$ ve moleküler ağırlığı 378.33 g/mol'dür. Toksik değildir ve kararlı bir kimyasal özelliğe sahiptir. Trehalozun iç hidrojen bağı olmaması nedeniyle molekül

hidrofilik özellik kazanmaktadır (Akıncı, 2019; Song ve diğ, 2021). Bununla birlikte misel mantarlarında kendisi ve birkaç fosfolipid molekülü arasında hidrojen bağlarının oluşumuyla lipid çift katmanını stabilize edebilmektedir (Yan ve diğ, 2021). Trehalozun kimyasal yapısı Şekil 1.6’da verilmiştir.

Trehaloz, daha düşük yapıllı organizmalarda önemli bir enerji kaynağıdır. Çeşitli böceklerin kanat hücrelerinde bulunur ve uçuş için enerji sağlar. *Mycobacteria*’da ise glikolipitlerin temel komponentini oluşturur. Buna ilaveten *Nocardia*, *Rhodococcus* ve *Corynebacterium* türlerinin hücre duvarının glikolipit yapısında da trehaloz bulunmaktadır (Avonce ve diğ, 2006). Başlangıçta bir stok karbonhidratı olarak bilinmekte iken daha sonraki yapılan çalışmalarda yüksek seviyede hidroksil grubuna sahip olması nedeniyle dehidratasyon, sıcak şok, osmotik stres, azot ve sülfür açlığı gibi stres koşullarında biriktiği ve bu koşullara karşı organizmayı koruduğu tespit edilmiştir (Karaca Gençler, 2012).

Trehalozun oksidatif stres koruması, inflamasyonun önlenmesi, protein denatürasyonunun inhibisyonu ve nörodejenerasyon gibi çeşitli fizyolojik durumlarda birçok role sahip olduğu belirtilmiştir. Trehaloz, çeşitli mekanizmaları hedef alarak kanser için güçlü bir inhibitör olduğu öne sürülen önemli bir doğal bileşiktir. Enflamasyonu ve oksidatif stresi azaltır. Otofajiyi ve apoptozu artırır ve kanser hücrelerinin çoğalmasını engeller (Chaitanya ve diğ, 2021).

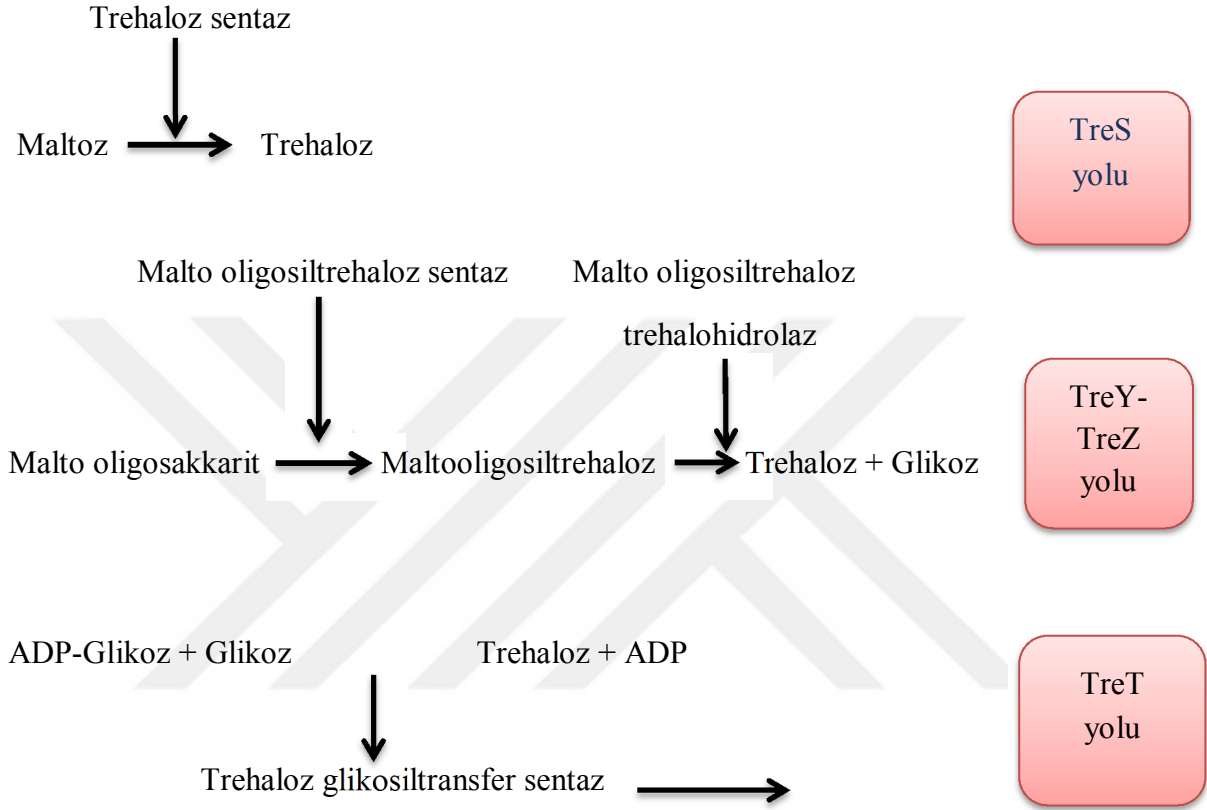
1.4.2 Prokaryotlarda trehaloz sentezi

Bakteriyel trehaloz metabolizması ısı, sıcaklık, soğukluk, oksidatif ve osmotik stres toleranslarına katkıda bulunmaktadır ve bazı *Mycobacteria* türlerinin önemli hücre membran bileşimini oluşturmaktadır (MacIntyre ve diğ, 2020).

Prokaryotlarda trehaloz sentezi üç yoldan gerçekleşmektedir.

- Birinci yolda trehaloz-6-fosfat; trehaloz-6-fosfat sentaz enzimi ile UDP-Glikoz + Glikoz-6-fosfat sentezlenmektedir.
- İkinci yolda trehaloz-6-fosfat’ın hidroliz edildiği TPS-TPP yoldur. Bu yolda Maltooligosil trehaloz sentaz (TreY) ve maltooligosil trehaloz trehalohidrolaz (TreZ) adlı iki enzimli sistem yer almaktadır. Bu yolda maltooligosil trehaloz, TreY tarafından maltooligosakkaritler veya glikojenden sentezlenmektedir.
- Üçüncü yolda maltooligosiol trehaloz, TreZ tarafından trehaloza dönüştürülmektedir. Çoğunlukla bakterilerde bulunan üçüncü yolda maltoz

ve trehalozun tersinir dönüşümüne katalize eden trehaloz sentaz (TreS) adlı tek bir enzim kullanılmaktadır. Bu yol basit reaksiyon düşük substrat maliyeti ve yüksek dönüşüm veriminden dolayı trehaloz üretiminde önemlidir (Gao ve diğ, 2013). Prokaryotlarda trehaloz sentezi Şekil 1.7’de verilmiştir.



Şekil 1.7: Prokaryotlarda trehaloz biyosentez yolu (Paul ve diğ, 2008).

1.4.3 Trehalozun canlılardaki yeri ve önemi

Plazma zarının bütünlüğünü korur ve fosfolipidlerin polar baş gruplarına bağlanarak, hasar sırasında proteinleri doğal hallerinde stabilize eder. Denatüre proteinlerin agregasyonunu bastırarak şaperon olarak işlev görür (Trevisol ve diğ, 2011). Trehalozun hücrelerde birçok fizyolojik rolü bulunmaktadır; yüksek sıcaklık, donma, düşük dehidrasyon, yüksek ozmotik basınç ve yüksek etanol konsantrasyonu gibi olumsuz koşullara karşı hücresel bileşenlerin direncini artıran etkili bir koruyucudur (Chi ve diğ, 2010).

Canlı organizmalar, hormonal düzenleme ve metabolik homeostaz yoluyla çevresel değişikliklere uyum sağlar. Şekerler, ATP ve karbon kaynaklarının metabolik üretiminde

kullanılır. Böceklerde kan şekeri, trehaloz olarak depolanmakta ve böylece glikozu düşük seviyelerde tutmaktadır (Yasugi ve diğ, 2017). Trehaloz günlük hayatta; gıda kalitesini iyileştirmede, nemlendirici gibi kozmetik ürünlerin temel bir bileşeni ve transplantasyonda aktif bir koruyucu ajan olarak kullanılmaktadır (Qiao ve diğ, 2020).

1.4.4 Trehaloz üreten bazı organizmalar

Trehalozu üreten bazı organizmalar Çizelge 1.4’de verilmiştir.

Çizelge 1.4: Trehaloz üreten bazı organizmalar

Siyanobakteriler
<i>Arthrospira maxima</i> CS-328
<i>Anabaena variabilis</i> ATCC29413
<i>Cyanothece</i> sp. PCC7424
<i>Cyanothece</i> sp. PCC8801
<i>Crocospaera watsonii</i> WH8501
<i>Microcoleus chthonoplastes</i> PCC7420
<i>Nodularia spumigena</i> CCY9414
<i>Nostoc</i> sp. PCC7120
<i>Nostoc punctiforme</i> PCC73102 (Gülbenzer ve Ökmen, 2012).
Bakteriler
<i>Azospirillum</i>
<i>Rhizobium</i>
<i>Pseudomonas</i>
<i>Pseudomonas putida</i>
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (De La Fuente ve diğ, 2007).
Arkeikler
<i>Crenarchaeota</i> ,
<i>Pyrobaculum</i>
<i>Sulfolobales</i>
<i>Thermoproteus</i> (Stracke ve diğ, 2020).
Funguslar
<i>Cryptococcus neoformans</i> (De La Fuente ve diğ, 2007).

1.4.5 Trehalaz

Trehalaz (TreH, α,α -trehaloz-1-C-glukohidrolaz, EC. 3.2.1.28), trehalozun glikoza dönüşümünü katalize eden ve 2 mol glikoz açığa çıkaran glikozit bir hidrolaz enzimidir. Hayvanlar, bitkiler ve bazı mikroorganizmalarda yaygın olarak bulunur. Bu enzim; mantar sporlarının çimlenmesi, böceklerin uçuşunun sağlanması, hücresel lokalizasyon gibi

fizyolojik süreçlerde önemli rol oynar (Chrungu ve diğ, 2017; Sode ve diğ, 2001; Tellis ve diğ, 2019).

Trehalaz, nötral pH'a sahip sitoplazmada veya 4.5 pH'a sahip vakuolde yer alır ve pek çok prokaryotik, ökaryotik canlı organizmalarda saptanmıştır (İlhan, 2012). Bu enzimi üreten bazı organizmalar; *Acidobacterium capsulatum*, *Escherichia coli*, *Lentinula edodes*, *Saccharomyces cerevisiae*'dir (Kord ve diğ, 2013; Boos ve diğ, 1987).

1.5 Çalışmada Kullanılan Karbon Kaynakları ile İlgili Genel Bilgiler

Karbon-Oksijen çift bağı (C=O) içeren yapılara karbonil gruplar denilmektedir. Bu karbonil grubunun karbonuna en az bir H atomu bağlı ise aldehit ve karbonil grubunun karbonuna bağlı iki alkil veya aril grubu varsa keton olarak adlandırılmaktadır (Erer, 2019). İndirgen şeker, bazik çözeltide aldoz veya ketoz şekerlerini oluşturur. Çalışmamızda kullanılan karbon kaynaklarından aldoz grubundakiler; dekstroz, glikoz, ksiloz, maltoz, ramnoz, riboz'dur. Ketoz grubunda ise fruktozdur. Ancak sükroz yapısında hem aldehit (glikoz) hem de ketoz (fruktoz) grubu bulundurduğundan indirgen bir şeker değildir.

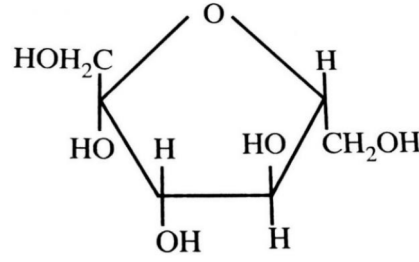
1.5.1 D- Dekstroz

Dekstroz ($C_6H_{12}O_6$), glikoz ile aynı karbon sayısına ve kapalı formülüne sahip bir şekerdir. Susuz-D-dekstroz, mono-hidrat D-dekstroz ve susuz- β -dekstroz olmak üzere üç tip kristal yapıya sahiptir. Susuz- β -dekstroz yapısı, diğerlerine kıyasla hızlı çözünebilme ve ayrıca soğuk suda daha iyi çözünebilme yeteneğine sahiptir (Mise ve Tomimura, 1981).

1.5.2 D-Fruktoz

Fruktoz, yapısal olarak glikoz ile aynı kimyasal formüle sahip ($C_6H_{12}O_6$) fakat glikozda birinci karbondaki aldehit grubu yerine ikinci karbonunda keton grubuna sahip bir monosakkarittir (Aksoy ve diğ, 2016). Tüm karbonhidratlar içerisinde en yüksek tatlılık oranına sahip olan fruktoz meyvelerde ve balda doğal olarak bulunur (Yılmaz ve Yılmaz, 2019). Fruktoz, sükroz şekerinden 1.73 kat daha tatlıdır. Fakat bu durum fruktozun beş halkalı formu için geçerlidir. 6 halkalı formunun sükrozdan tat olarak fazla farkı yoktur. Glikozla aynı enerji yüküne sahiptir ve fruktoz diğer şekerlere göre daha fazla nem tutucudur. Bu özelliğinden dolayı içinde kullanıldığı besin maddelerine kalite, yumuşaklık ve uzun raf ömrü sağlamaktadır. Bununla birlikte içinde bulunduğu meyvelerin hücre

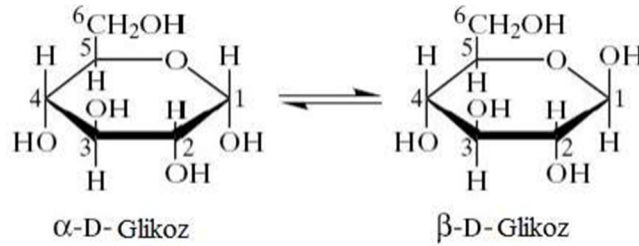
duvarlarının bütünlüğünü koruyarak onları donmaya karşı dayanıklı bir hale getirmektedir (Yılmaz ve Yabancı Ayhan, 2019). D-fruktoz'un kimyasal yapısı Şekil 1.8'de verilmiştir.



Şekil 1.8: D-fruktoz'un kimyasal yapısı (Tarhan, 2017).

1.5.3 D-Glikoz

Glikoz; $C_6H_{12}O_6$ kapalı formülüne sahip, aldehit grubunda yer alan, karaciğer ve kaslarda glikojen şeklinde depolanan, orta derecede tatlı ve suda çözünebilen monosakkarittir (Tarhan, 2017). Moleküler ağırlığı 180.157 g/mol'dür. D-glikoz (doğal glikoz) doğada α -glikoz ve β -glikoz izomerleri şeklinde iki farklı halkalı formda bulunabilmektedir (Gülderen, 2016). Bir aldöz şekeri olan D-glikoz karaciğerde glikojen olarak depolanma, nükleik asitlerde bulunan riboz, glikolipite, glikoproteine, proteoglikana (çokça glikozillenmiş olan özel bir glikoprotein sınıfı) dönüşebilmektedir. (İlaslan, 2014). D-glikoz molekülünün halkasal yapısı Şekil 1.9'da verilmiştir.

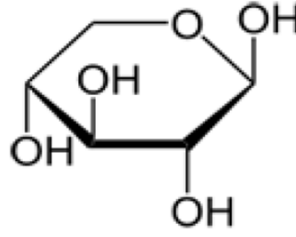


Şekil 1.9: D-glikoz molekülünün halkasal yapısı (Gülderen, 2016).

1.5.4 D-Ksiloz

$C_5H_{10}O_5$ kapalı formülüne sahip, tatlı bir karbon kaynağıdır. Kompleks polisakkaritlerin yapıtaşı olarak bulunmaktadır (Tarhan, 2017). Bitki dokularında genellikle ksilanın bileşiminde bulunmakta ve ksilanın hidrolizasyonu ile üretilmektedir (Halıcı, 2013). Odun şekeri olarak da bilinen ksiloz, hem otsu hem de odunsu bitki lignoselülozlarında fermente edilebilmektedir ve glikozdan sonra yaygın olarak bulunan monosakkarittir. Lignoselülozik bitki hücre duvarlarında genellikle ksilan formundadır ve

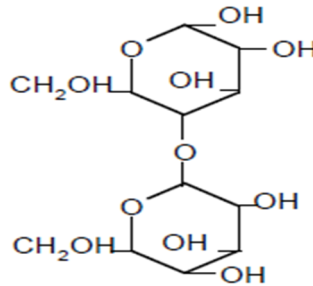
enzimatik işlemler ile lignin kısmından ayrılarak monomerik birimlere dönüştürülebilir (Fındık, 2017). D-ksiloz'un kimyasal yapısı Şekil 1.10'da verilmiştir.



Şekil 1.10: D-ksiloz'un kimyasal yapısı (Tarhan, 2017).

1.5.5 D-Maltoz

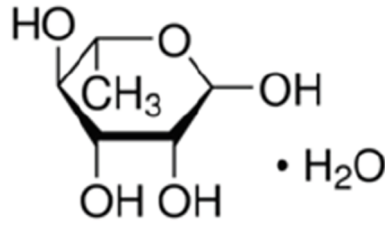
İki glikoz biriminin α (1-4) O-glikozidik bağ ile bağlanan doğal bir disakkarittir. Doğada serbest halde bulunmayıp, nişastanın hidrolizi ile parçalanması sonucu oluşmaktadır. Maltoz, molekül yapısında serbest halde yarı asetal hidroksil bulundurur ve bunun sayesinde Fehling çözeltisindeki Cu^{2+} 'yi Cu^+ 'e indirgeyebilmektedir. Fehling çözeltisine karşı pozitif reaksiyon verebilmesi bu şekere indirgen özellik kazandırır (Yenil ve diğ, 2009). D-maltoz'un kimyasal yapısı Şekil 1.11'de verilmiştir.



Şekil 1.11: D-maltoz'un kimyasal yapısı (Arıcı, 2017).

1.5.6 L-Ramnoz

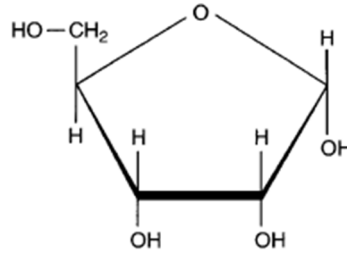
L-ramnoz (6-deoksi-l-mannoz) doğada bol miktarda bulunan bir deoksi şekerdir. Bitkilerde pektinin ve Gram (-) bakterilerde lipopolisakkaritlerin temel bileşenidir (Reinhardt ve diğ, 2019). Bu aldoz şeker, mikobakteriyel hücre duvarlarının önemli bir bileşenini oluşturur (Korndörfer ve diğ, 2000). Ramnolipitlerin (*Pseudomonas aeruginosa* tarafından üretilen glikolipit yapısında biyosülfektanlar) yapısında yer alır ve bu yapılara hidrofilik özellik kazandırır (Kahyaoğlu ve Konar, 2006). L-ramnoz monohidrat'ın kimyasal yapısı Şekil 1.12'de verilmiştir.



Şekil 1.12: L-ramnoz monohidrat'ın kimyasal yapısı (Kahraman, 2019).

1.5.7 D-Riboz

Riboz; $C_5H_{10}O_5$ kapalı formülüne ve H - lineer forma $((C=O)-(CHOH)_4-H)$ sahip, doğada bol miktarda bulunan, aldo-pentoz grubu şekeridir ve ribonükleozitler, ATP, nikotinamid adenin dinükleotit fosfat (NADP) gibi çeşitli organik veya inorganik bileşiklerde temel bir bileşen olarak çeşitli biyolojik fonksiyonların kontrolünde ve düzenlenmesinde görev alır (Hu ve diğ, 2011). Riboz, RNA sarmalında bir ağ zinciri geliştirir, kalıtsal bilgiyi iletir ve üç boyutlu yapı için baz çiftleri sağlar (Mahmood ve diğ, 2020). D-riboz'un kimyasal yapısı Şekil 1.13'te verilmiştir.

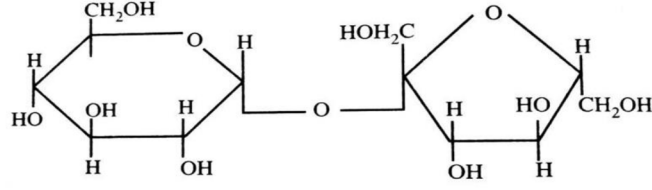


Şekil 1.13: D-riboz'un kimyasal yapısı (Wulf ve Vandamme, 1997).

1.5.8 D-Sükroz (Sakkaroz)

Sükroz; $C_{12}H_{22}O_{11}$ kapalı formuna sahip, 1mol glikoz ve 1 mol fruktozun birleşmesinden oluşan bir disakkarittir. Sakkaroz şekeri yapısından dolayı direkt olarak fermentasyon işlemlerinde kullanılamamaktadır. Sakkarozun enzimatik ya da kimyasal yolla parçalanması olayına inversiyon, işlem sonucu elde edilen karbon kaynağına da invert şeker denilmektedir.

Saf sakkaroz; kristal yapılı, beyaz renkli, tatlı ve kokusuzdur (Tarhan, 2017). Sükroz, aldehit ve keton gruplarının birleşiminden oluştuğu için indirgeyici değildir ve hidroliz edilebilmektedir. Buna ilaveten hidrojen bağlarını fosfat grupları ya da membran fosfolipitleri ile düzenleyerek hücre zarını sağlamlaştırır (Uçan, 2014). D-sükroz'un kimyasal yapısı Şekil 1.14'de verilmiştir.



Şekil 1.14: D-sükroz'un kimyasal yapısı (Tarhan, 2017).

1.6 Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar ve Genel Özellikleri

1.6.1 *Bacillus cereus*

- *Bacillus* cinsi, Gram (+), aerobik veya fakültatif anaerobik, endospor oluşturabilen, çubuk şeklinde bir bakteridir (Marangoz ve diğ., 2018). *Bacillaceae* familyasına dahil, çoğunlukla mezofilik fakat psikrotrofik ve termofilik türleri bulunan mikroorganizmalardır (Turan, 2016),
- Kemoorganotrofikler ve fermentasyon ya da oksijenli solunum metabolizmasına sahiptir. Genellikle katalaz (+)'tir ve geniş bir habitat aralığı bulunmaktadır (Kurt, 2006). Birçok *Bacillus* türünde hücre duvarı mezodiaminopimelik asitten meydana gelir. Trypticase soy agar, Nutrient agar, kanlı agar ve Brain Heart Infusion besi ortamlarında üreyebilmektedir. Bazı türleri (*B. subtilis*, *B. anthracis*, *B. megaterium* ve *B. licheniformis*) polipeptit yapıda kapsül geliştirmiştir (Aşula, 2019),
- *Bacillus* cinsi, 34 tür ve çok sayıda alt türden oluşan çok büyük bir gruptur. Çoğu basil saprofittir. Tek veya gruplar halinde gelişebilmektedir. Genellikle beyaz veya krem renkli kolonilere sahiptir. Bununla birlikte bazı türlerinde sarı, pembe, portakal rengi ve siyah renklerde pigmentli kolonileri görmek de mümkündür,
- Antibiyotik, enzim ve toksin üretimi gibi özellikleri ve kolay üretilibilmelerinden dolayı bakteriler arasında dikkat çekmektedir. *Bacillus* türlerinin çoğu zararsız, izolasyonu ve teşhisi kolay, hızlı büyümesinden dolayı kısa fermentasyon süresine sahiptir (Abdou, 2019). *Bacillus*'ların bazı türleri (örneğin; *Bacillus cereus*) proteolitik özellik göstermektedir. Bu aktif proteolitik türler genellikle ekşileştirilmeden pıhtılaştırılmış süt ürünlerinde kullanılmaktadır,

- *Bacillus* türleri çeşitli hidrolitik enzimler üretebilmekte ve salgılamaktadır. Bu nedenle *Bacillus* cinsindeki mikroorganizmalar, endüstriyel alanda α -amilaz, proteaz, glukanaaz, glukoz izomeraaz ve endonükleaz gibi enzimlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ahmetoğlu, 2011),
- *Bacillus cereus*; *Bacillaceae* familyasında ve *Bacillus* genusu içerisinde bulunan, aerob-fakültatif anaerob, endospor oluşturabilen, Gram (+) toprak bakterisidir. 0.5-2.5 μm genişliğinde, 1.2-10 μm uzunluğundadır. Çomak şekilli, mikroskop altında çift ya da kısa filamentöz şekillerde görülmektedir (Ün, 2020),
- 28-35 °C sıcaklık değerlerinde ve 4.9-9.3 pH aralığında iyi gelişebilmektedir (Çürek, 2020),
- *B. cereus* sporları, farklı çevre koşullarına (nem, pH, sıcaklık vb.) karşı direnç göstermektedir. Sporları, hidrofobik özelliğe sahip olduğundan yüzeylere yapışma eğilimindedir (Çöl, 2014). Ayrıca *B. cereus*, biyofilmlerde spor oluşturabilme yeteneğine sahiptir (Özlük Çilak ve Halkman, 2018).

1.6.2 *Escherichia coli*

- *Enterobacteriaceae* ailesi *Proteobacteria* şubesinin *Gammaproteobacteria* sınıfında bulunmaktadır. Üyeleri Gram (-), oksidaz (-), katalaz (+), sporsuz, çubuk şeklinde, aerob ve fakültatif anaerob bakterilerdir. Birçoğu hareketli olup peritriş flagellaya sahiptir (Erik, 2020),
- 2-3 μm boyunda, 0.3-1.0 μm eninde, uçları yuvarlak görünümlü, çomak şekillidirler. Aside dirençli boyanmazlar ve spor oluşturmazlar (Kılıç, 2013),
- *Enterobacteriaceae* ailesinin tümü glikozu aerobik ve anaerobik ortamda hem asit hem de gaz oluşturarak fermente edebilmektedir. Birçoğunda pigment olmamasına rağmen bazıları kırmızı ve sarı pigment oluşturabilmektedir. Katı besi ortamında; S (Düz), M (kapsüllü) veya R (avirulan) tipi koloni meydana getirirler (Erik, 2020),
- *Escherichia* cinsleri insan ve hayvan bağırsaklarında yaygın olarak bulunan Gram (-) bakterilerdir,

- *E. coli*, çubuk şeklinde, fakültatif anaerob, Gram (-), kanlı agarda β - hemoliz yapabilen mikroorganizmadır,
- Optimal üreme ısısı 37 °C'dir. Mac Conkey agarda genellikle laktozu fermente etmekte ya da çökmüş safra tuzları etrafında pembe renkli koloniler oluşturmaktadır,
- İnsan ve hayvan bağırsak yolunda genellikle ishale veya bağırsak mukozasını bozarak hemolitik üremik sendroma neden olmaktadır (Dündar, 2019).

1.6.3 *Pseudomonas aeruginosa*

- *Pseudomonas* cinsi bakteriler, *Pseudomonadaceae* familyasına ait mikroorganizmalardır. Bu bakterilerin çoğu toprakta, suda ve havada bol miktarda bulunmaktadır. Gelişimleri için gerekli gelişim faktörleri ve vitaminleri sentezleyebilmektedir. Aerobik olmalarından dolayı gıdaların yüzeylerinde hızlı gelişebilmekte ve bunun sonucunda okside ürünler ve mukoz madde oluşturmaktadır. Bazı türleri proteolitik ve lipolitik aktivite göstermektedir (Ataei, 2019),
- *Pseudomonas aeruginosa*; hayvanlarda, bitkilerde ve insanlarda ciddi enfeksiyonlara neden olan, 1.5-3 μ m boyutunda, bir ya da iki tane polar flagellaya sahip, çubuk şeklinde, aerob, Gram (-), kapsülsüz, spor oluşturmayan patojen bakteridir (Karaderi, 2016),
- Kolay boyanır. Bazen ikili bazen de kısa zincirler halinde görülmektedir (Ataei, 2019),
- *P. aeruginosa*; metaller, plastikler, tıbbi implant materyalleri ve dokular olmak üzere çeşitli yüzeylere yapışan ve yok edilmesi çok zor olan bakteri toplulukları ile biyofilm oluşturma eğilimine sahiptir (Alrubaye, 2020),
- *P. aeruginosa*; patogeneğinde hücre dışı pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlar bakterinin hareketini artırarak (twitching motilitesi) besin maddelerine daha kolay ulaşmasını sağlayabilmekte, çeşitli maddeleri parçalayabilen enzimler (elastaz, proteaz, DNaz) aracılığı ile dokulara daha kolay penetre olabilmelerini sağlar. Ayrıca kolonize oldukları dokuda daha fazla hasara neden

olabilmelerini sağlamaktadır. Bununla birlikte bakteriye ait en önemli virölans faktörü biyofilm üretimidir (Uzunbayır-Akel ve diğ, 2019),

- *P. aeruginosa*, katı besiyerlerinde 3 tip koloni oluşturur;
 - Tip 1 koloni; 2 - 3 mm çapında yuvarlak, mat yüzeyli, ortası kabarık, yassı, beyaz renkli ve besiyerinin her tarafına yayılmış olan mavi-yeşil pigmentlere sahip kolonilerdir. Genellikle klinik örneklerden izole edilmektedir,
 - Tip 2 koloni; daha küçük, kabarık, konveks ve düzensiz koliform kolonilerine benzer. Bu tip koloniler, doğal kaynaklardan izole edilmektedir,
 - Tip 3 koloniler; *P. aeruginosa*'nın bazı suşlarının hücre dışı aljinat salgılamasından dolayı mukoid görünümde bakterinin oluşturduğu R kolonilerdir.
- Kültürlerde, triptofan 2-aminoasetofenon üretimine bağlı olarak karakteristik bir meyve kokusu vardır ve petri kutusunun kapağı açıldığında üzüm kokusu veya trimetilamin kokusu hissedilmektedir. Metil kırmızısı ve Voges-Proskauer negatiftir. İndol ve H₂S oluşturmaz. Nitratı nitrite redükte eder. KCN' ye dirençlidir. *P. aeruginosa*; *P. fluorescens*'den ayrı olarak metilen mavisini ve prontosilin rengini giderir. Çoğu *Pseudomonas* suşları kültür ortamında pigment üretir ve pigment oluşumu kültür koşullarına bağlıdır. Mutasyonla bu özellik kaybolur ya da aynı anda birçok pigment oluşumu görülmektedir. Bu pigmentler oksijensiz ortamda oluşmaz. Floresan pigmentler, floresans özellik taşıyan *Pseudomonas* türlerinin (*P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. fluorescens*, *P. chlororaphis*, *P. syringae*, *P. cichori*, *P. flavescens*) karakteristiğidir (Ataei, 2019),
- *P. aeruginosa* suşları büyük bir genoma (yaklaşık 5-7 Mbp) sahiptir. Büyük ölçüde korunmuş olan *P. aeruginosa* genlerinin, bilinen bakteri genomlarında gözlemlenen düzenleyici genlerin ve ağların en yüksek oranda olduğu, çeşitli tepkimelere yanıt vermek ve bunlara uyum sağlamak için kodlandıkları ifade edilmektedir (Alrubaye, 2019),

1.6.4 *Ralstonia eutropha*

Ralstonia eutropha (*Cupriavidus necator*, *Alcaligenes eutrophus*);

- Toprakta ve suda yaşayabilen, Gram (-) bir bakteridir. Çok sayıda klorlu aromatik ve ilgili bileşikleri parçalayabilme yeteneğinden dolayı biyoremediasyon işlemlerinde kullanılmaktadır (Priyadarshi ve diğ, 2014),
- *Alcaligenes* ailesine ait, 0.5-1.0 µm genişliğine sahip ve 1.8-2.6 µm uzunluğunda, çubuk şeklindedir. Nitratları azot gazına indirgeyebilmektedir,
- Optimum üreme sıcaklığı yaklaşık 30 °C'dir (Özdemir Atay, 2007),
- Hidrojen oksitleyici ve aerobiktir (Thorbecke ve diğ, 2021),
- Fakültatif kemoliotrof, β sınıfına ait, patojen olmayan proteobakter grubundandır(Lee ve diğ, 2016),
- *Ralstonia* türleri, protein sentezi reaksiyonlarının sınırlı olduğu, karbon ve enerjinin bol olduğu dengesiz büyüme koşulları altında polihidroksialkanoat (PHA) biriktirebilme yeteneğine sahiptir (Brigham ve diğ, 2012),
- *Ralstonia eutropha* oksalat gibi çeşitli organik bileşiklerde gelişebilmektedir. Oksalatı, gliserat metabolik yolu ile asimile edebilmektedir (Saracaloğlu, 2007).

1.6.5 *Staphylococcus aureus*

- *Staphylococcaceae* familyasına ait olan *S. aureus*;
- Küresel yapıda, mikroskopta üzüm salkımına benzer şekilde görülen, Gram (+), patojen bir bakteridir. Aerob veya fakültatif anaerobtur. Fermentatif bir metabolizmaya sahiptir (Bekpınar, 2012),
- 0.5-1.5 µm büyüklüğündedir,
- Hareketsizdir ve spor bulundurmaz (Yusuflu, 2019). Optimal üreme koşulları, 30 °C-37 °C ve pH: 7-7.5'tur,
- Bakterilerin katı besiyerinde çoğalırken üç boyutta bölünebilmeleri ve bölünmeden sonra tam ayrılamamasından dolayı üzüm salkımına benzeyen yapılar oluşturmaktadır. Sıvı besiyerinde diplokoklar veya kısa zincirler

halinde üremektedirler. Anilin boyaları ve bazik boyalar ile boyanabilmektedir (Selçuk, 2018),

- Enfeksiyonlara yol açabilen patojen bir bakteridir. Metisilin dirençli *S.aureus* (MRSA) suşları tüm β -laktam grubu antibiyotiklere karşı dirençlidir,
- Konak dokularda enfeksiyon oluşturur iken yapısında bulunan toksin, enzim ve yapısal elemanlardan yararlanmaktadır. Patojen suşlar; bu virülans faktörleri aracılığıyla deriye ve deri altına yayılmakta, fagositozdan kaçmakta ve kendine özgü apse formunu oluşturmaktadır,
- *S. aureus*'un üretebildiği enzimler; katalaz, koagülaz, lipaz, hiyaluronidaz, Stafilokinaz (Fibrinolizin), deoksiribonukleaz (DNAaz), penisilinaz (β -laktamaz)'dır (Yıkılmazsoy, 2019).

Bu çalışma ile farklı C kaynakları kullanılarak birer bakteriyel metabolit olan ADI, Trehalaz ve PHB üretimleri; 37 °C'de, 24 saat süreyle, 0 ve 150 rpm'de karşılaştırılmalı olarak araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda yapılacak yayınlar; ülkemiz ve dünya bilimine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Arjinin Deiminaz Aktivitesi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Kaur ve Kaur (2013); *Enterococcus faecium* sp. GR7 suşu ile M9 (Minimal Salt Medium) besi ortamına çeşitli karbon kaynakları (fruktoz, galaktoz, glikoz, laktoz, maltoz, sükroz) ilave ederek, ADI aktivitesi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek ADI aktivitesini laktoz varlığında 0.131 IU/mg bulmuşlar.

Mahdy ve diğ. (2014); *Enterococcus faecium* M1 suşu ile farklı koşullarda (pH, sıcaklık) Mineral Salt Broth besi ortamına çeşitli karbon kaynakları (% 1 Glikoz, % 1 Fruktoz, % 1 Maltoz, % 1 Sükroz, % 1 Arabinoz, % 1 Ramnoz, % 1 Ksiloz, % 1 Sorbitol ve % 1 Mannitol) ilave ederek, ADI aktivitesi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek ADI aktivitesini %1 Sükroz besi varlığında 3.9 U/mg bulmuşlar.

Unissa ve diğ. (2015); *Vibrio alginolyticus* 1374 suşu ile % 2 deniz suyu içeren besi ortamına çeşitli karbon kaynakları (glikoz, gliserol, maltoz, mannitol, sükroz) ilave ederek, ADI aktivitesi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek ADI aktivitesini % 2 deniz suyu içeren besi ortamı + % 2 Maltoz varlığında 192 IU/ml bulmuşlar.

Sharma ve diğ. (2017); *Pseudomonas aeruginosa* PS2 suşu ile Minimal besi ortamına çeşitli karbon kaynakları % 0.5 (galaktoz, glikoz, ksiloz, laktoz, maltoz, sükroz) ilave ederek, 180 rpm'de ADI aktivitesi ile ilgili bir çalışma yapmışlar yapmışlar ve sonuçta en yüksek ADI aktivitesini % 0.5 galaktoz varlığında 3.12 IU/ml bulmuşlar.

Ibrahim ve diğ. (2019); *Pseudomonas aeruginosa* ile farklı koşullarda (pH, sıcaklık) minimal besi ortamına çeşitli karbon kaynakları % 0.5 (glikoz, galaktoz, laktoz, maltoz, nişasta) ilave ederek, 24 saat, 37 °C'de ADI aktivitesi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek ADI aktivitesini % 0.5 maltoz varlığında 1.2 U/mg bulmuşlar.

Dhankhar ve diğ. (2019); *Pseudomonas furukawaii* RS3 suşu ile Super Broth besi ortamına çeşitli karbon kaynakları % 0.4 (fruktoz, glikoz, laktoz, maltoz ve sükroz) ilave ederek, ADI aktivitesi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek ADI aktivitesini % 1.5 fruktoz varlığında 0.222 µmol/ml bulmuşlar.

Khaleed Shaikh ve Khobragade (2019); 11 bakteri izolatu ile The Screening (pH=7) besi ortamına çeşitli karbon kaynakları % 0.2 (fruktoz, galaktoz, glikoz, maltoz, sükroz) ilave ederek, ADI aktivitesi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek ADI aktivitesini % 0.2 glikoz varlığında 0.3-0.35 U/ml bulmuşlar.

2.2 PHB Üretimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Khanna ve Srivastava (2005); *Ralstonia eutropha* ile farklı koşullarda Mineral Salt besi ortamına çeşitli karbon kaynakları (10 g/L fruktoz, 20 g/L glikoz, ksiloz, laktoz, sükroz, laktoz) ilave ederek, 48 saat, 150 rpm'de PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini fruktoz varlığında 1400 µg/ml bulmuşlar.

Tamdoğan (2008); *Bacillus subtilis* ATCC 6633 suşu ile farklı koşullarda Nutrient Broth besi ortamına % 2 oranında çeşitli karbon kaynakları (glikoz, mannitol, sükroz) ilave ederek, PHB üretimi ile ilgili yüksek lisans tez çalışması yapmış ve sonuçta en yüksek PHB üretimini mannitol varlığında 23.662 µg/ml bulmuştur. Farklı sıcaklıklarda ise en yüksek PHB üretimini 30 °C'de 10.498 µg/ml ve 40 °C'de ise 0.977 µg/ml bulmuştur.

Yüksekdağ ve Beyatlı (2008); *Streptococcus thermophilus* Ba21S suşu ile M17 Broth besi ortamına % 1 oranında çeşitli karbon kaynakları (glikoz, laktoz, sükroz) ilave ederek, PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini % 1 sükroz varlığında 50 µg/ml bulmuşlar.

Saleem ve diğ. (2014); *Bacillus thuringiensis* CMBL-BT-6 suşu ile Nutrient Broth besi ortamına % 1 oranında çeşitli karbon kaynakları (fruktoz, glikoz, ksiloz, laktoz, maltoz, sükroz) ilave ederek, 24 saat ve 37 °C'de PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar. Sonuçta en yüksek PHB üretimini maltoz varlığında 867 µg/ml bulmuşlar.

Bhagowati ve diğ. (2015); *Bacillus* spp. ile farklı koşullarda Minimal Davis Broth besi ortamına % 1 oranında çeşitli karbon kaynakları (dekstroz, fruktoz, galaktoz, maltoz, sükroz) ilave ederek, 72 saat, 180 rpm'de PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini maltoz varlığında 5630 µg/ml bulmuşlar.

Aramvash ve diğ. (2015); *Cupriavidus necator* ile farklı koşullarda Minimal Salt besi ortamına 20 g/L oranında çeşitli karbon kaynakları (fruktoz, glikoz, sükroz, laktoz) ilave ederek, 48 saat, 30 °C'de PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini fruktoz varlığında 2160 µg/ml bulmuşlar.

Fathima ve Krishnaswamy (2016); halotolerant bakteri suşları ile farklı koşullarda Minimal Salt besi ortamına % 2 oranında çeşitli karbon kaynakları (glukoz, laktoz, maltoz, sükröz) ilave ederek, 72 saat, 150 rpm’de PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini sükröz varlığında 500 µg/ml bulmuşlar.

Ahmady-Asbchin ve diğ (2020); *Bacillus megaterium* ile farklı koşullarda Seed besi ortamına 9 g/l oranında çeşitli karbon kaynakları (fruktoz, glukoz ve maltoz) ilave ederek, 24, 48 ve 72. saatlerde; 0, 150 ve 200 rpm’lerde PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini 72. saatte, 150 rpm’de glukoz varlığında 21 µg/ml bulmuşlar.

Park ve diğ (2020); *Halomonas* sp. YLGW01 ile farklı koşullarda Marine Broth besi ortamına % 2 oranında çeşitli karbon kaynakları (fruktoz, glukoz, ksiloz, sükröz) ilave ederek, PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini % 2 fruktoz varlığında 9150 µg/ml bulmuşlar.

Mi Lee ve diğ (2021); *Bacillus* sp. SM01 ve *Cupriavidus necator* NCIMB ile farklı koşullarda Marine Broth besi ortamına % 1 oranında çeşitli karbon kaynakları (fruktoz, glukoz, ksiloz, sükröz) ilave ederek, 72 saat, 200 rpm’de PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta göre en yüksek PHB üretimini ksiloz varlığında 3410 µg/ml bulmuşlar.

Hagagy ve diğ (2021); *Haloarcula* sp. suşu NRS20 ile farklı koşullarda HSM besi ortamına çeşitli karbon kaynakları (10 g/l glukoz, gliserol, sükröz) ilave ederek, PHB üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve sonuçta en yüksek PHB üretimini sükröz varlığında 2.946 µg/ml bulmuşlar.

2.3 Trehalaz Aktivitesi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde, trehalaz aktivitesi ile ilgili mevcut tez çalışmasına benzer herhangi bir çalışma bulunamamıştır.

3. MATERYAL - METOT

3.1 Araştırmada Kullanılan Kimyasallar

Doktora tez kapsamında yaptığımız çalışmalar esnasında kullandığımız kimyasal maddeler izelge 3.1’de verilmiştir

Çizelge 3.1: Araştırmada kullanılan kimyasallar

KİMYASALLAR	MARKA
Sitrülin	abcr
Perklorik asit	ACROS ORGANISCS
Amonyum Demir (III) Sülfat Dodekahidrat	CARL ROTH
NaClO	CARLO ERBA
Benzoil Arjinin Etil Ester	FLUORO CHEM
CaCl ₂	ISO LAB
Demir Amonyum Sülfat Hekzahidrat	ISO LAB
Nutrient agar	LAB M
Antron	MERCK
H ₂ SO ₄	MERCK
KCl	MERCK
KH ₂ PO ₄	MERCK
NaCl	MERCK
Na ₂ HPO ₄	MERCK
Salisilik asit	MERCK
Trehaloz	MERCK
Bovine Serum Albumin	SIGMA-ALDRICH
Bütanedione Monoksime	SIGMA-ALDRICH
Dithiothreitol	SIGMA-ALDRICH
Kloroform	SIGMA-ALDRICH
Tris-HCl	SIGMA-ALDRICH
PHB	SIGMA-ALDRICH
Aseton	TEKKİM
Fosforik asit	TEKKİM
Etil alkol	TOSEL

3.2 Araştırmada Kullanılan Karbon Kaynakları

Doktora tez kapsamında yaptığımız çalışmalar esnasında kullandığımız karbon kaynakları izelge 3.2’de verilmiştir.

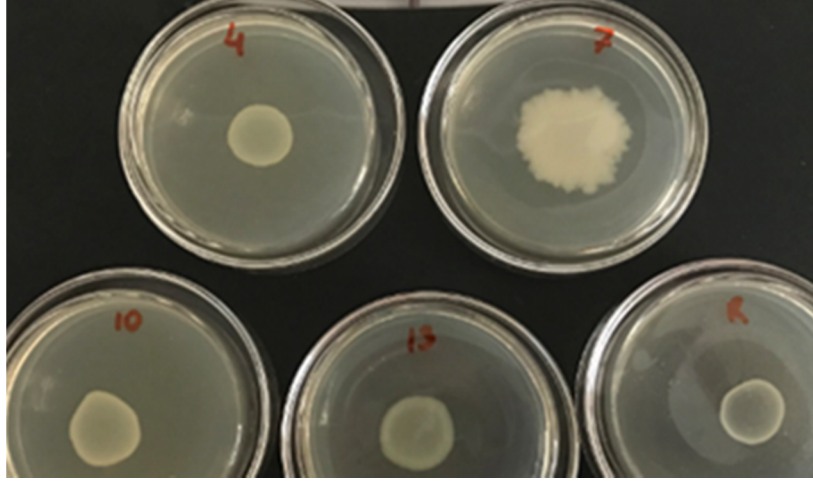
Çizelge 3.2: Araştırmada kullanılan karbon kaynakları

KARBON KAYNAKLARI	MARKA
Dekstroz	FISHER SCIENTIFIC
Fruktoz	MERCK
Glikoz	MERCK
Ksiloz	SIGMA-ALDRICH
Maltoz	HIMEDIA
Nutrient Broth	LAB M
Ramnoz	BP BIOMEDICALS
Riboz	BLD PHARMATECH
Sükroz	ALFA AESAR

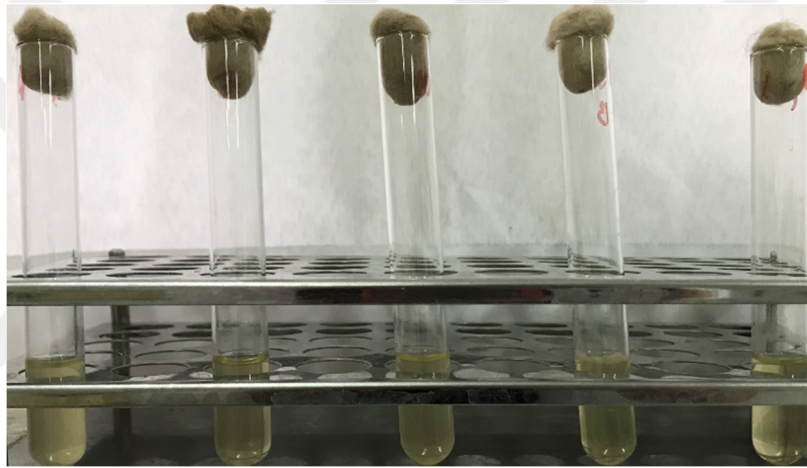
3.3 Araştırmada Kullanılan Bakteriler ve Saklanma Koşulları

1. *Bacillus cereus* (ATCC 10876)
2. *Escherichia coli* (ATCC 25922)
3. *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853)
4. *Ralstonia eutropha* (ATCC 17699)
5. *Staphylococcus aureus* (ATCC BAA 1026)

Çalışmalarımızda kullandığımız bu bakteriler (şekil 3.1.A), 20 gün aralıklar ile NA (Nutrient agar) plaklarına öze ile pasajlama yapılarak 24 saat, 37 °C’de etüvde üretilmiştir. Ertesi gün plaklar etüvden çıkarılarak +4 °C’de saklanmıştır.



Şekil 3.1.A: Nutrient Agar besi ortamında üretilen katı kültürlerin görüntüleri (4: *E. coli*, 7: *B. cereus*, 10: *S. aureus*, 13: *P. aeruginosa*, R: *R. eutropha*)



Şekil 3.1.B: Nutrient Broth besi ortamında üretilen sıvı kültürlerin görüntüleri

3.4 Nutrient Broth'un kimyasal bileşenleri

Zengin besi ortamı olarak kullanılan Nutrient Broth'un kimyasal bileşenleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3: Nutrient Broth'un kimyasal bileşenleri (Doğan, 2017).

İçerik	Miktar (g/L)
Lab- Lemco Powder	1.0 g/L
Maya ekstratı	2.0 g/L
Pepton	5.0 g/L
NaCl	5.0 g/L
Damıtık su	1000 ml

3.5 Phosphate Buffered Saline (PBS)'nin Kimyasal Bileşenleri

Minimal besi ortamı olarak kullanılan PBS'nin kimyasal bileşenleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4: PBS'nin kimyasal bileşenleri (pH= 7.2)

İçerik	Miktar (g/L)
NaCl	8.0 g/L
KCl	0.2 g/L
Na ₂ HPO ₄	1.44 g/L
KH ₂ PO ₄	0.24 g/L

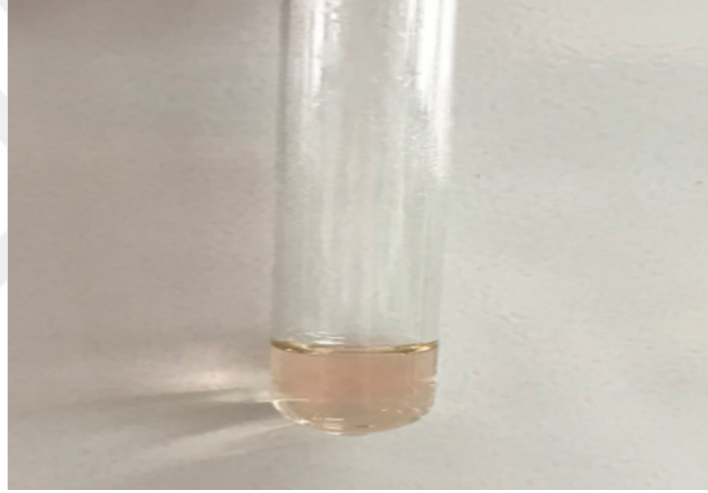
3.6 Deney Koşulları

Çalışmalar; 37 °C'de, 0 rpm ve 150 rpm'de gerçekleştirilmiştir.

3.7 Arjinin Deiminaz Aktivitesi

- Bakteriler, öze ile ekimleri yapılarak 37 °C'de, 24 saat inkübasyona bırakıldı (Şekil 3.1.B),
- NB (Nutrient Broth), PBS ve PBS ile birlikte farklı karbon kaynakları (% 1 glikoz, %1 fruktoz, %1 ksiloz, %1 maltoz, % 1 ramnoz, % 1 riboz, %1 sükroz) ihtiva eden besi ortamlarına 100'er µl bakteri kültürleri inoküle edildi,
- 200 µl Tris HCl (pH=7.2) + 100 µl CaCl₂ + 100 µl Dithiothreitol solüsyonu + 200 µl kültür örnekleri + 200 µl Bovine Serum Albumin solüsyonu eklendi,
- 2 dk 55 °C'de etüvde bekletildi,
- 100 µl Benzoil Arjinin Etil Ester solüsyonu eklendi,
- 30 dk 55 °C'de etüvde statik bekletildi,
- Kültür örneklerine ve köre 100 µl Perklorik asit eklendi,
- Oda ısısında 5 dk santrifüj (13.500 rpm) yapıldı,
- Yeni cam tüplere 400 µl hazırlanan karışımdan eklendi,
- 100 µl Redox çözelti (Demir Amonyum Sülfat Hekzahidrat + Amonyum Demir (III) Sülfat Dodekahidrat) eklendi,
- 1 sn vortekslendi ve 10 dk kaynar suda bekletildi,

- Kaynar suda bekletilen bu çözelti hemen akabinde musluk suyunda soğutuldu,
- Asit karışımından (3 birim Fosforik asit + 2 birim dH₂O ve üzerine 1 birim H₂SO₄) 500 µl eklendi,
- Üzerine 200 µl Bütanedione Monoksime solüsyonu eklendi,
- En son elde edilen karışım vortekslendi, 20 dk kaynar suda bekletildi ve musluk suyunda soğutuldu (Şekil 3.2),
- Köre (enzim solüsyonu ve Bovine serum albumin solüsyonu haricinde diğer karışımları) karşı OD₄₉₀'da okuma yapıldı,
- Elde edilen veriler Sitrülin Standart grafiği ile Unit aktiviteler bulunmuştur (Takahara ve diğ, 1986).



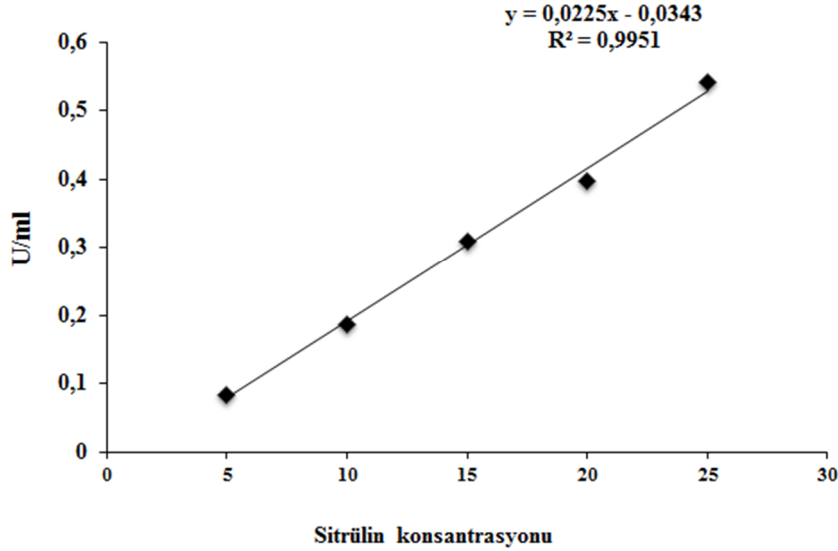
Şekil 3.2: Bakterilerde deney tüpünde Arjinin deiminaz üretiminin görüntüsü.

3.7.1 Arjinin deiminaz standart grafiğinin hazırlanması

- Ticari olarak temin edilen saf sitrülin'den farklı konsantrasyonlarda (5, 10, 20, 25 µg/ml) alınarak üzerlerine 200 µl Bütanedione Monoksime solüsyonu + 500 µl Asit karışımından (3 birim Fosforik asit + 2 birim dH₂O ve üzerine 1 birim H₂SO₄) eklenerek 20 dk kaynar suda bekletildi,
- Musluk suyunda soğutuldu,
- Hazırlanmış olan solüsyonlar (Şekil 3.3), 490 nm dalga boyunda ölçülerek elde edilen değerler ile standart grafik elde edilmiştir,
- En son işlem olarak bakterilerin Arjinin deiminaz üretim miktarları standart grafiği ile (Şekil 3.4) karşılaştırılarak miktar, µg/ml olarak hesaplanmıştır (Takahara ve diğ, 1986).



Şekil 3.3: Arjinin deiminaz standart grafiğinin hazırlanmasında kullanılan solüsyonların görüntüsü

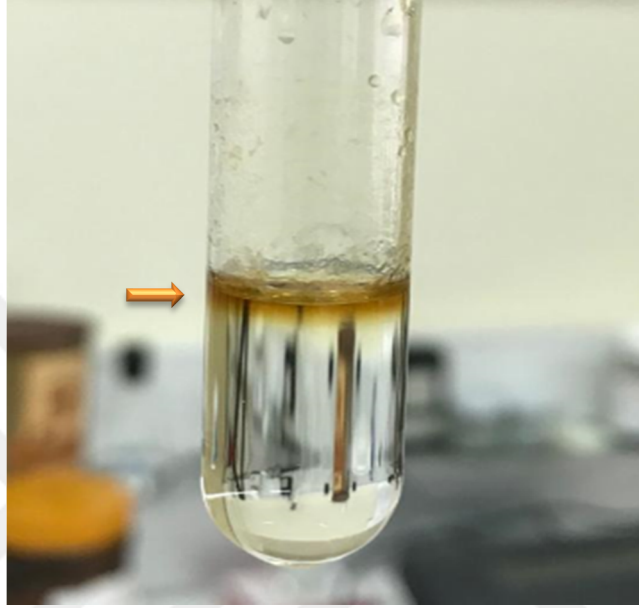


Şekil 3.4: Arjinin deiminaz standart grafiği

3.8 PHB Miktar Tayini

- Bakteriler, öze ile ekimleri yapılarak 37 °C’de 24 saat inkübasyona bırakıldı,
- NB (Nutrient Broth), PBS ve PBS ile birlikte farklı karbon kaynakları (%1 glikoz, %1 fruktoz, %1 ksiloz, %1 maltoz, % 1 ramnoz, % 1 riboz, % 1 sükroz) ihtiva eden besi ortamlarına 100’er µl bakteri kültürleri inoküle edildi,
- Pelet üzerine 75 µl NaOCl + 75 µl dH₂O konuldu ve 1 saat 37 °C etüvde bekletildi,
- Oda ısısında 10 dk santrifüj (13.500 rpm) yapıldı,

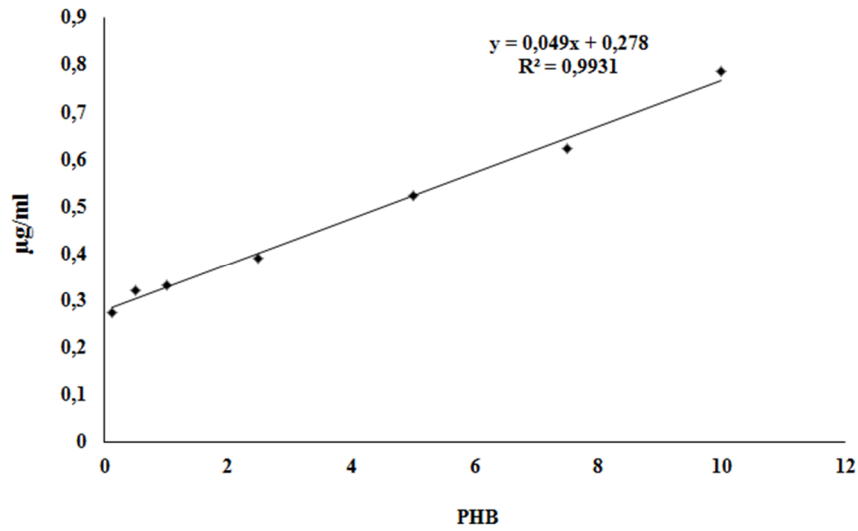
- Su / saf aseton/ saf etanol sırası ile yıkama yapıldı,
- 1 ml kloroform + 2 ml H₂SO₄ eklendi ve 20 dk kaynar suda bekletildi,
- Musluk suyunda soğutuldu (Şekil 3.5),
- OD₂₃₅'de köre (H₂SO₄) karşı okumalar yapıldı ve çalışma 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi (Agrawal ve diğ, 2015, El –Nahrawy ve diğ,2018).



Şekil 3.5: Bakterilerde deney tüpünde PHB'nin renk görünümü (ok ile işaretlenmiş bölge)

3.8.1 PHB standart grafiğinin hazırlanması

Ticari olarak temin edilen saf PHB; H₂SO₄ içerisinde farklı konsantrasyonlarda (10, 7.5, 5, 2.5, 1, 0.5 ve 0.125 µg/ml) hazırlanmış solüsyonları 235 nm dalga boyunda ölçülerek elde edilen değerler ile standart grafik elde edilmiştir. Bununla birlikte mikroorganizmaların PHB üretim miktarları standart grafik ile (Şekil 3.6) karşılaştırılarak miktar µg/ml olarak hesaplanmıştır (Kartal, 2018).



Şekil 3.6: PHB standart grafiği

3.9 Trehalaz aktivitesi

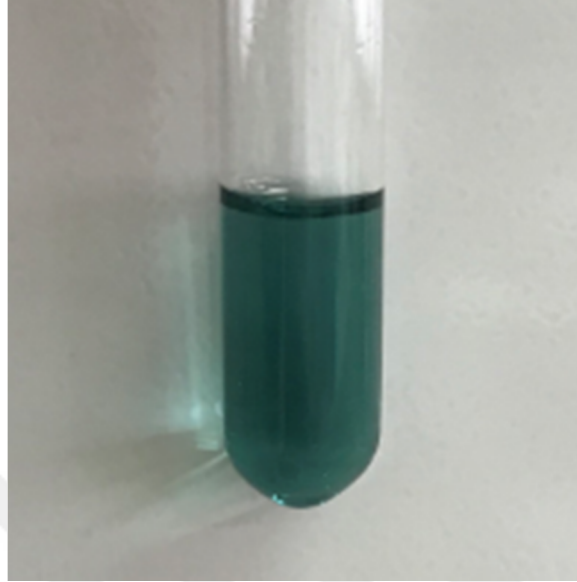
- Bakteriler, öze ile ekimleri yapılarak 37 °C’de 24 saat inkübasyona bırakıldı (Şekil 3.1.A),
- NB (Nutrient Broth), PBS ve PBS ile birlikte farklı karbon kaynakları (%1 glikoz, %1 fruktoz, %1 ksiloz, %1 maltoz, % 1 ramnoz, % 1 riboz, %1 sükroz) ihtiva eden besi ortamlarına 100’er µl bakteri kültürleri inoküle edildi,
- Ependorf tüplerine 100 µl süpernatant, 300 µl salisilik asit, 100 µl Trehaloz konuldu ve vorteks işleminden sonra 15 dk etüvde statik bekletildi,
- 500 µl Tris (pH= 7.5) eklendi,
- Antron işleminde; 990 µl dH₂O + 10 µl örnek + 1.5 ml Antron eklendi,
- Antron konulduktan sonra 10 dk kaynar suda bekletildi,
- Musluk suyunda soğutuldu,
- OD₆₂₀’de köre (Örnek + Antron) karşı okumalar yapıldı (Şekil 3.7) ve elde edilen veriler Glikoz standart grafiği (Şekil 3.8) ile Unit aktivite hesaplanmıştır (Dahlqvist, 1968).
- Hesaplamalar;

$$\text{Units/ml} = \frac{10 \times \alpha \times 1 \times 1 \times d}{180 \times 10 \times n} \text{ formülü ile yapıldı (Dahlqvist, 1968).}$$

α = Glikoz miktarı

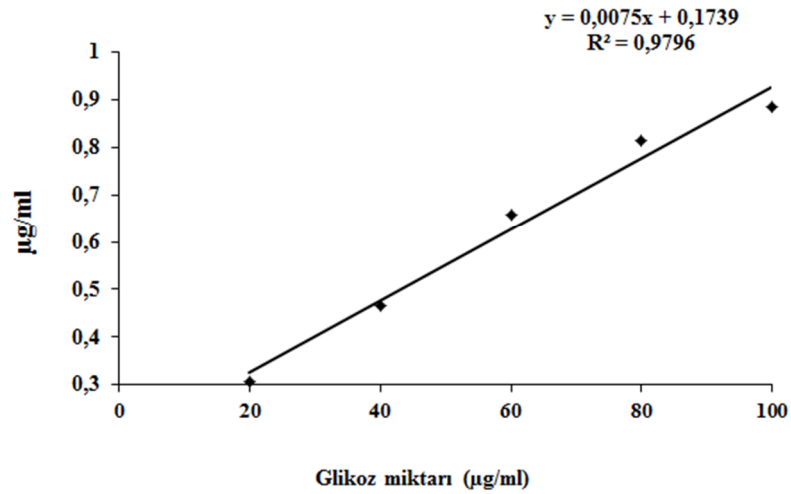
n= Trehalozdaki glikoz molekül sayısı

d= Enzim solüsyonu



Şekil 3.7: Bakterilerde trehalaz aktivitesinin deney tüpündeki görünümü

Bütün deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği laboratuvar ortamı Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.8: Glikoz standardı



Şekil 3.9: Deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği laboratuvar ortamı

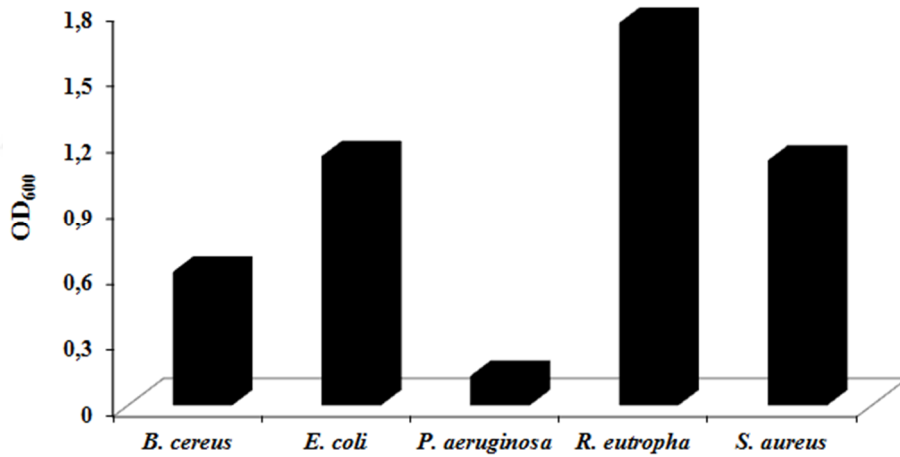
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynaklarının Varlığında ADI Aktivitesi

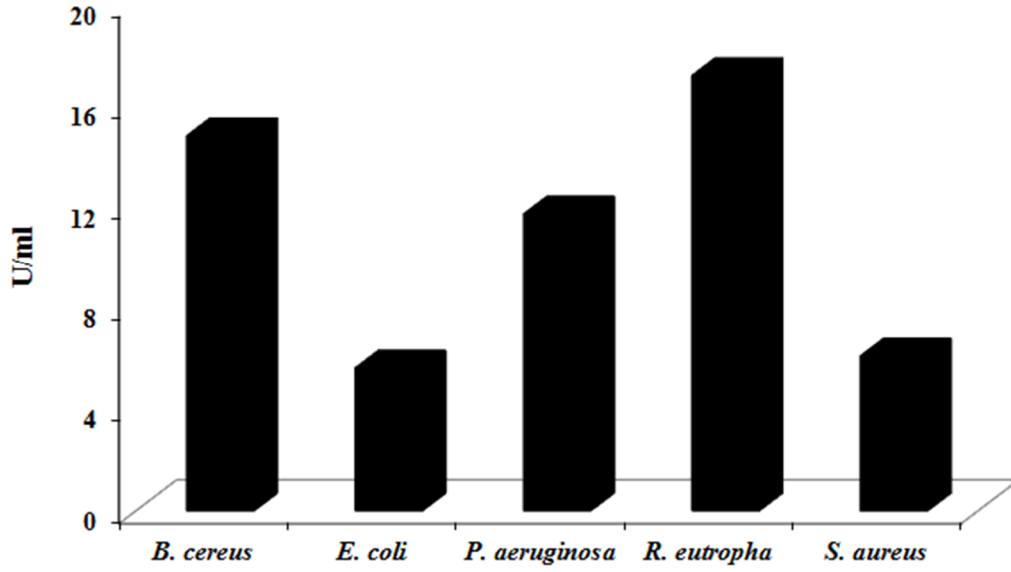
4.1.1 Bakterilerde 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.1 Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu (OD₆₀₀) sırasıyla; *B. cereus* 0.605, *E. coli* 1.135, *P. aeruginosa* 0.133, *R. eutropha* 1.741, *S. aureus* 1.116 bulunmuştur (Şekil 4.1.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 14.799 U/ml, *E. coli* 5.613 U/ml, *P. aeruginosa* 11.717 U/ml, *R. eutropha* 17.169 U/ml, *S. aureus* 6.087 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.1.B).



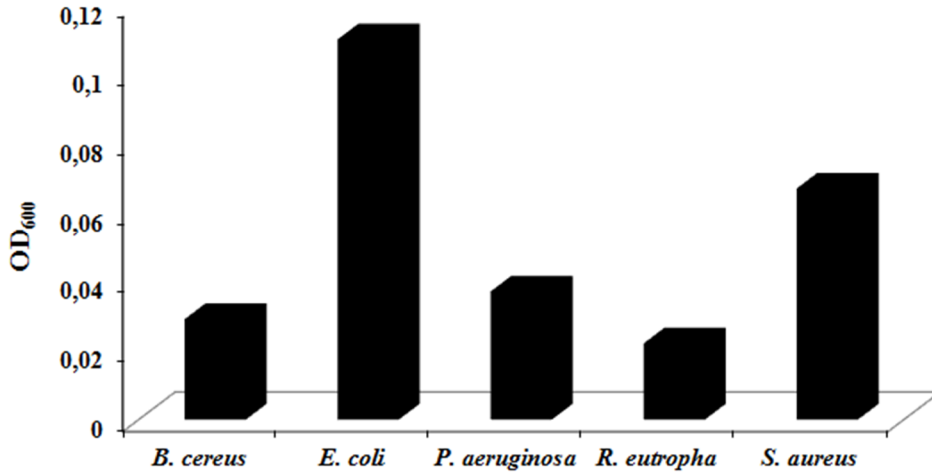
Şekil. 4.1.A: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu (OD₆₀₀)



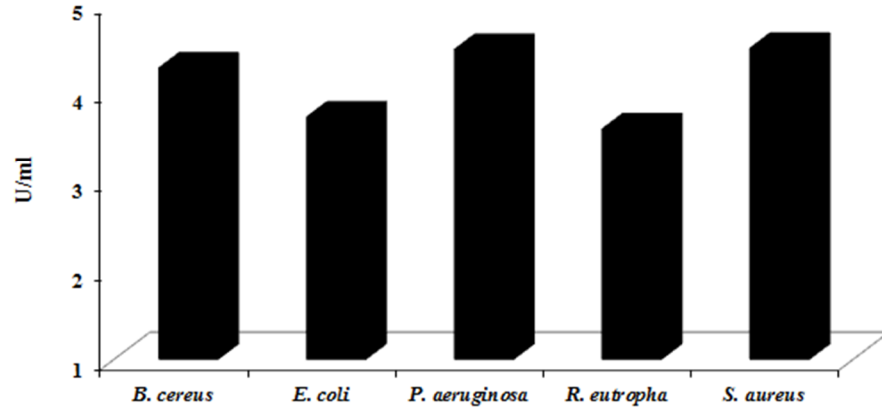
Şekil. 4.1.B: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.029, *E. coli* 0.11, *P. aeruginosa* 0.037, *R. eutropha* 0.022, *S. aureus* 0.067 bulunmuştur (Şekil 4.2.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 4.265 U/ml, *E. coli* 3.717 U/ml, *P. aeruginosa* 4.473 U/ml, *R. eutropha* 3.584 U/ml, *S. aureus* 4.487 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.2.B).



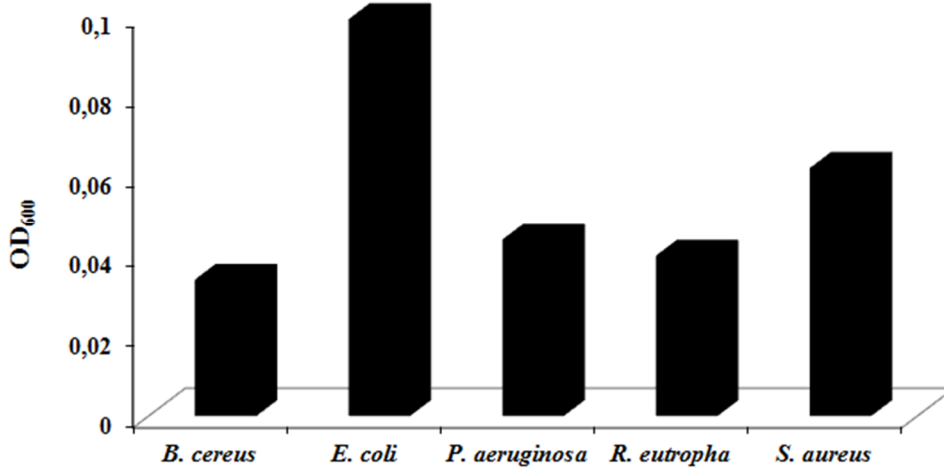
Şekil. 4.2.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



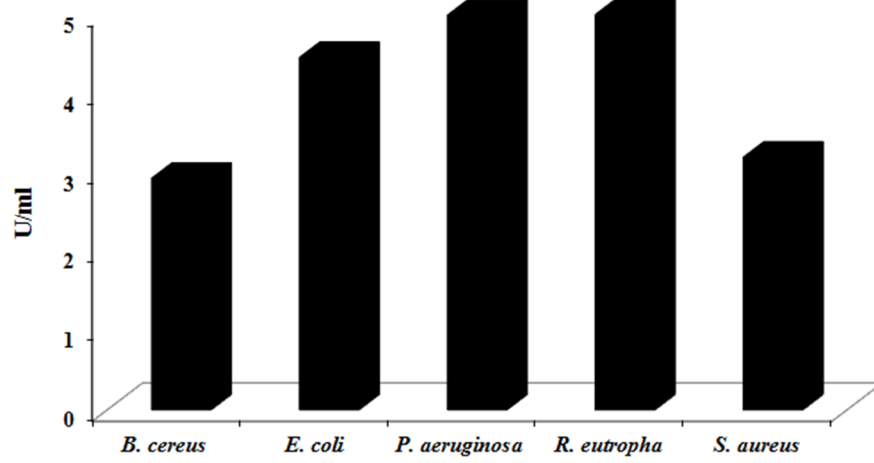
Şekil. 4.2.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.3. Bakterilerde PBS + % 1 fruktozu varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.034, *E. coli* 0.099, *P. aeruginosa* 0.044, *R. eutropha* 0.040, *S. aureus* 0.062 bulunmuştur (Şekil 4.3.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.932 U/ml, *E. coli* 4.457 U/ml, *P. aeruginosa* 4.991 U/ml, *R. eutropha* 5.657 U/ml, *S. aureus* 3.199 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.3.B).



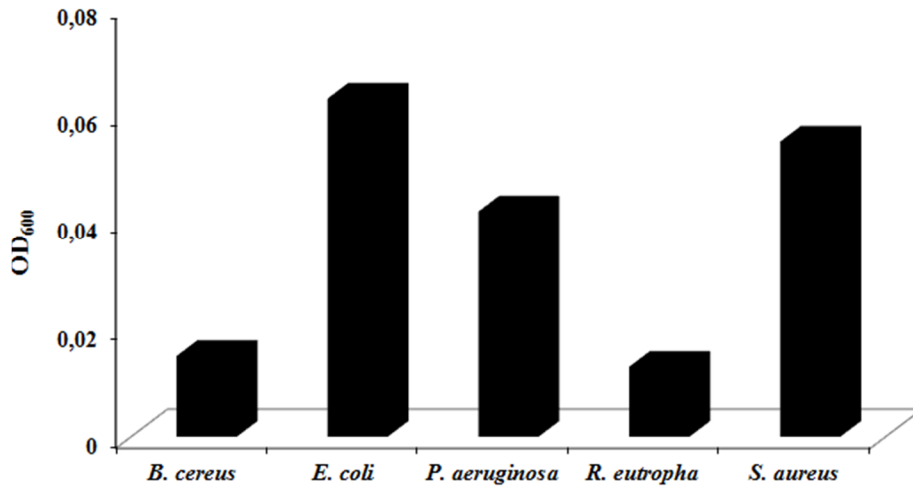
Şekil. 4.3.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktozu varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



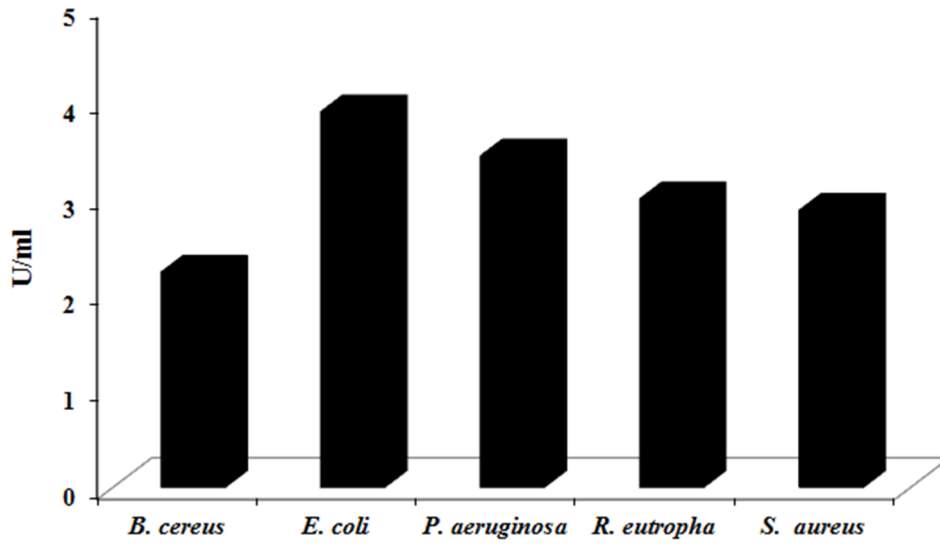
Şekil. 4.3.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.015, *E. coli* 0.063, *P. aeruginosa* 0.042, *R. eutropha* 0.013, *S. aureus* 0.055 bulunmuştur (Şekil 4.4.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.220 U/ml, *E. coli* 3.895 U/ml, *P. aeruginosa* 3.435 U/ml, *R. eutropha* 2.991 U/ml, *S. aureus* 2.873 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.4.B).



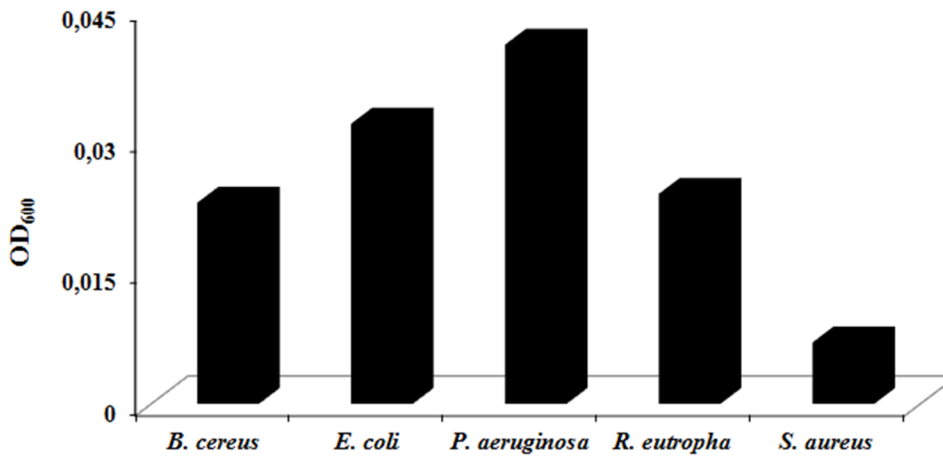
Şekil. 4.4.A: Bakterilerde PBS + % 1 varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



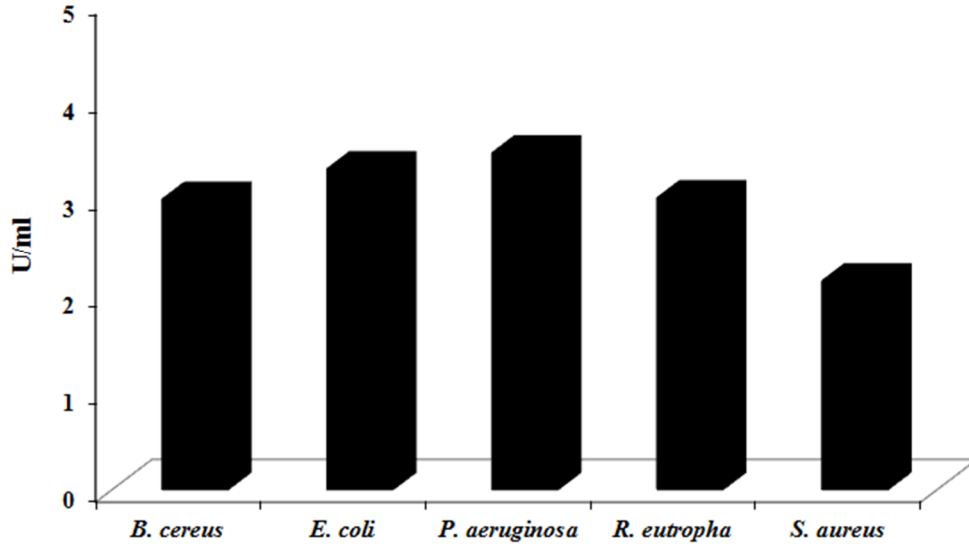
Şekil. 4.4.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.023, *E. coli* 0.032, *P. aeruginosa* 0.041, *R. eutropha* 0.024, *S. aureus* 0.007 bulunmuştur (Şekil 4.5.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.976 U/ml, *E. coli* 3.287 U/ml, *P. aeruginosa* 3.450 U/ml, *R. eutropha* 2.991 U/ml, *S. aureus* 2.132 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.5.B).



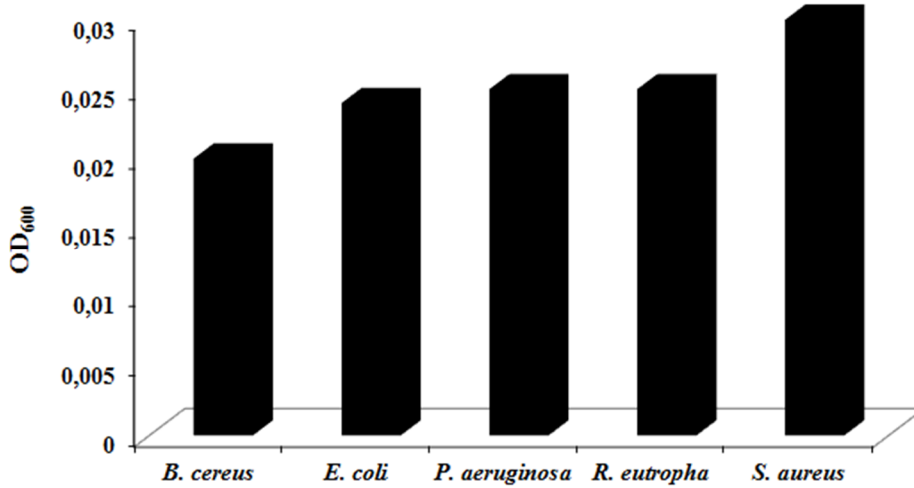
Şekil 4.5.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



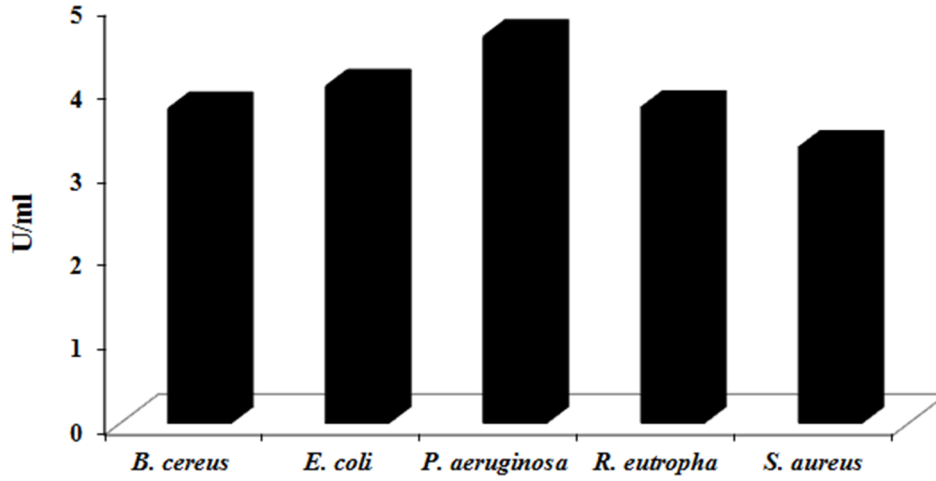
Şekil 4.5.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.02, *E. coli* 0.024, *P. aeruginosa* 0.025, *R. eutropha* 0.025, *S. aureus* 0.03 bulunmuştur (Şekil 4.6.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 3.747 U/ml, *E. coli* 4.013 U/ml, *P. aeruginosa* 4.606 U/ml, *R. eutropha* 3.761 U/ml, *S. aureus* 3.287 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.6.B).



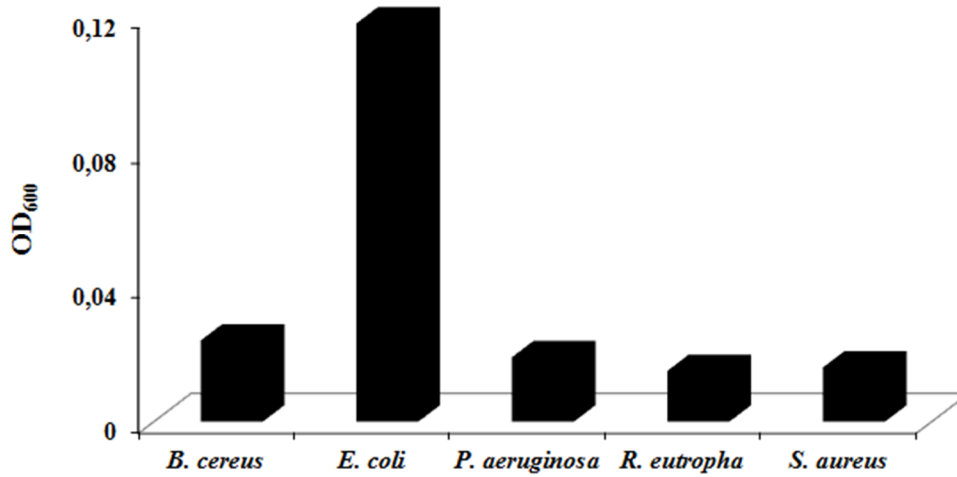
Şekil 4.6.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



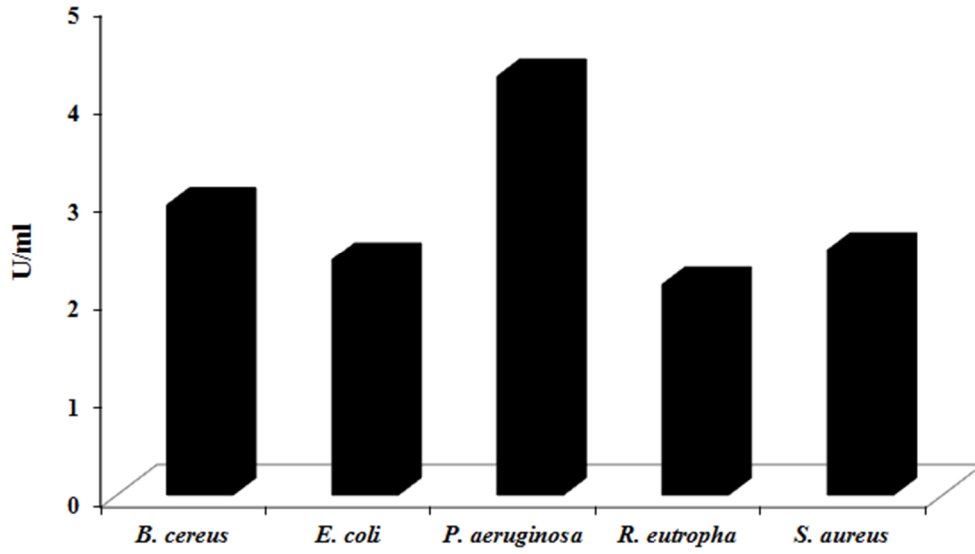
Şekil 4.6.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.024, *E. coli* 0.118, *P. aeruginosa* 0.019, *R. eutropha* 0.015, *S. aureus* 0.016 bulunmuştur (Şekil 4.7.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.947 U/ml, *E. coli* 2.384 U/ml, *P. aeruginosa* 4.250 U/ml, *R. eutropha* 2.132 U/ml, *S. aureus* 2.487 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.7.B).



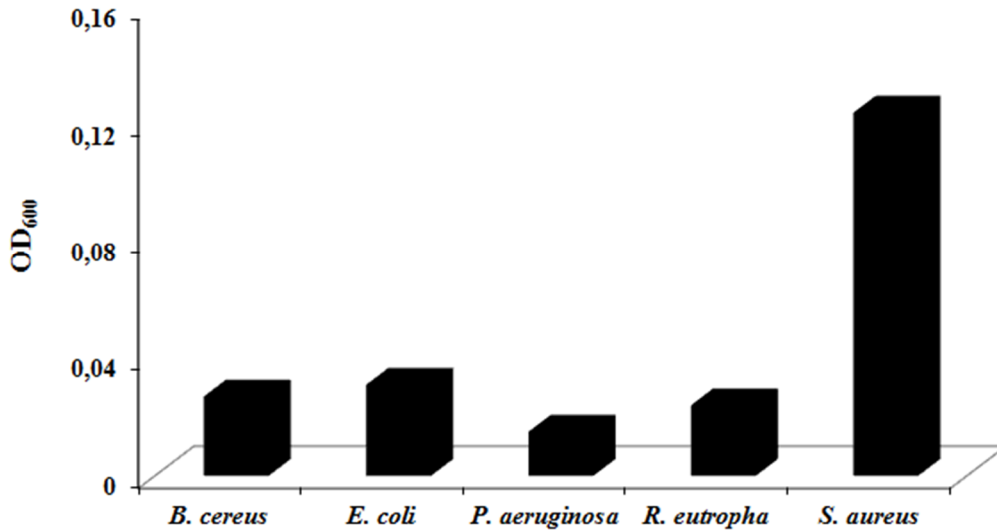
Şekil 4.7.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



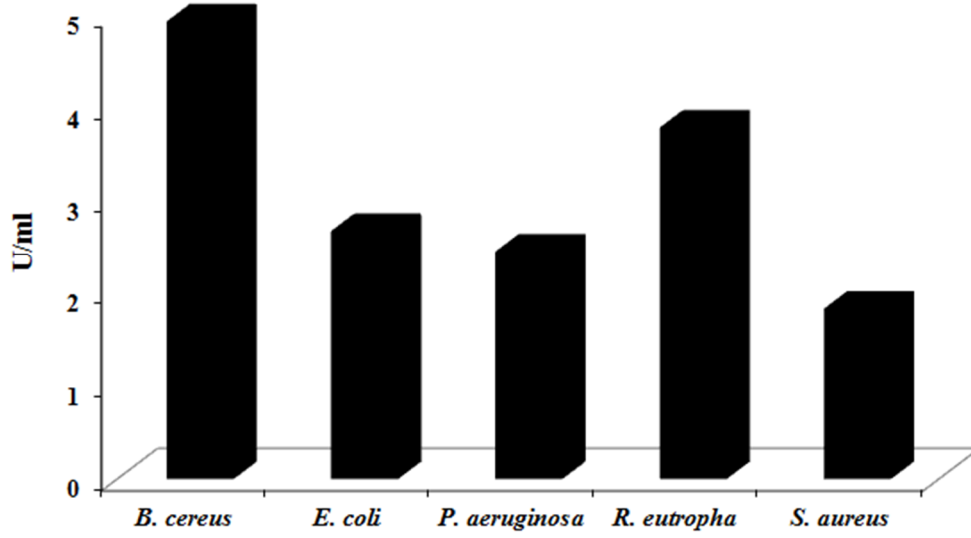
Şekil 4.7.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.027, *E. coli* 0.031, *P. aeruginosa* 0.015, *R. eutropha* 0.024, *S. aureus* 0.124 bulunmuştur (Şekil 4.8.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 4.917 U/ml, *E. coli* 2.665 U/ml, *P. aeruginosa* 2.443 U/ml, *R. eutropha* 3.776 U/ml, *S. aureus* 1.821 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.8.B).



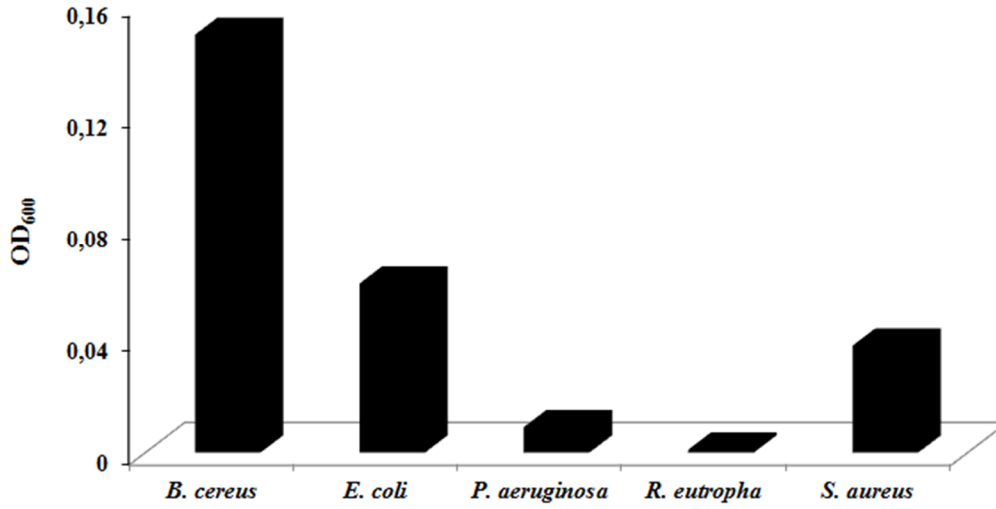
Şekil 4.8.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



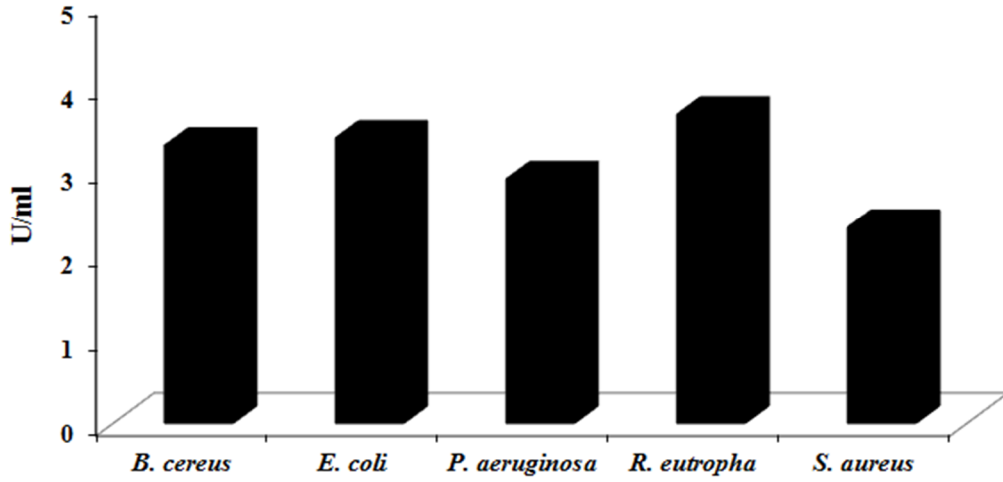
Şekil 4.8.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi

4.1.1.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm'de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.149, *E. coli* 0.06, *P. aeruginosa* 0.009, *R. eutropha* 0.001, *S. aureus* 0.038 bulunmuştur (Şekil 4.9.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 3.302 U/ml, *E. coli* 3.391 U/ml, *P. aeruginosa* 2.902, *R. eutropha* 3.673 U/ml, *S. aureus* 2.324 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.9.B).



Şekil 4.9.A: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm'de hücre yoğunluğu



Şekil 4.9.B: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.1.10 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi

NB varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (6.087 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (5.613 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (14.799 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (17.169 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.1.B).

4.1.1.11 Bakterilerde çalışılan karbon kaynaklarında ve 0 rpm’de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi

PBS + % 1 dekstrozu varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.265 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde, *R. eutropha* (3.584 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (4.487 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde, *P. aeruginosa* (4.473 U/ml) göstermiştir. Dekstrozu varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *S. aureus* (4.487 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *R. eutropha*’nın (3.584 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *R. eutropha*’ya göre 1.3 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.2.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.029) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.022)’dir. En yüksek hücre yoğunluğu ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.067) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.11)’dir (Şekil 4.2.A).

PBS + % 1 fruktoz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.932 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (4.458 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.199 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (5.658 U/ml) göstermiştir. Fruktoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *R. eutropha* (5.658 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *B. cereus*'un (2.932 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *B. cereus*'a göre 1.9 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.3.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.034) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.040)'dır. En yüksek hücre yoğunluğu ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.062) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.099)'dir (Şekil 4.3.A).

PBS + % 1 glikoz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.221 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (2.991 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.893 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (3.895 U/ml) göstermiştir. Glikoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *E. coli* (3.895 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *B. cereus*'un (2.221 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *E. coli*, *B. cereus*'a göre 1.8 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.4.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.015) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.013)'tür. En yüksek hücre yoğunluğu ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.055) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.063)'dir (Şekil 4.4.A).

PBS + % 1 ksiloz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.132 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (2.991 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.976 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (3.450 U/ml) bulunmuştur. Ksiloz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (3.450 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus*'un (2.132 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 1.6 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.5.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.007) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.024)'dır. En yüksek hücre

yoğunluğu ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.023) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.041)'dir (Şekil 4.5.A).

PBS + % 1 maltoz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.287 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.761 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.747 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (4.606 U/ml) göstermiştir. Maltoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (4.606 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus*'un (3.287 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 1.4 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.6.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.020) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.024)'tür. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.030) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* ve *R. eutropha* (0.025)'dir (Şekil 4.6.A).

PBS + % 1 ramnoz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde, *S. aureus* (2.487 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (2.132 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.947 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (4.250 U/ml) göstermiştir. Ramnoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (4.250 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *R. eutropha*'nın (2.132 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *R. eutropha*'ya göre 2 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.7.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.016) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.015)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.024) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.118)'dir (Şekil 4.7.A).

PBS + % 1 riboz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde, *S. aureus* (1.821 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde, *P. aeruginosa*'da (2.443 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.917 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.776 U/ml) göstermiştir. Riboz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *B. cereus* (4.917 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus*'un (1.821 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *B. cereus*, *S. aureus*'a göre 2.7 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.8.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.027) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.015)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.124) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.031)'dir (Şekil 4.8.A).

PBS + % 1 süktroz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde, *S. aureus* (2.324 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde, *P. aeruginosa* (2.902 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde, *B. cereus* (3.302 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde, *R. eutropha* (3.673 U/ml) göstermiştir. Süktroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *R. eutropha* (3.673 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus*'un (2.324 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *S. aureus*'a göre 1.6 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.9.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.038) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.009)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.149) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.06)'dir (Şekil 4.9.A).

Bu çalışma kapsamında çalıştığımız karbon kaynakları ve bakteriler düşünüldüğünde en yüksek ADI aktivitesi ile en düşük ADI aktivitesi arasındaki en büyük kat; PBS + % 1 riboz varlığında *B. cereus* (4.917 U/ml), *S. aureus*'a (1.821 U/ml) göre 2.7 kat ADI aktivitesi göstermiştir.

4.1.1.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 0 rpm'de ADI aktivitesinin karşılaştırılması

Monosakkarit varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *S. aureus* (1.821 U/ml) (Şekil 4.8.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında *R. eutropha*'da (2.132 U/ml) (Şekil 4.7.B) bulunmuştur.

Monosakkarit varlığında en yüksek ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *B. cereus* (4.917 U/ml) (Şekil 4.8.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında *R. eutropha*'da (5.658 U/ml) (Şekil 4.3.B) bulunmuştur.

Disakkarit varlığında en düşük ADI aktivitesi; PBS + % 1 süktroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.324 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (2.902 U/ml) (Şekil 4.9.B) bulunmuştur.

Disakkarit varlığında en yüksek ADI aktivitesi; PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.747 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (4.606 U/ml) (Şekil 4.6.B) bulunmuştur.

4.1.1.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 0 rpm’de ADI aktivitesinin karşılaştırılması

Aldoz varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *S. aureus* (1.821 U/ml) (Şekil 4.8.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında *R. eutropha*’da (2.132 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.7.B).

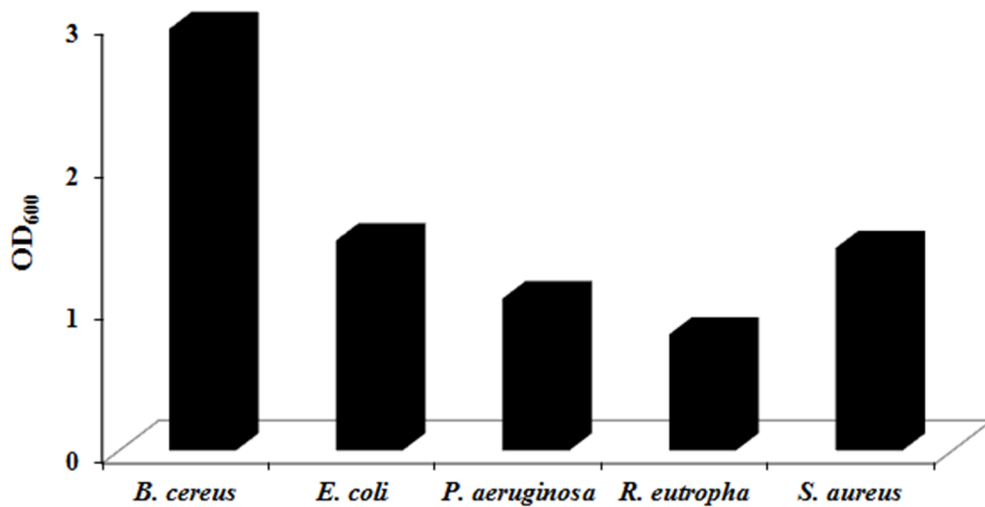
Aldoz varlığında en yüksek ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *B. cereus* (4.917 U/ml) (Şekil 4.8.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında *P. aeruginosa*’da (4.473 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.2.B).

Ketoz (PBS + % 1 fruktoz) varlığında en düşük ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.932 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (4.458 U/ml) bulunmuştur. En yüksek ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.199 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*’da (5.658 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.3.B).

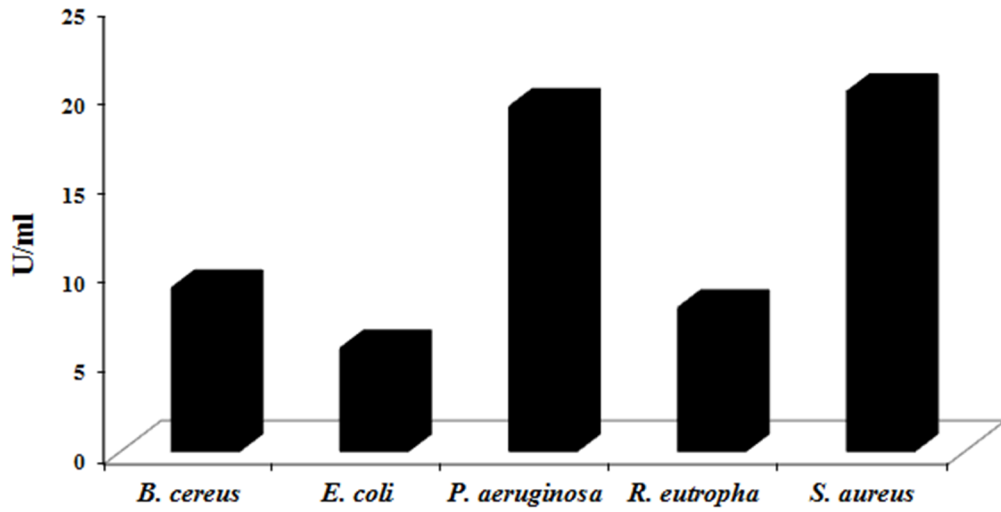
4.1.2 Bakterilerde 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.1 Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 2.947, *E. coli* 1.472, *P. aeruginosa* 1.06, *R. eutropha* 0.81, *S. aureus* 1.42 bulunmuştur (Şekil 4.10.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 9.08 U/ml, *E. coli* 5.732 U/ml, *P. aeruginosa* 19.243 U/ml, *R. eutropha* 7.984 U/ml, *S. aureus* 20.073 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.10.B).



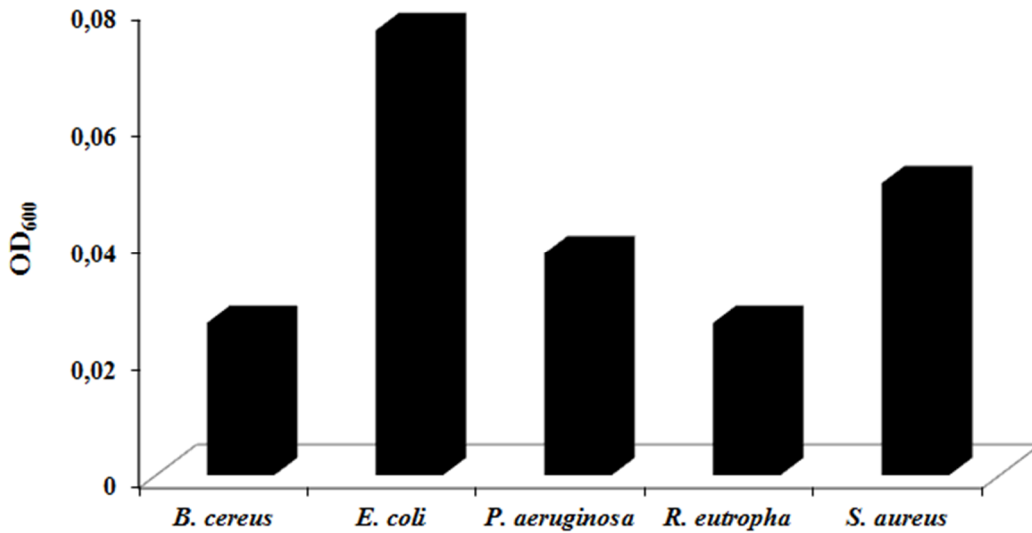
Şekil 4.10.A: Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



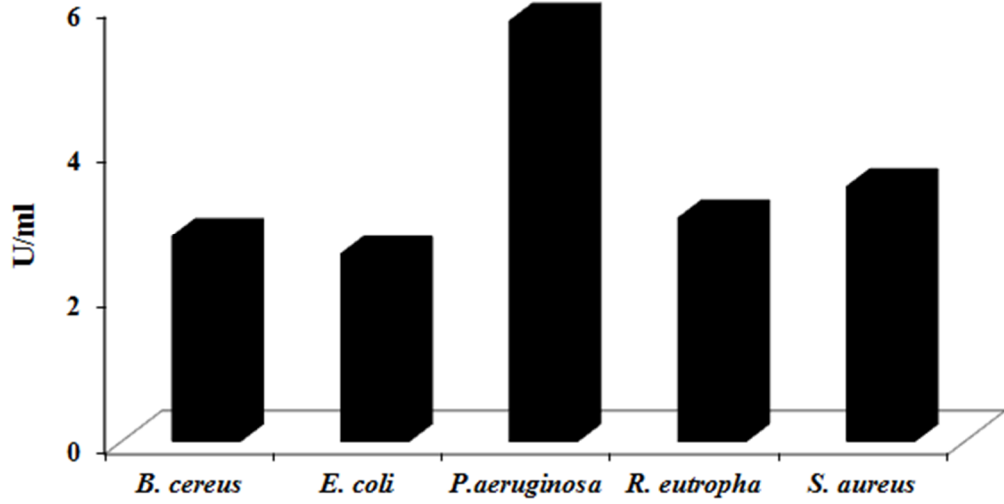
Şekil 4.10.B: Bakterilerde Nutrient Broth varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.026, *E. coli* 0.076, *P. aeruginosa* 0.038, *R. eutropha* 0.026, *S. aureus* 0.05 bulunmuştur (Şekil 4.11.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.813 U/ml, *E. coli* 2.561 U/ml, *P. aeruginosa* 5.761 U/ml, *R. eutropha* 3.065 U/ml, *S. aureus* 3.495 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.11.B).



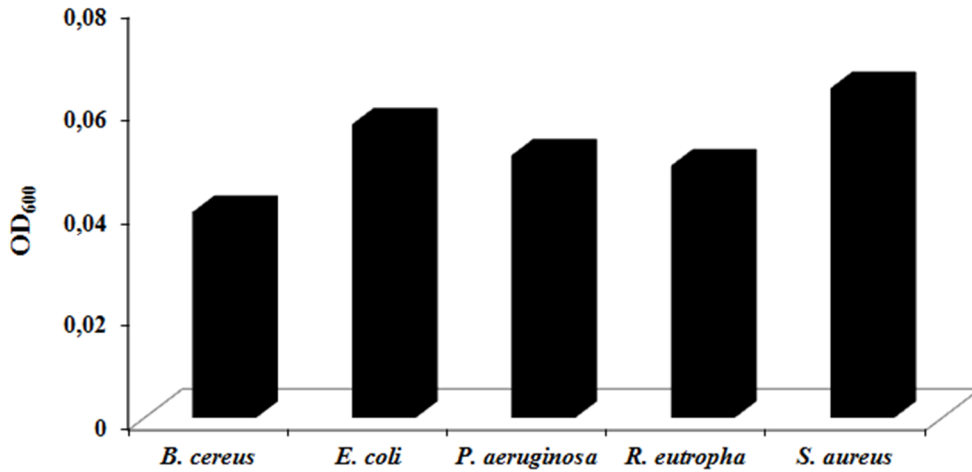
Şekil 4.11.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



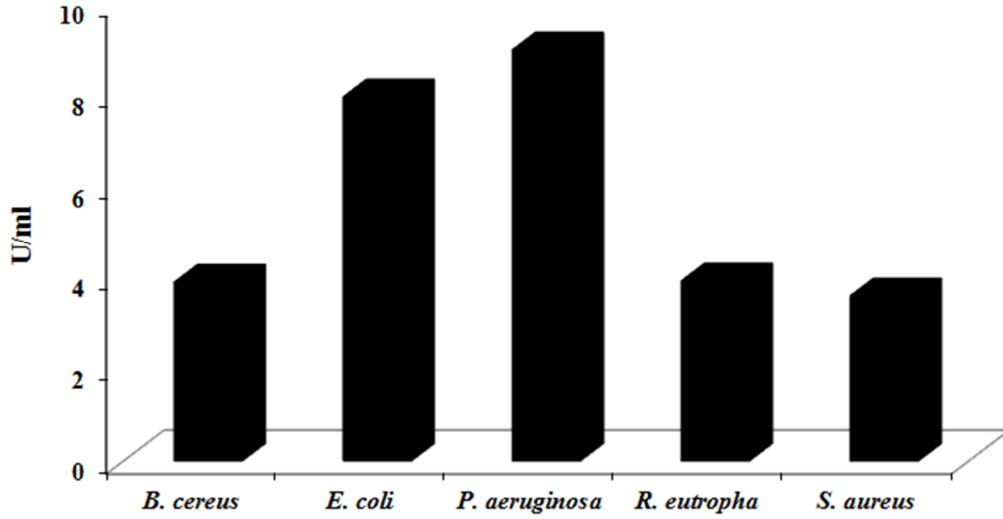
Şekil 4.11.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.04, *E. coli* 0.057, *P. aeruginosa* 0.051, *R. eutropha* 0.049, *S. aureus* 0.064 bulunmuştur (Şekil 4.12.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 3.895 U/ml, *E. coli* 7.954 U/ml, *P. aeruginosa* 8.976 U/ml, *R. eutropha* 3.924 U/ml, *S. aureus* 3.599 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.12.B).



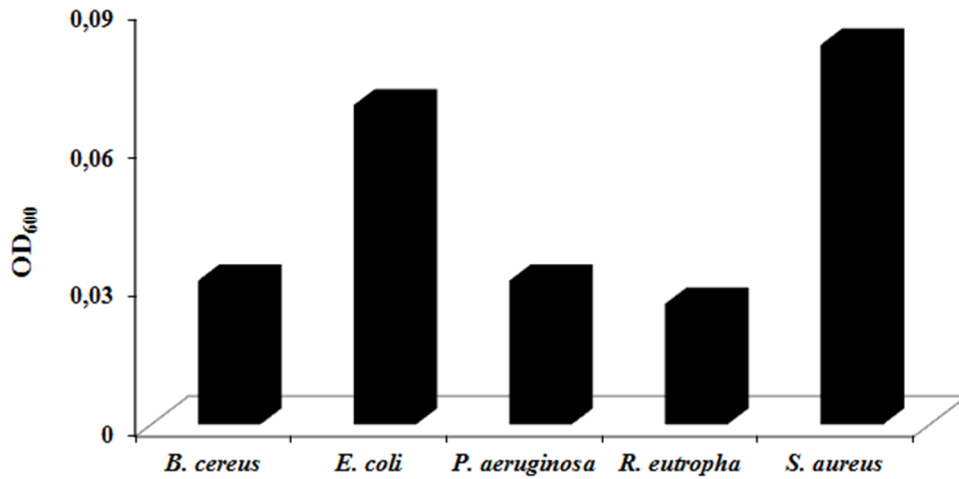
Şekil 4.12.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



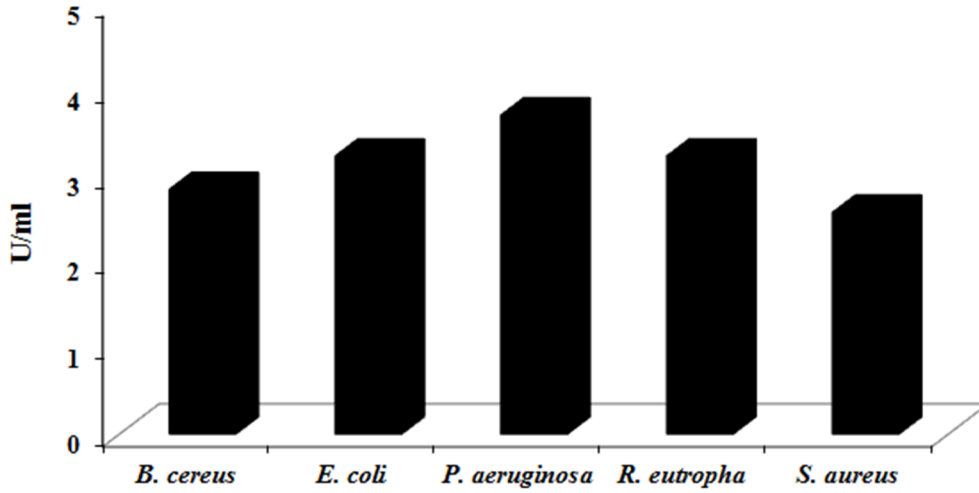
Şekil 4.12.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.031, *E. coli* 0.069, *P. aeruginosa* 0.031, *R. eutropha* 0.026, *S. aureus* 0.082 bulunmuştur (Şekil 4.13.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.843 U/ml, *E. coli* 3.228 U/ml, *P. aeruginosa* 3.702 U/ml, *R. eutropha* 3.228 U/ml, *S. aureus* 2.576 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.13.B)



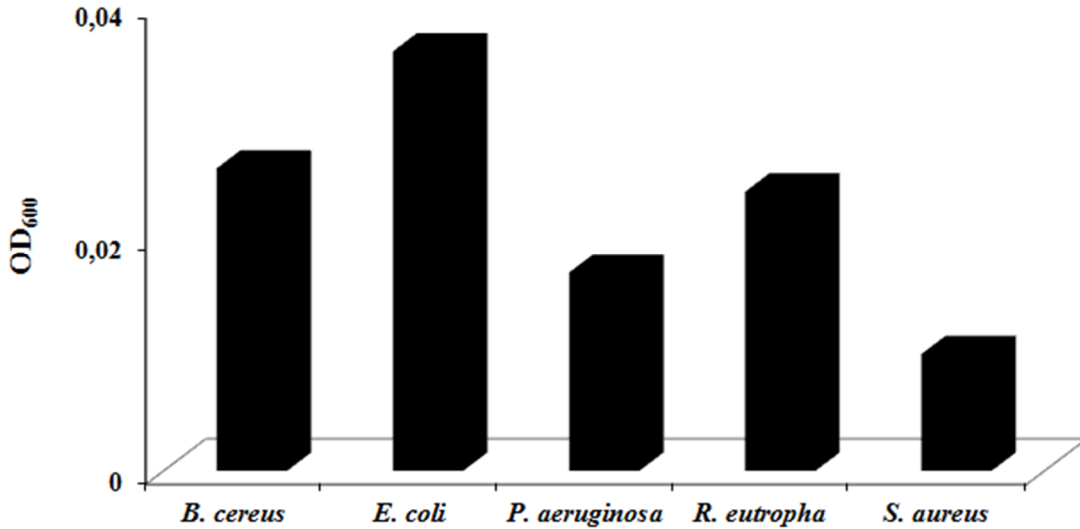
Şekil 4.13.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



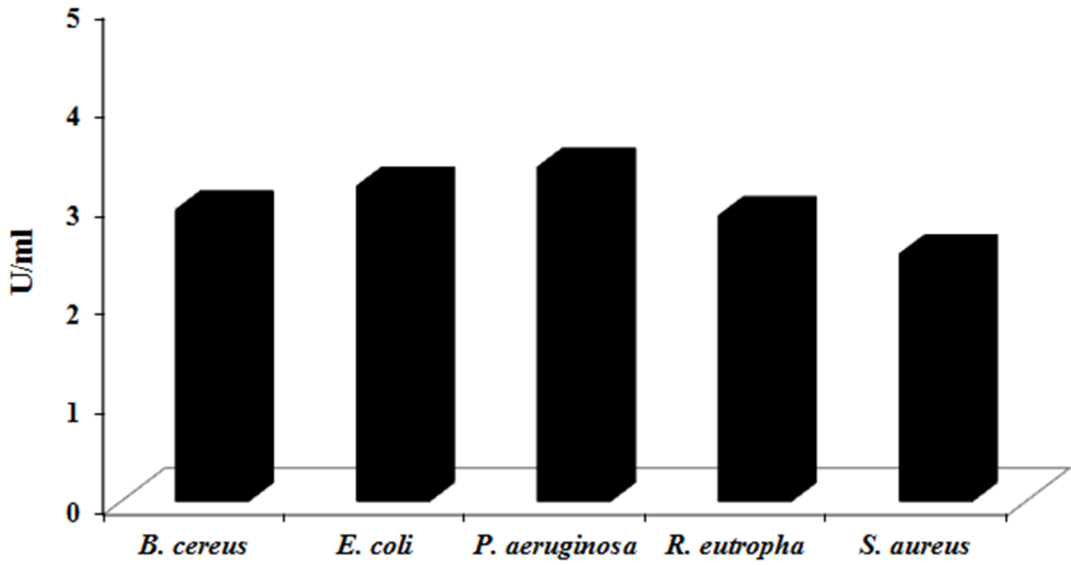
Şekil 4.13.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.026, *E. coli* 0.036, *P. aeruginosa* 0.017, *R. eutropha* 0.024, *S. aureus* 0.010 bulunmuştur (Şekil 4.14.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.932 U/ml, *E. coli* 3.169 U/ml, *P. aeruginosa* 3.361 U/ml, *R. eutropha* 2.873 U/ml, *S. aureus* 2.487 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.14.B).



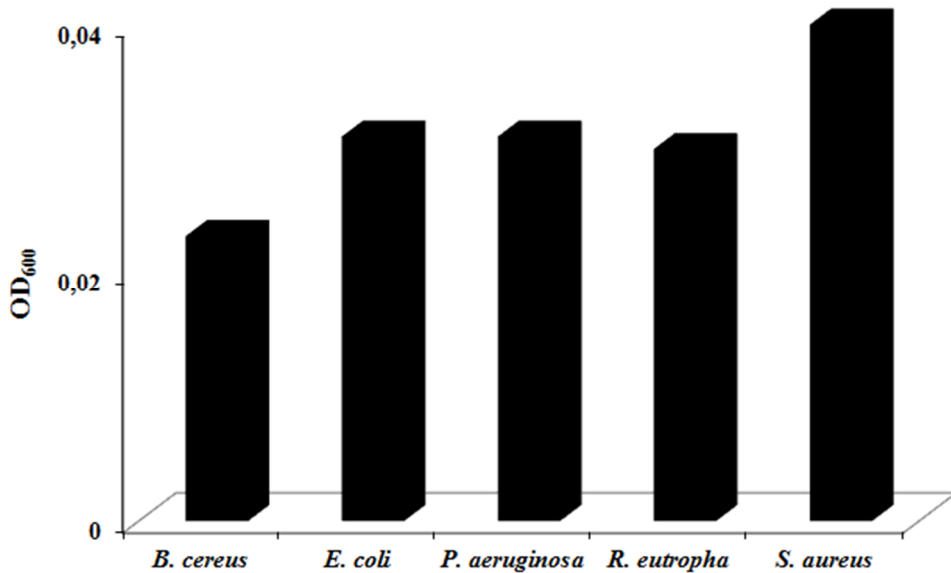
Şekil 4.14.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



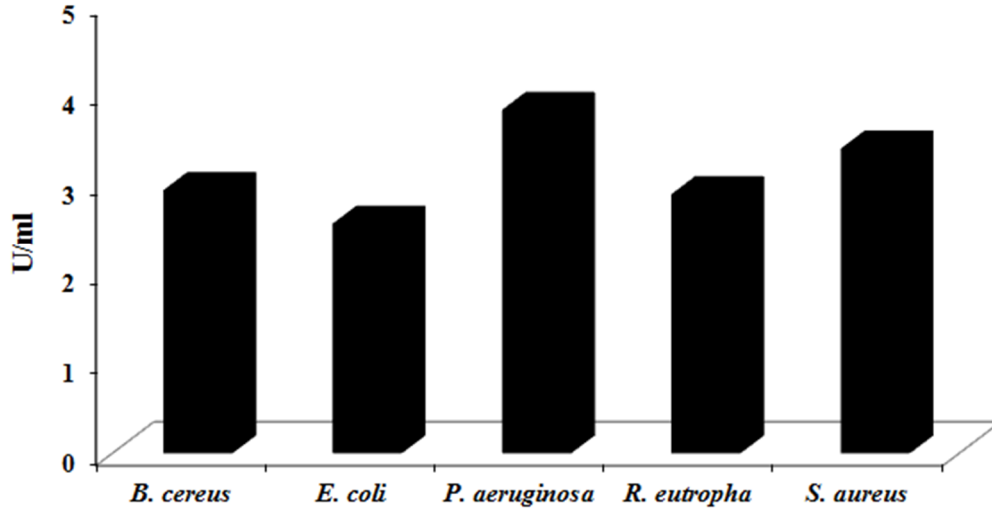
Şekil 4.14.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.023, *E. coli* 0.031, *P. aeruginosa* 0.031; *R. eutropha* 0.03, *S. aureus* 0.04 bulunmuştur (Şekil 4.15.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.917 U/ml, *E. coli* 2.547 U/ml, *P. aeruginosa* 3.806 U/ml, *R. eutropha* 2.873 U/ml, *S. aureus* 3.376 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.15.B).



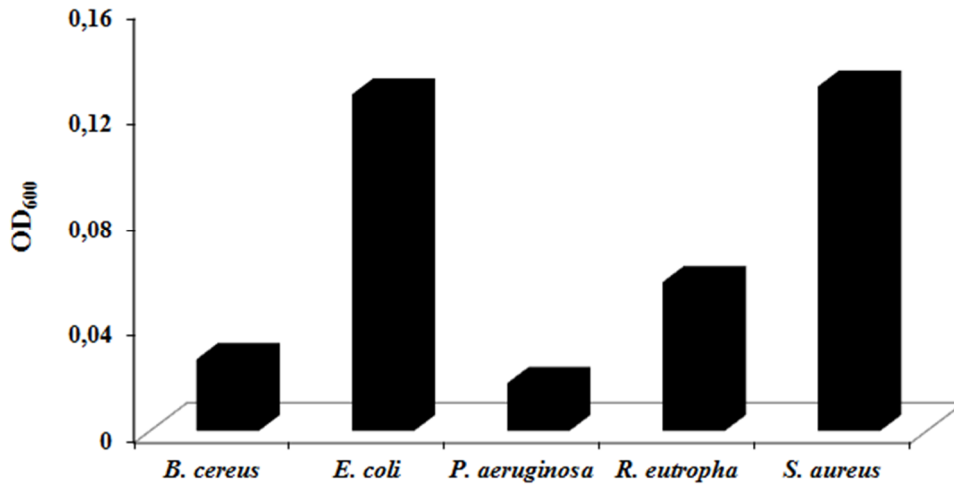
Şekil 4.15.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



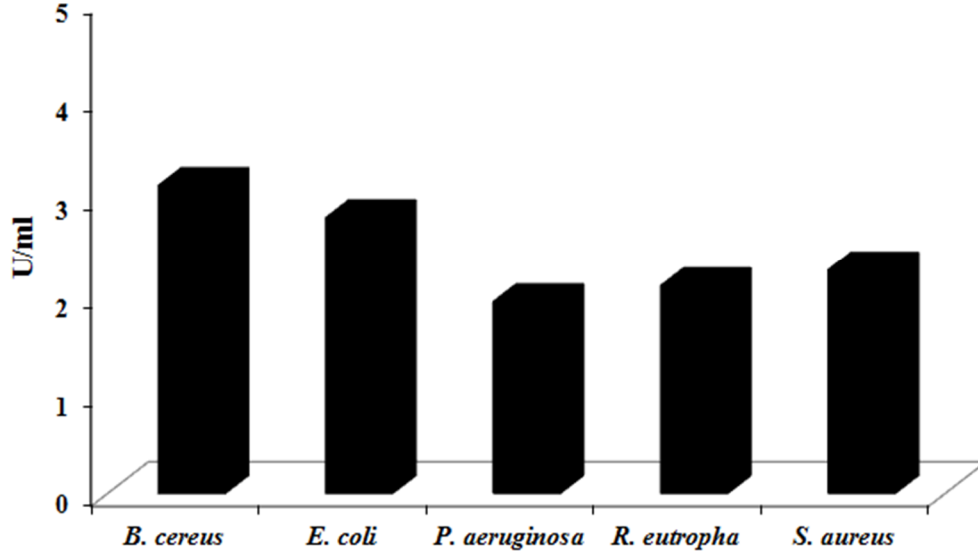
Şekil 4.15.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.027, *E. coli* 0.127; *P. aeruginosa* 0.018, *R. eutropha* 0.056, *S. aureus* 0.13 bulunmuştur (Şekil 4.16.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 3.124 U/ml, *E. coli* 2.799 U/ml; *P. aeruginosa* 1.939 U/ml, *R. eutropha* 2.102 U/ml, *S. aureus* 2.651 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.16.B).



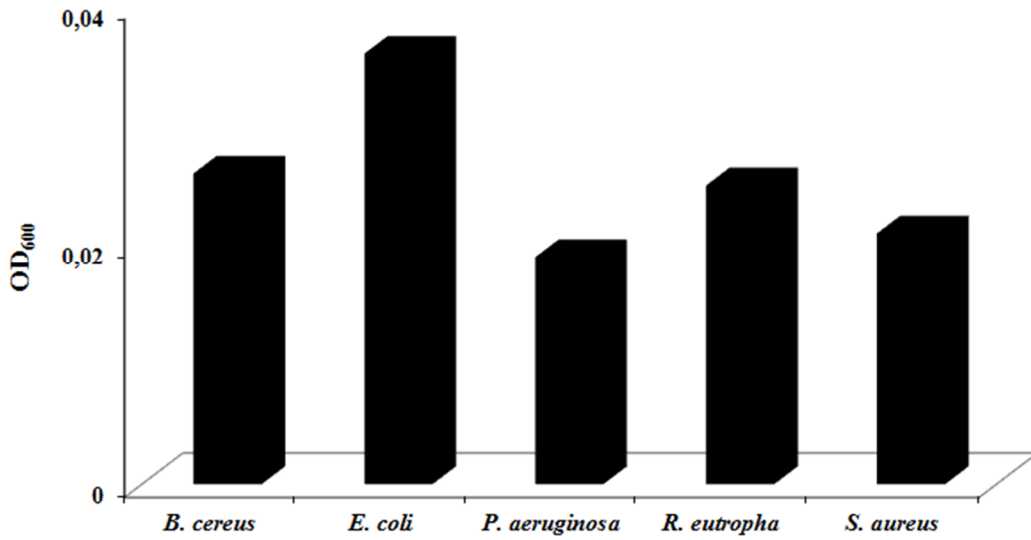
Şekil 4.16.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



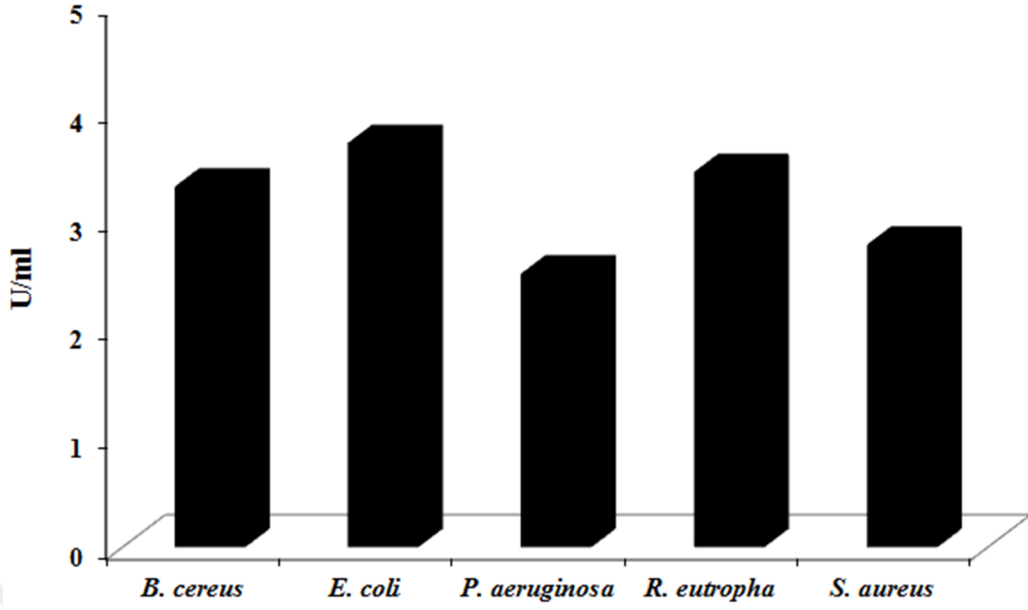
Şekil 4.16.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.026, *E. coli* 0.036, *P. aeruginosa* 0.019, *R. eutropha* 0.025, *S. aureus* 0.021 bulunmuştur (Şekil 4.17.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 3.302 U/ml, *E. coli* 3.702 U/ml, *P. aeruginosa* 2.502 U/ml, *R. eutropha* 3.436 U/ml, *S. aureus* 2.769 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.17.B).



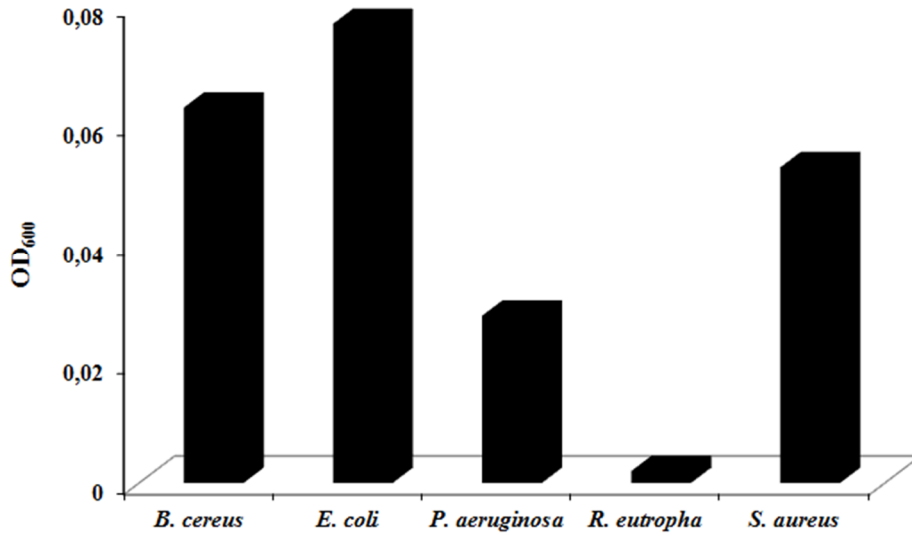
Şekil 4.17.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



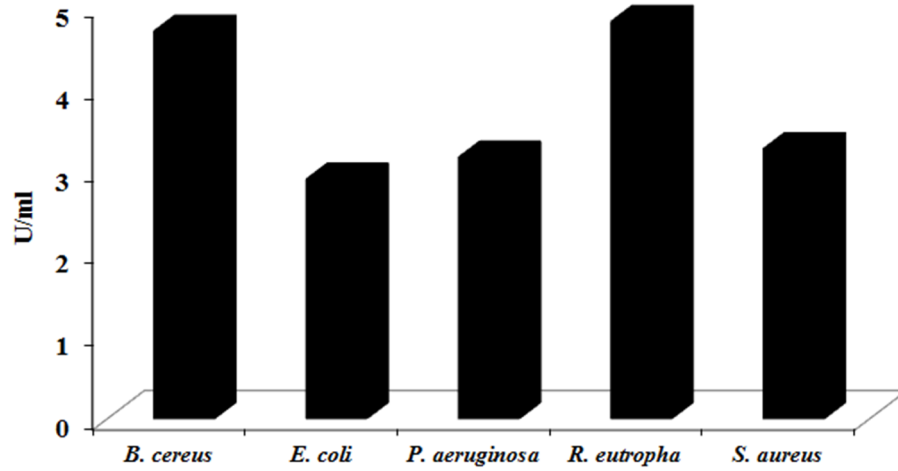
Şekil 4.17.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.063, *E. coli* 0.077, *P. aeruginosa* 0.028, *R. eutropha* 0.002, *S. aureus* 0.053 bulunmuştur (Şekil 4.18.A). Bakterilerde ADI aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 4.695 U/ml, *E. coli* 2.902 U/ml, *P. aeruginosa* 3.169 U/ml, *R. eutropha* 4.813 U/ml, *S. aureus* 3.273 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.18.B).



Şekil 4.18.A: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



Şekil 4.18.B: Bakterilerde PBS + % 1 sükröz varlığında ve 150 rpm’de ADI aktivitesi

4.1.2.10 Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi

NB varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (9.08 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (5.732 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (20.073 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (19.243 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.10.B).

4.1.2.11 Bakterilerde çalışılan karbon kaynaklarında ve 150 rpm’de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi

PBS + % 1 dekstroz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.813 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (2.561 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.494 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (5.761 U/ml) göstermiştir. Dekstroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (5.761 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *E. coli*’nin (2.561 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *E. coli*’ye göre 2.2 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.11.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.026) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.026)’dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.050) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.076)’dir (Şekil 4.11.A).

PBS + % 1 fruktoz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.599 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.924 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.895 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (8.976 U/ml) göstermiştir. Fruktoz varlığında çalışılan

bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (8.976 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus*'un (3.599 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 2.5 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.12.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.040) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.049)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.064) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.057)'dir (Şekil 4.12.A).

PBS + % 1 glikoz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.576 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.228 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.843 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (3.702 U/ml) göstermiştir. Glikoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (3.702 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus*'un (2.576 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 1.4 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.13.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.031) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.026)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.082) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.069)'dir (Şekil 4.13.A).

PBS + % 1 ksiloz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.487 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (2.873 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.932 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (3.361 U/ml) göstermiştir. Ksiloz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (3.361 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus*'un (2.487 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 1.4 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.14.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.010) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.017)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.026) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.036)'dir (Şekil 4.14.A).

PBS + % 1 maltoz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.917 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (2.547 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.376 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (3.806 U/ml) göstermiştir. Maltoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (3.806 U/ml) ile en düşük ADI

aktivitesine sahip *E. coli* (2.547 U/ml) karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *E. coli*'ye göre 1.5 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.15.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.023) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.030)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.040) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* ve *P. aeruginosa* (0.031)'dir (Şekil 4.15.A).

PBS + % 1 ramnoz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.265 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.94 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.124 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (2.80 U/ml) göstermiştir. Ramnoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *B. cereus* (3.124 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa*'nın (1.94 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *B. cereus*, *P. aeruginosa*'ya göre 1.6 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.16.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.027) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.018)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.130) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.127)'dir (Şekil 4.16.A).

PBS + % 1 riboz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* 2.769 U/ml; Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* 2.502 U/ml bulunmuştur. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* 3.302 U/ml; Gram (-) bakterilerde *E. coli* 3.702 U/ml bulunmuştur. Riboz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *E. coli* (3.702 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa*'nın (2.502 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *E. coli*, *P. aeruginosa*'ya göre 1.5 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.17.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.021) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.019)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.026) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.036)'dir (Şekil 4.17.A).

PBS + % 1 süktroz varlığında en düşük ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.273 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (2.902 U/ml) göstermiştir. En yüksek ADI aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.695 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (4.813 U/ml) göstermiştir. Süktroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek ADI aktivitesine sahip *R. eutropha* (4.813 U/ml) ile en düşük ADI

aktivitesine sahip *E. coli*'nin (2.902 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *E. coli*'ye göre 1.7 kat ADI aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.18.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.053) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.002)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.063) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.077)'dir (Şekil 4.18.A).

4.1.2.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi

Monosakkarit varlığında en düşük ADI aktivitesi; PBS + % 1 ramnoz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.265 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (1.939 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.16.B).

Monosakkarit varlığında en yüksek ADI aktivitesi; PBS + % 1 fruktoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.895 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (8.976 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.12.B).

Disakkarit varlığında en düşük ADI aktivitesi; PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.917 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli*'de (2.547 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.17.B).

Disakkarit varlığında en yüksek ADI aktivitesi; PBS + % 1 sükroz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.695 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*'da (4.813 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.18.B).

4.1.2.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek ADI aktivitesi

Aldoz varlığında en yüksek ADI aktivitesi; PBS + % 1 dekstroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.495 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (5.761 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.11.B).

Ketoz (PBS + % 1 fruktoz) varlığında en yüksek ADI aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.895 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (8.976 U/ml) göstermiştir. Fruktoz varlığında en düşük ADI aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.599 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*'da (3.924 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.12.B).

4.1.3 Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de ADI aktivitesinin karşılaştırılması

Tez kapsamında yapılan çalışmada bakterilerin 0 rpm ve 150 rpm’deki ADI aktivitesi değerleri karşılaştırmalı olarak en düşük (Çizelge 4.1) - en yüksek (Çizelge 4.2) olarak aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de, farklı karbon kaynakları varlığında en düşük ADI aktivitesi

BAKTERİLER	0 RPM	150 RPM
<i>B. cereus</i>	PBS + % 1 glikoz 2.221 U/ml	PBS + % 1 dekstroz 2.813 U/ml
<i>E. coli</i>	PBS +% 1 ramnoz 2.384 U/ml	PBS + % 1 maltoz 2.547 U/ml
<i>P. aeruginosa</i>	PBS + % 1 riboz 2.443 U/ml	PBS + % 1 ramnoz 1.939 U/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS +% 1 ramnoz 2.132 U/ml	PBS +% 1 ramnoz 2.102 U/ml
<i>S. aureus</i>	PBS + % 1 riboz 1.821 U/ml	PBS +% 1 ramnoz 2.265 U/ml

Çizelge 4.2: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de, farklı karbon kaynakları varlığında en yüksek ADI aktivitesi

BAKTERİLER	0 RPM	150 RPM
<i>B. cereus</i>	PBS +% 1 ramnoz 4.917 U/ml	PBS + % 1 sükroz 4.695 U/ml
<i>E. coli</i>	PBS + % 1 fruktoz 4.458 U/ml	PBS + % 1 fruktoz 7.954 U/ml
<i>P. aeruginosa</i>	PBS + % 1 fruktoz 4.991 U/ml	PBS + % 1 fruktoz 8.976 U/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 fruktoz 5.658 U/ml	PBS + % 1 Sükroz 4.813 U/ml
<i>S. aureus</i>	PBS + % 1 dekstroz 4.487 U/ml	PBS + % 1 fruktoz 3.599 U/ml

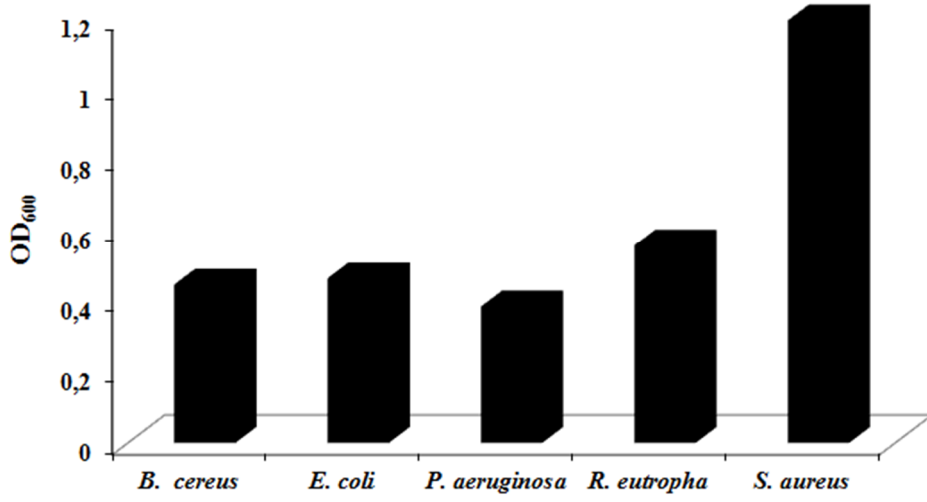
4.2 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynakları Varlığında PHB Üretimi

4.2.1 Bakterilerde 0 rpm’de PHB üretimi

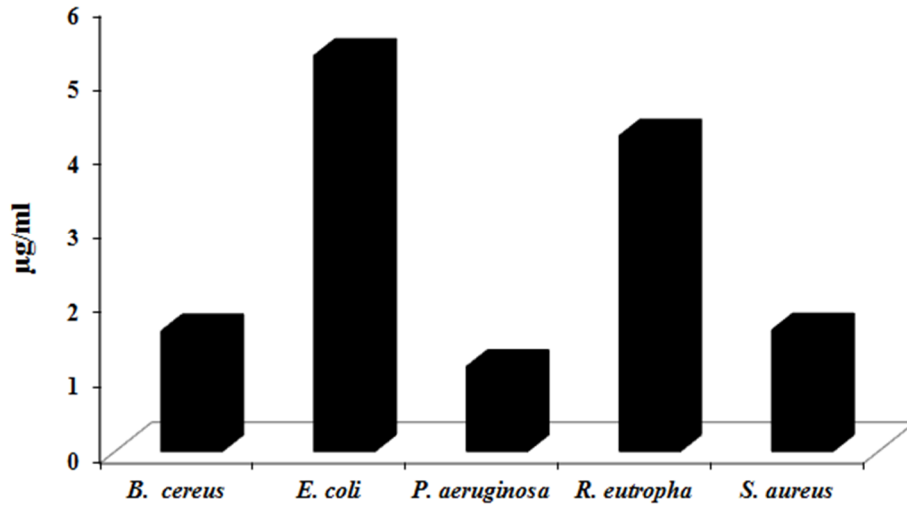
4.2.1.1 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.446, *E. coli* 0.464, *P. aeruginosa* 0.384, *R. eutropha* 0.558, *S. aureus* 1.193 bulunmuştur (Şekil 4.19.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 1.605 µg/ml, *E. coli* 5.306 µg/ml, *P.*

aeruginosa 1.129 $\mu\text{g/ml}$, *R. eutropha* 4.231 $\mu\text{g/ml}$, *S. aureus* 1.619 $\mu\text{g/ml}$ bulunmuştur (Şekil 4.19.B).



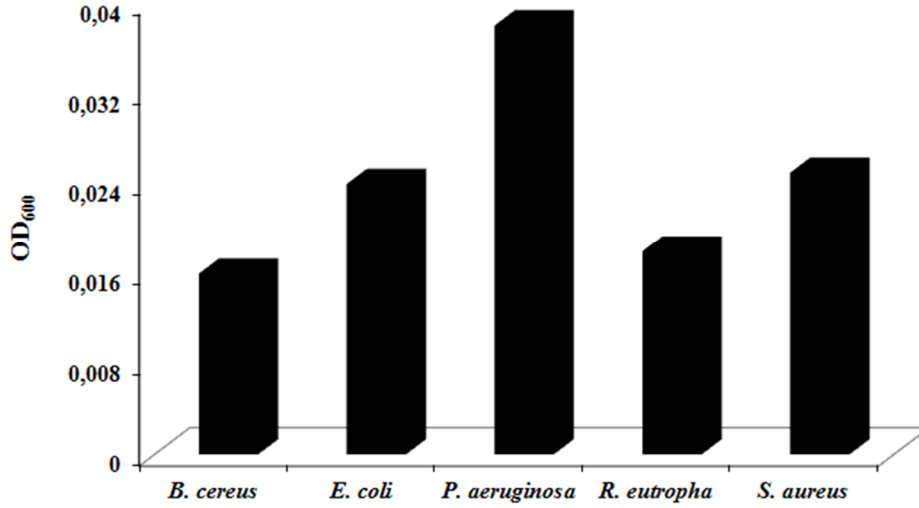
Şekil 4.19.A: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



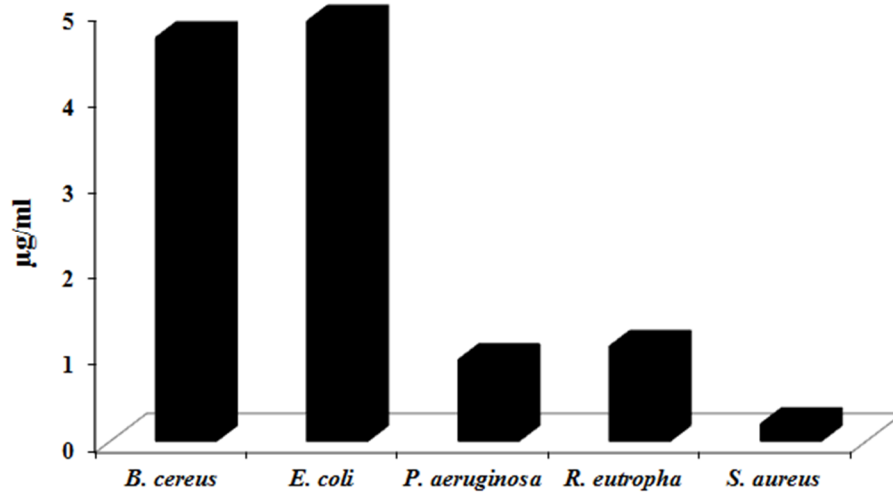
Şekil 4.19.B: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.016, *E. coli* 0.024, *P. aeruginosa* 0.038, *R. eutropha* 0.018, *S. aureus* 0.025 bulunmuştur (Şekil 4.20.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.673 $\mu\text{g/ml}$, *E. coli* 4.864 $\mu\text{g/ml}$, *P. aeruginosa* 0.939 $\mu\text{g/ml}$, *R. eutropha* 1.095 $\mu\text{g/ml}$, *S. aureus* 0.197 $\mu\text{g/ml}$ bulunmuştur (Şekil 4.20.B).



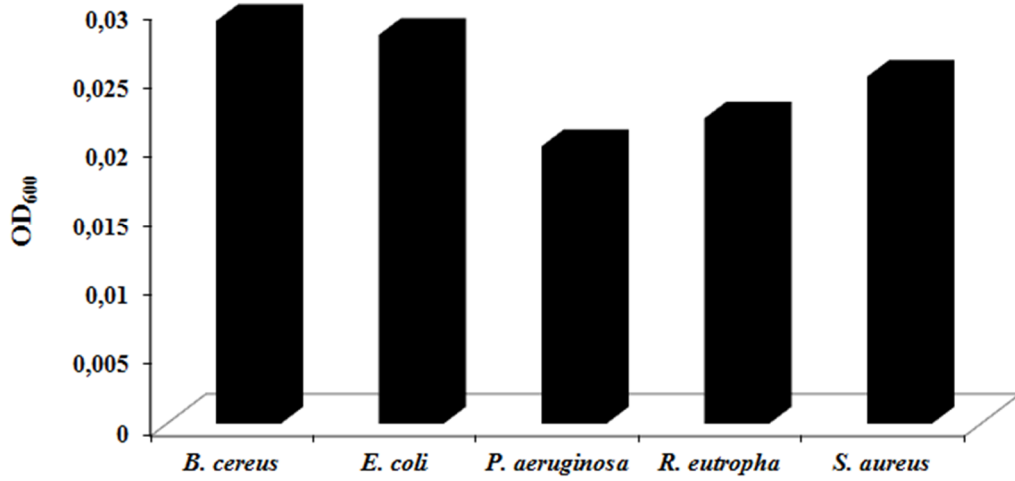
Şekil 4.20.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



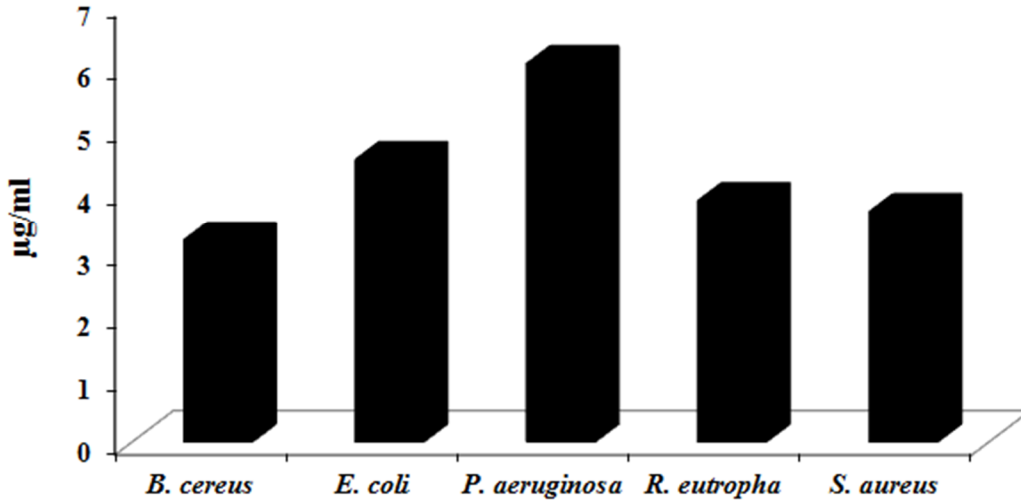
Şekil 4.20.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.029, *E. coli* 0.028, *P. aeruginosa* 0.02, *R. eutropha* 0.022, *S. aureus* 0.025 bulunmuştur (Şekil 4.21.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 3.218 µg/ml, *E. coli* 4.510 µg/ml, *P. aeruginosa* 6.041 µg/ml, *R. eutropha* 3.857 µg/ml, *S. aureus* 3.680 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.21.B).



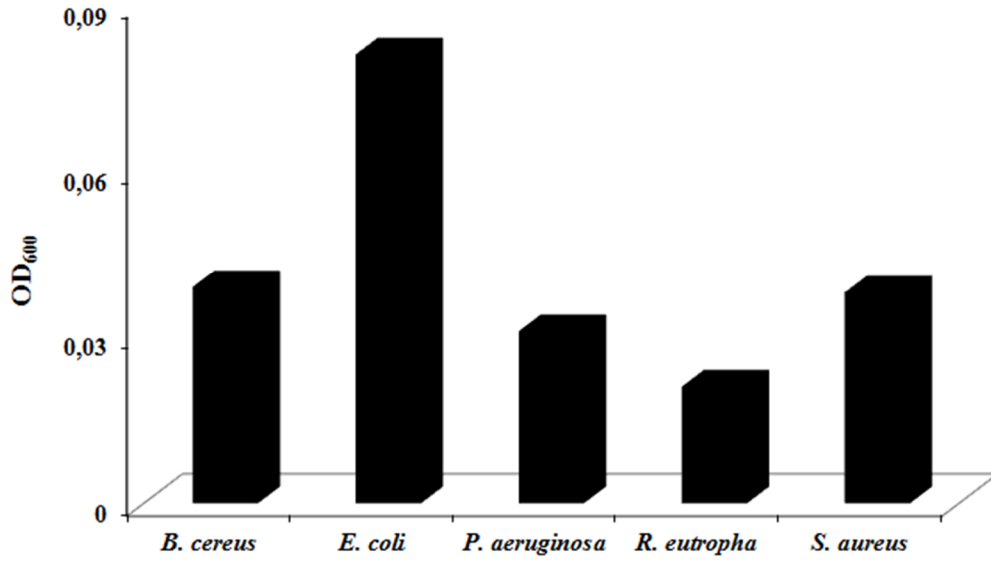
Şekil 4.21.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



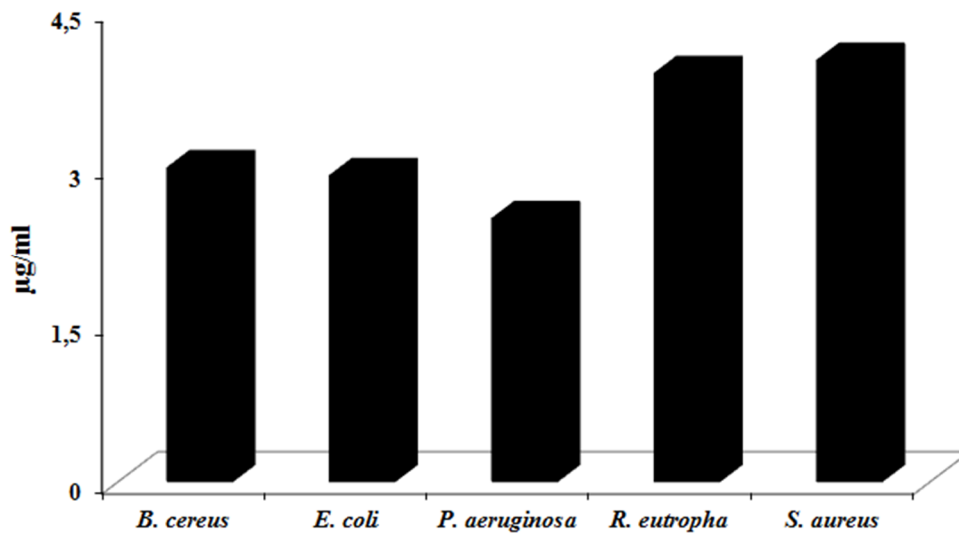
Şekil 4.21.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.039, *E. coli* 0.081, *P. aeruginosa* 0.031, *R. eutropha* 0.021, *S. aureus* 0.038 bulunmuştur (Şekil 4.22.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 2.993 µg/ml, *E. coli* 2.918 µg/ml, *P. aeruginosa* 2.510 µg/ml, *R. eutropha* 3.891 µg/ml, *S. aureus* 4.014 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.22.B).



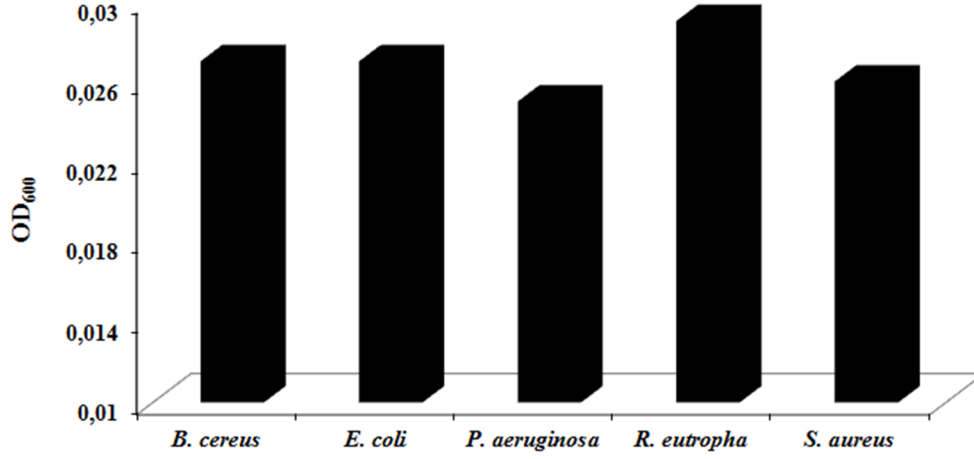
Şekil 4.22.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



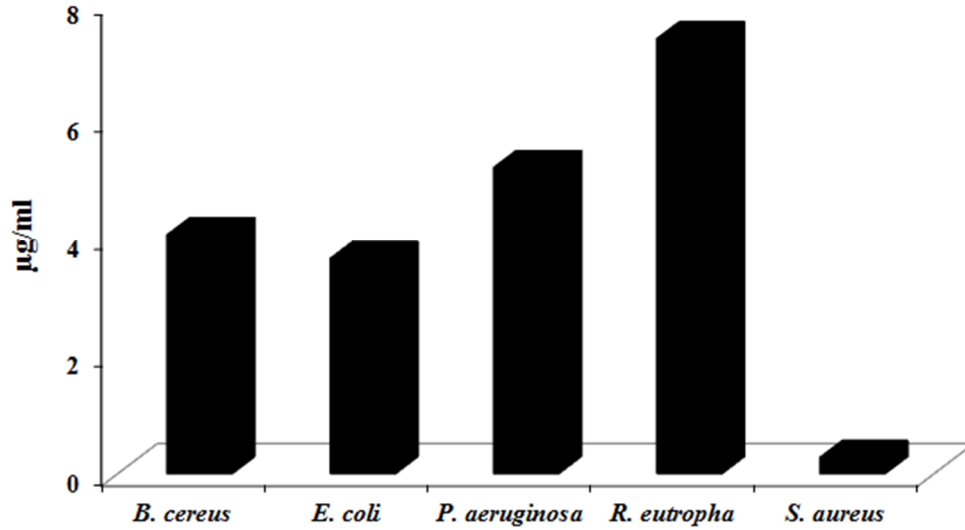
Şekil 4.22.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.027, *E. coli* 0.027, *P. aeruginosa* 0.025, *R. eutropha* 0.029, *S. aureus* 0.026 bulunmuştur (Şekil 4.23.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.061 µg/ml, *E. coli* 3.646 µg/ml, *P. aeruginosa* 5.204 µg/ml, *R. eutropha* 7.395 µg/ml, *S. aureus* 0.272 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.23.B).



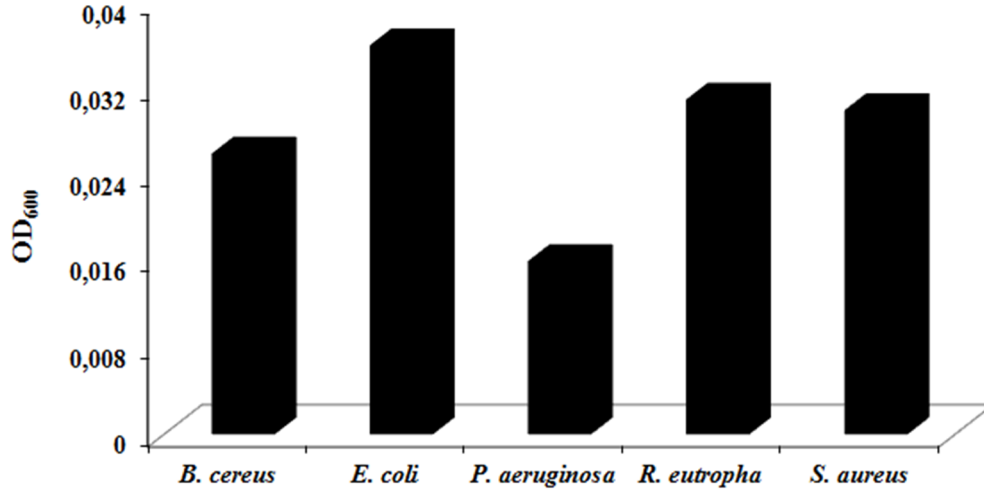
Şekil 4.23.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



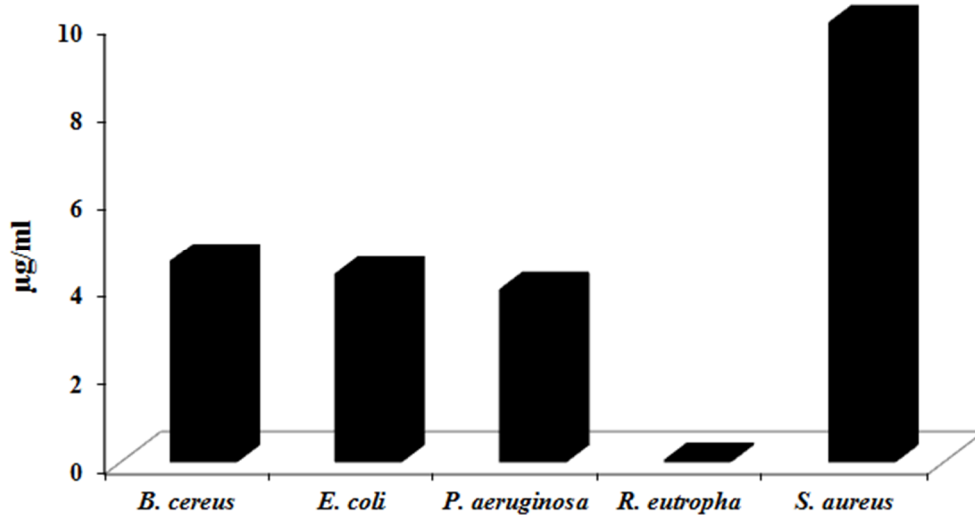
Şekil 4.23.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.026, *E. coli* 0.036, *P. aeruginosa* 0.016, *R. eutropha* 0.031, *S. aureus* 0.03 bulunmuştur (Şekil 4.24.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.544 µg/ml, *E. coli* 4.251 µg/ml, *P. aeruginosa* 3.898 µg/ml, *R. eutropha* 0.027 µg/ml, *S. aureus* 9.972 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.24.B).



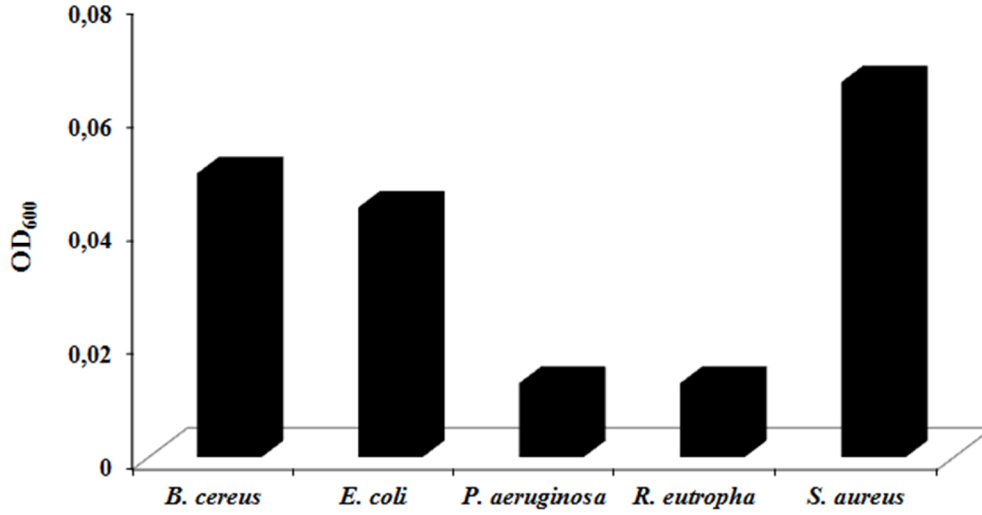
Şekil 4.24.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



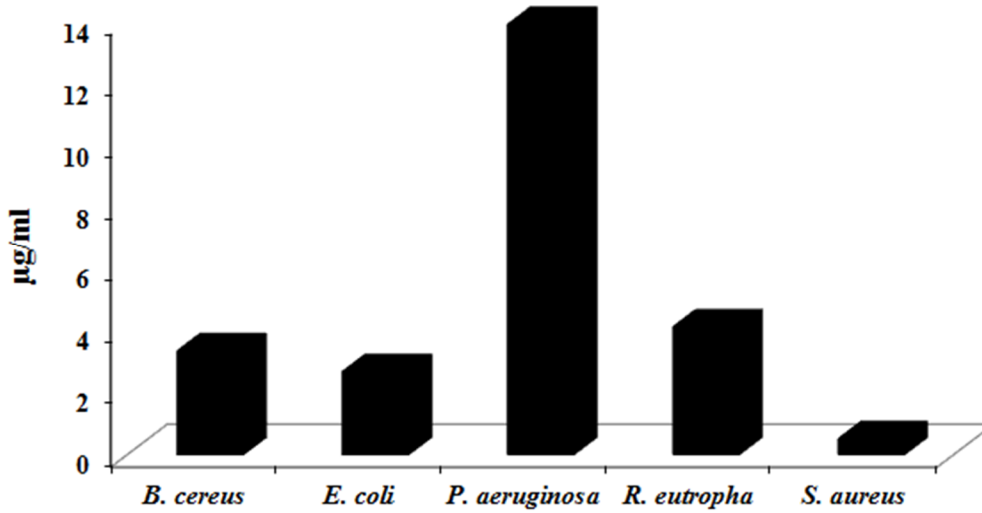
Şekil 4.24.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.05, *E. coli* 0.044, *P. aeruginosa* 0.013, *R. eutropha* 0.013, *S. aureus* 0.066 bulunmuştur (Şekil 4.25.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 3.333 µg/ml, *E. coli* 2.666 µg/ml, *P. aeruginosa* 13.905 µg/ml, *R. eutropha* 4.109 µg/ml, *S. aureus* 0.497 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.25.B).



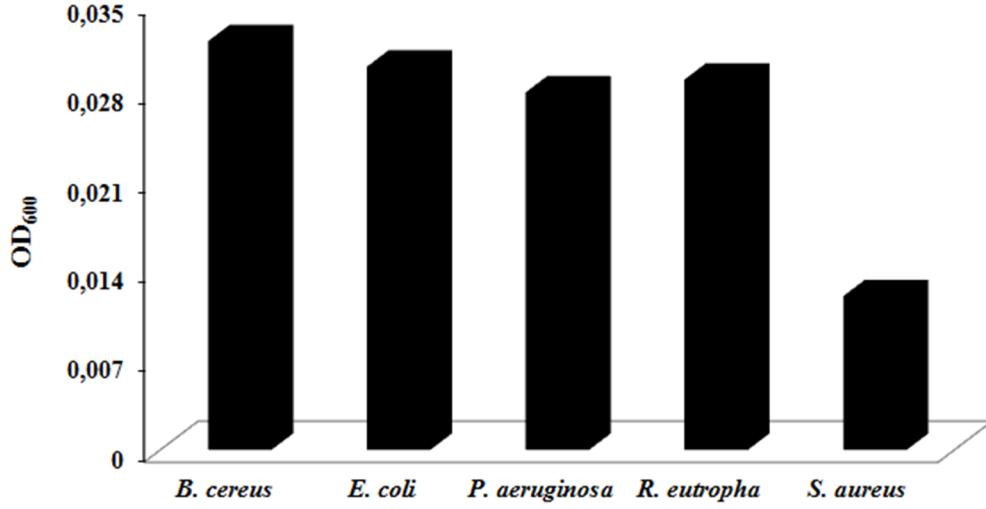
Şekil 4.25.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



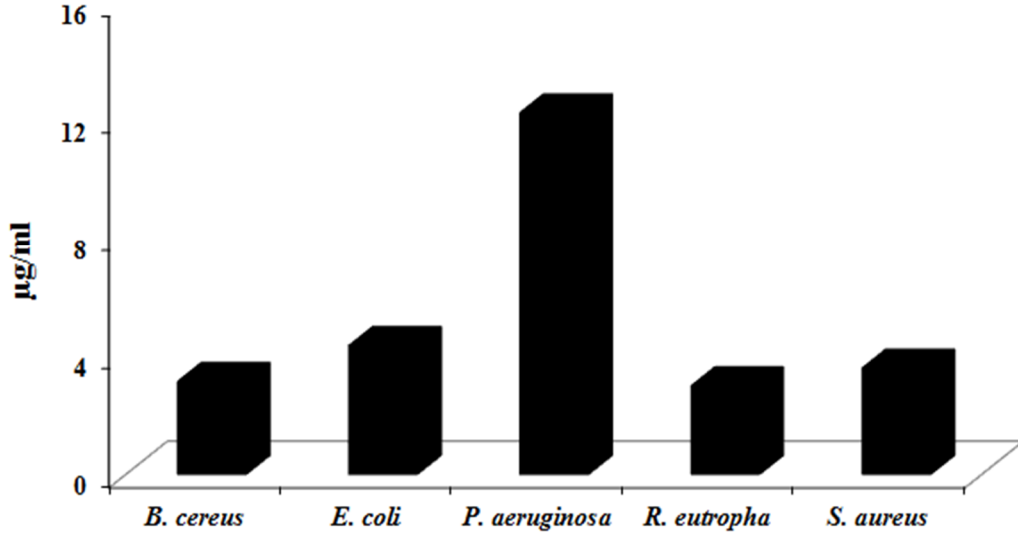
Şekil 4.25.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.032, *E. coli* 0.030, *P. aeruginosa* 0.028, *R. eutropha* 0.029, *S. aureus* 0.012 bulunmuştur (Şekil 4.26.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 3.129 µg/ml, *E. coli* 4.340 µg/ml, *P. aeruginosa* 12.272 µg/ml, *R. eutropha* 2.979 µg/ml, *S. aureus* 3.585 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.26.B).



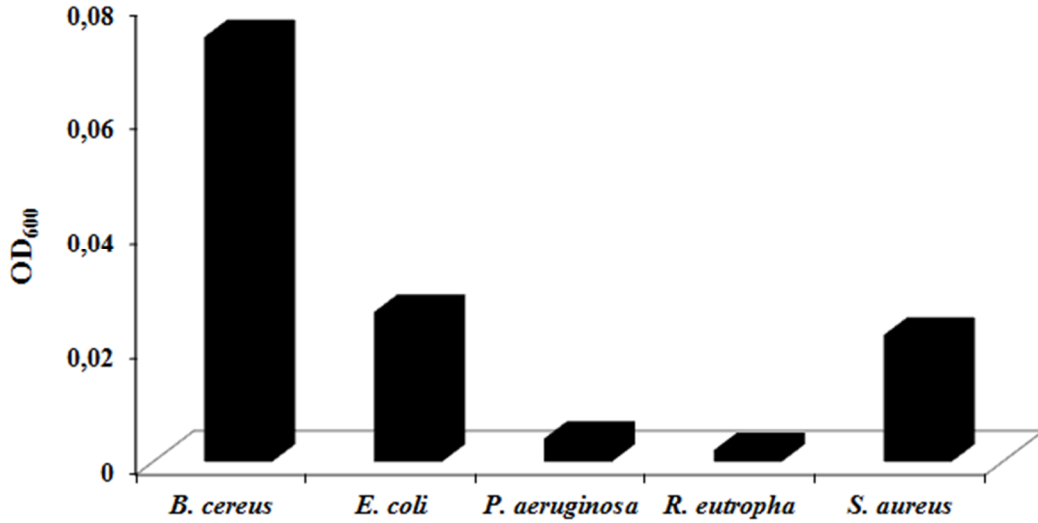
Şekil 4.26.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



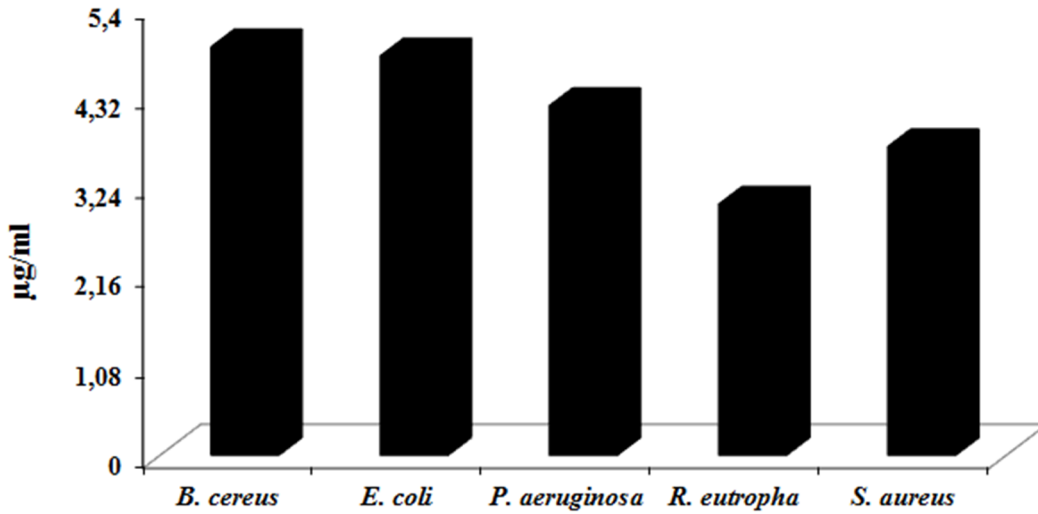
Şekil 4.26.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.074, *E. coli* 0.026, *P. aeruginosa* 0.004, *R. eutropha* 0.002, *S. aureus* 0.022 bulunmuştur (Şekil 4.27.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.912 µg/ml, *E. coli* 4.803 µg/ml, *P. aeruginosa* 4.205 µg/ml, *R. eutropha* 3.02 µg/ml, *S. aureus* 3.714 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.27.B).



Şekil 4.27.A: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



Şekil 4.27.B: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm’de PHB üretimi

4.2.1.10 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de en düşük-en yüksek PHB üretimi

NB varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.605 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.129 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.619 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (5.306 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.19.B).

4.2.1.11 Bakterilerde çalışılan karbon kaynakları varlığında ve 0 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi

PBS + % 1 dekstrozu varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.197 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.939 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.673 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (4.864 µg/ml) göstermiştir. Dekstrozu varlığında çalışılan bakterilerde içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *E. coli* (4.864 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *S. aureus*'un (0.197 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *E. coli*, *S. aureus*'a göre 24.7 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.20.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.016) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.018)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.025) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.038)'dir (Şekil 4.20.A).

PBS + % 1 fruktozu varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.218 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.857 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.680 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (6.041 µg/ml) göstermiştir. Fruktozu varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *P. aeruginosa* (6.041 µg/ml) ile en düşük en düşük PHB üretimine sahip *B. cereus*'un (3.218 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *B. cereus*'a göre 1.9 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.21.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.025) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.020)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.029) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.028)'dir (Şekil 4.21.A).

PBS + % 1 glikoz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.993 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (2.51 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (4.014 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.891 µg/ml) göstermiştir. Glikoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *S. aureus* (4.014 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *P. aeruginosa*'nın (2.51 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *P. aeruginosa*'ya göre 1.6 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.22.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.038) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.021)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.039) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.081)'dir (Şekil 4.22.A).

PBS + % 1 ksiloz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.272 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (3.646 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.061 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (7.395 µg/ml) göstermiştir. Ksiloz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretime sahip *R. eutropha* (7.395 µg/ml) ile en düşük PHB üretime sahip *S. aureus*'un (0.272 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında *R. eutropha*, *S. aureus*'a göre 27.2 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.23.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.026) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.025)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.027) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.029)'dir (Şekil 4.23.A).

PBS + % 1 maltoz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.544 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.027 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (9.972 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (4.251 µg/ml) göstermiştir. Maltoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretime sahip *S. aureus* (9.972 µg/ml) ile en düşük PHB üretime sahip *R. eutropha*'nın (0.027 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *R. eutropha*'ya göre 369.3 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.24.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.026) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.016)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.030) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.036)'dir (Şekil 4.24.A).

PBS + % 1 ramnoz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.497 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (2.666 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.333 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (13.905 µg/ml) göstermiştir. Ramnoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretime sahip *P. aeruginosa* (13.905 µg/ml) ile en düşük PHB üretime sahip *S. aureus*'un (0.497 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 27.9 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.25.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna (OD₆₀₀) sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.026) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* ve *R. eutropha* (0.013)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.066) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.044)'dir (Şekil 4.25.A).

PBS + % 1 riboz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.129 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (2.979 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.585 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (12.272 µg/ml) göstermiştir. Riboz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *P. aeruginosa* (12.272 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *R. eutropha*'nın (2.979 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *R. eutropha*'ya göre 4.1 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.26.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.012) Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.028)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.032) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.030)'dir. (Şekil 4.26.A).

PBS + % 1 sükroz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.714 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.02 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.912 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (4.803 µg/ml) göstermiştir. Sükroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *B. cereus* (4.912 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *R. eutropha*'nın (3.02 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *B. cereus*, *S. aureus*'a göre 1.6 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.27.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.022) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.002)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.074) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.026)'dir (Şekil 4.27.A).

4.2.1.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 0 rpm'de en yüksek- en düşük PHB üretimi

Monosakkarit varlığında en düşük PHB üretimi; PBS + % 1 dekstroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.197 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (0.939 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.20.B) .

Monosakkarit varlığında en yüksek PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında *B. cereus* (4.673 µg/ml) (Şekil 4.20.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında *P. aeruginosa*'da (13.905 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.25.B).

Disakkarit varlığında en düşük PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında *S. aureus* (3.714 µg/ml) (Şekil 4.27.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında *R. eutropha*'da (0.027) µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.24.B).

Disakkarit varlığında en yüksek PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında *S. aureus* (9.972) µg/ml (Şekil 4.24.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında *E. coli*'de (4.803 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.27.B).

4.2.1.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 0 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi

Aldoz varlığında en yüksek PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında *S. aureus* (9.972 µg/ml) (Şekil 4.24.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında *P. aeruginosa*'da (13.905 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.25.B).

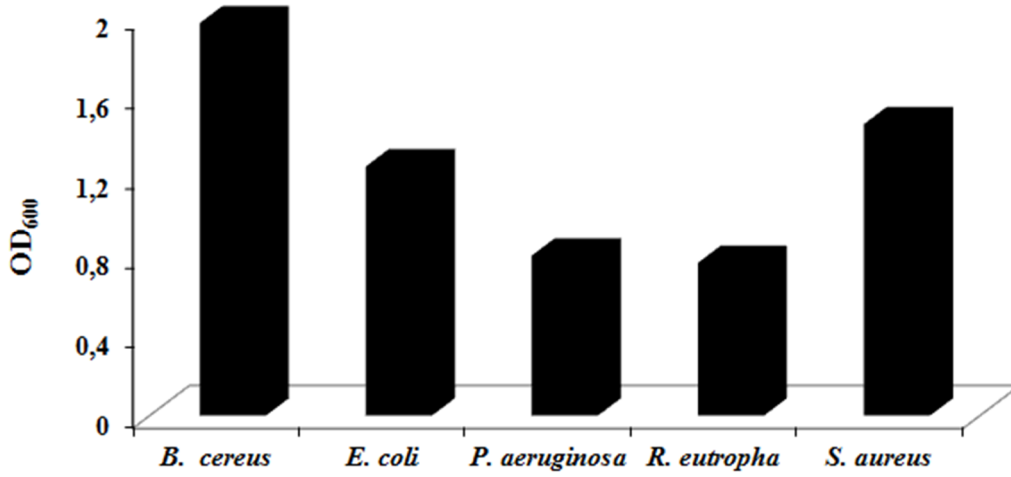
Aldoz varlığında en düşük PHB üretimi; PBS + % 1 dekstroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.197 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (0.939 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.20.B).

Keto (PBS + % 1 fruktoz) varlığında en düşük PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.218 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (3.857 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.68 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (6.041 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.21.B).

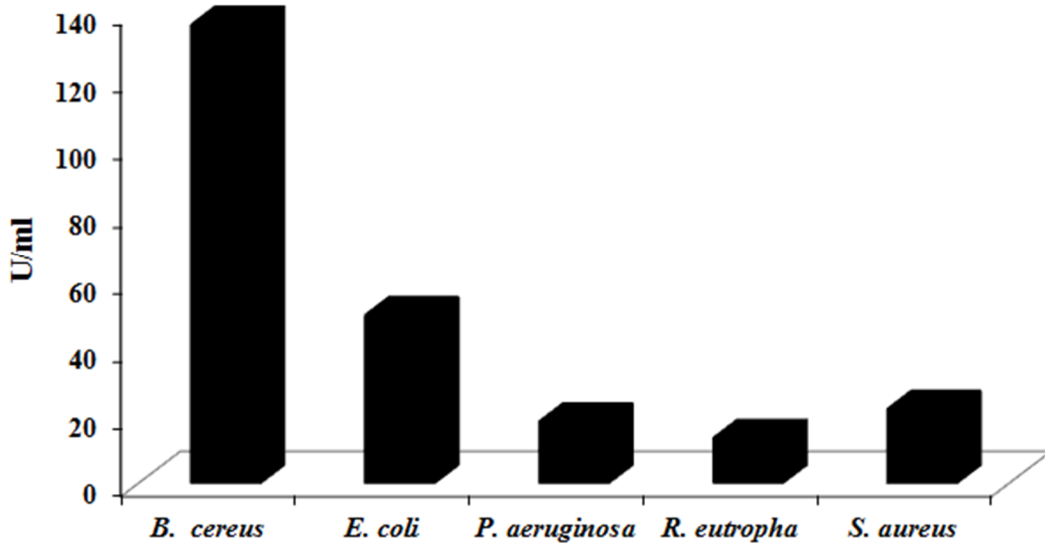
4.2.2 Bakterilerde 150 rpm'de PHB üretimi

4.2.2.1 Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm'de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 1.97, *E. coli* 1.252, *P. aeruginosa* 0.801, *R. eutropha* 0.764, *S. aureus* 1.464 bulunmuştur (Şekil 4.28.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 136.095 µg/ml, *E. coli* 49.837 µg/ml, *P. aeruginosa* 18.313 µg/ml, *R. eutropha* 13.429 µg/ml, *S. aureus* 22.027 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.28.B).



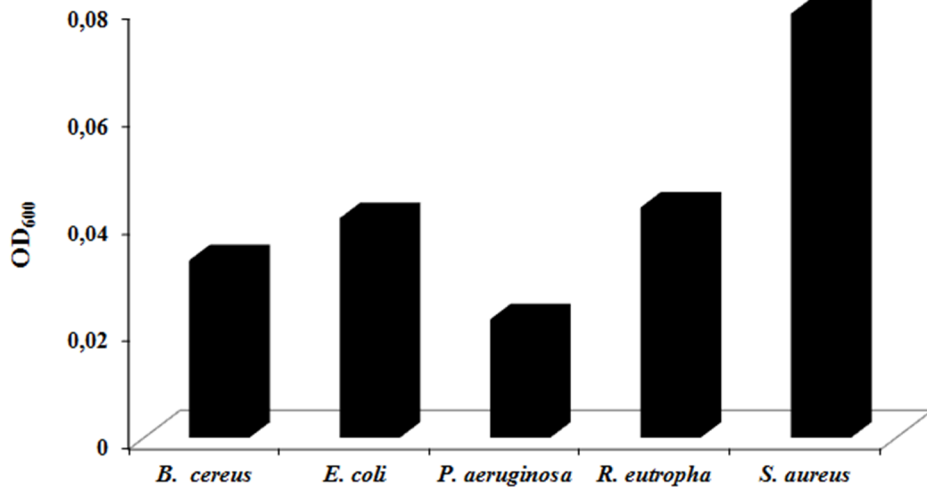
Şekil 4.28.A: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



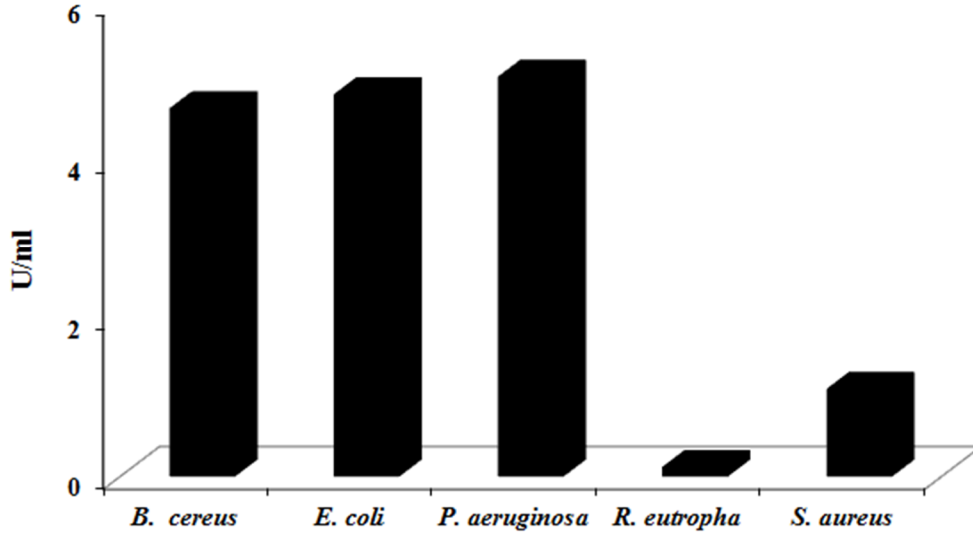
Şekil 4.28.B: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstrozu varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.022, *E. coli* 0.041, *P. aeruginosa* 0.022, *R. eutropha* 0.029, *S. aureus* 0.079 bulunmuştur (Şekil 4.29.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.667 µg/ml, *E. coli* 4.844 µg/ml, *P. aeruginosa* 5.068 µg/ml, *R. eutropha* 0.122 µg/ml, *S. aureus* 1.108 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.29.B).



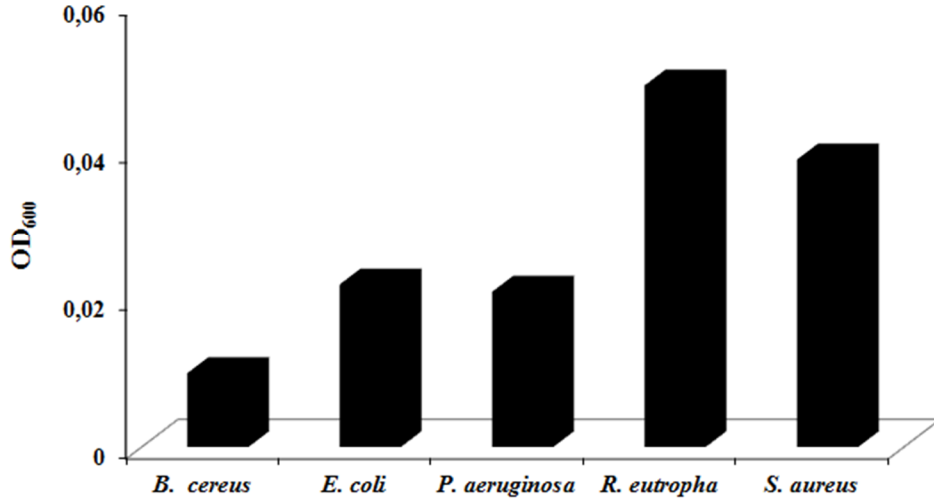
Şekil 4.29.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



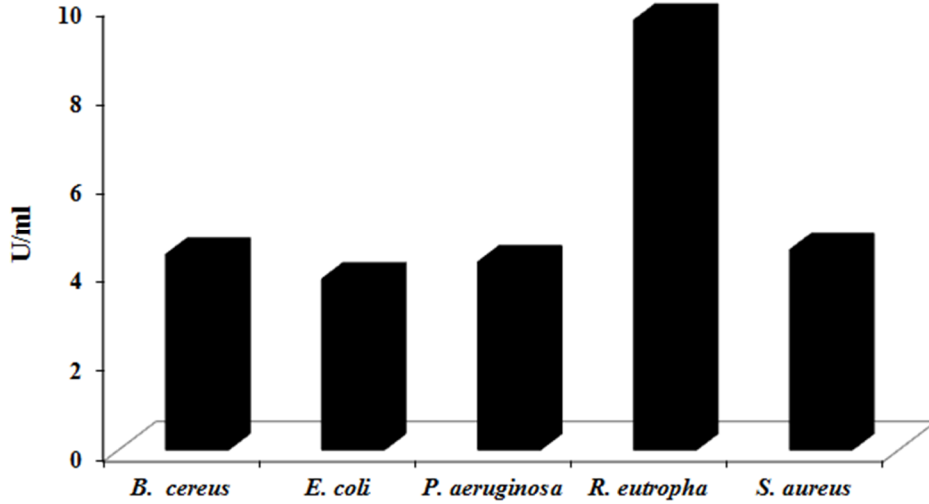
Şekil 4.29.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.01, *E. coli* 0.022, *P. aeruginosa* 0.021, *R. eutropha* 0.049, *S. aureus* 0.039 bulunmuştur (Şekil 4.30.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.367 µg/ml, *E. coli* 3.816 µg/ml, *P. aeruginosa* 4.197 µg/ml, *R. eutropha* 9.626 µg/ml, *S. aureus* 4.469 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.30.B).



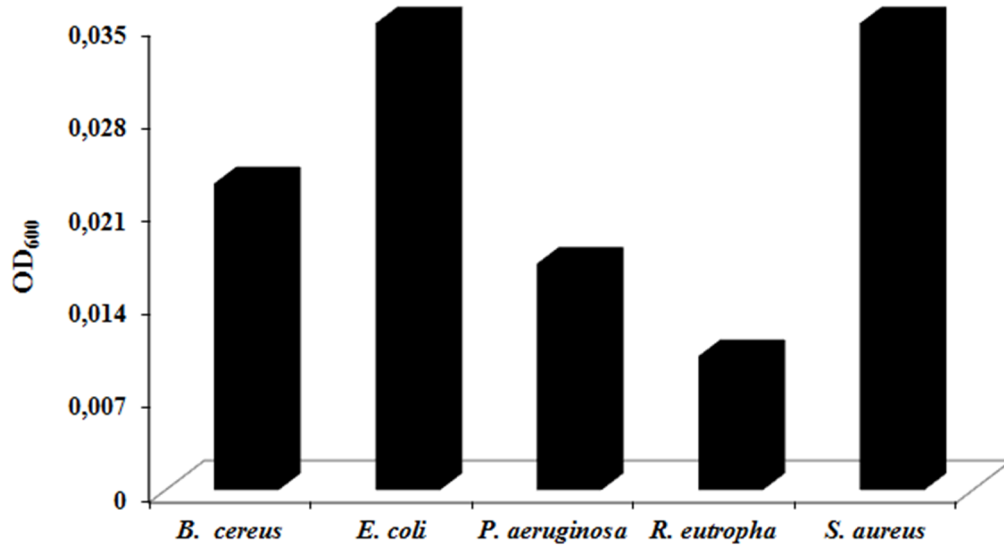
Şekil 4.30.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



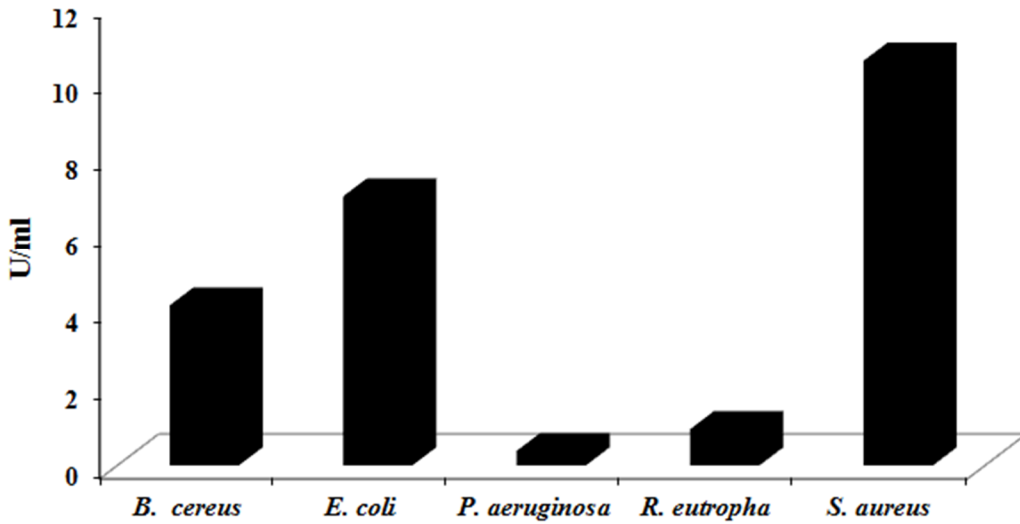
Şekil 4.30.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2 4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.023, *E. coli* 0.035, *P. aeruginosa* 0.017, *R. eutropha* 0.01, *S. aureus* 0.035 bulunmuştur (Şekil 4.31.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.15 µg/ml, *E. coli* 7.014 µg/ml, *P. aeruginosa* 0.374 µg/ml, *R. eutropha* 0.938 µg/ml, *S. aureus* 10.544 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.31.B).



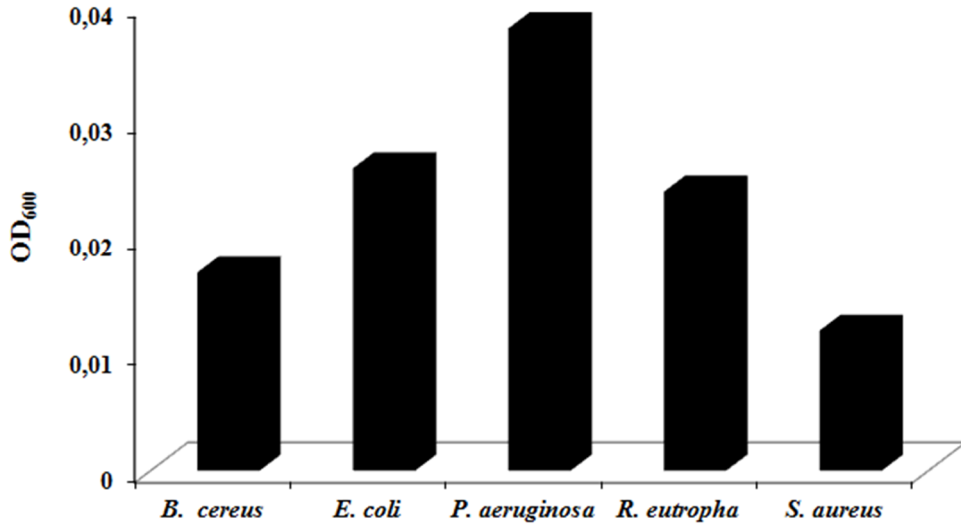
Şekil 4.31.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



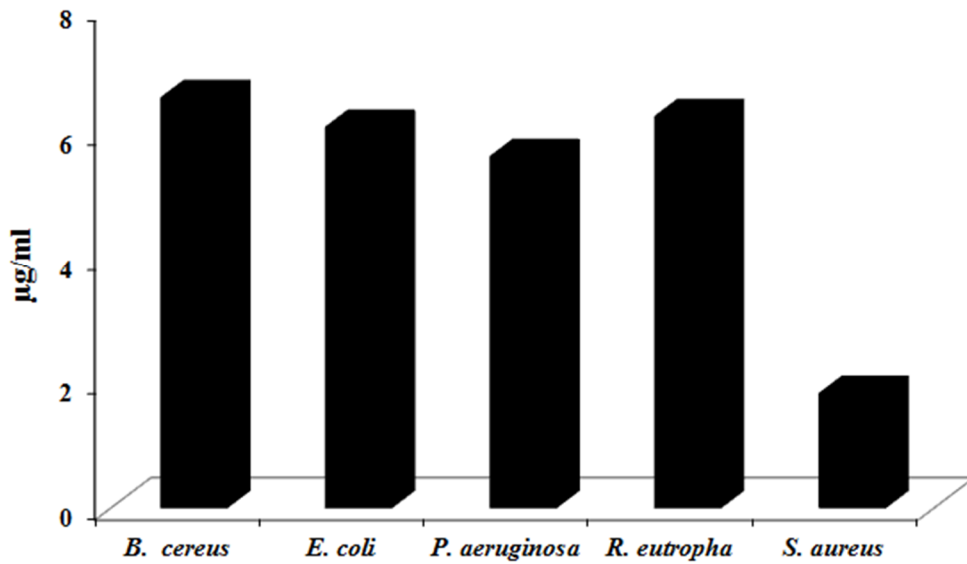
Şekil 4.31.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.017, *E. coli* 0.026, *P. aeruginosa* 0.038, *R. eutropha* 0.024, *S. aureus* 0.012 bulunmuştur (Şekil 4.32.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 6.571 µg/ml, *E. coli* 6.10 µg/ml, *P. aeruginosa* 5.653 µg/ml, *R. eutropha* 6.265 µg/ml, *S. aureus* 1.823 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.32.B).



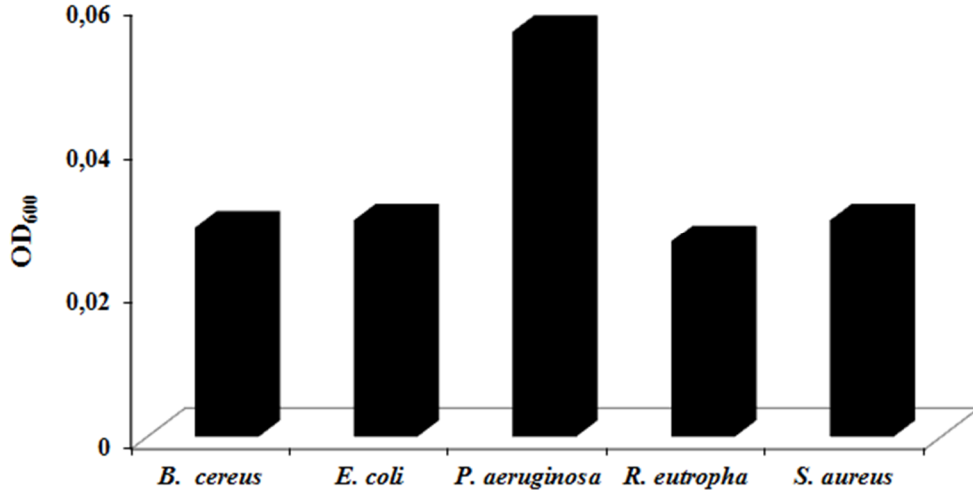
Şekil 4.32.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



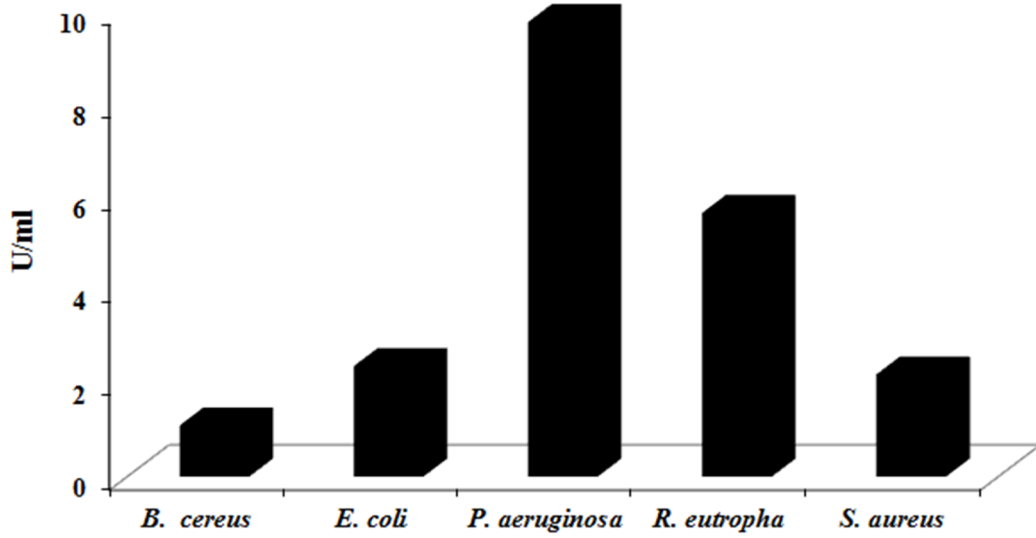
Şekil 4.32.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.029, *E. coli* 0.03, *P. aeruginosa* 0.056, *R. eutropha* 0.027, *S. aureus* 0.030 bulunmuştur (Şekil 4.33.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 1.095 µg/ml, *E. coli* 2.367 µg/ml, *P. aeruginosa* 9.761 µg/ml, *R. eutropha* 5.673 µg/ml, *S. aureus* 2.190 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.33.B).



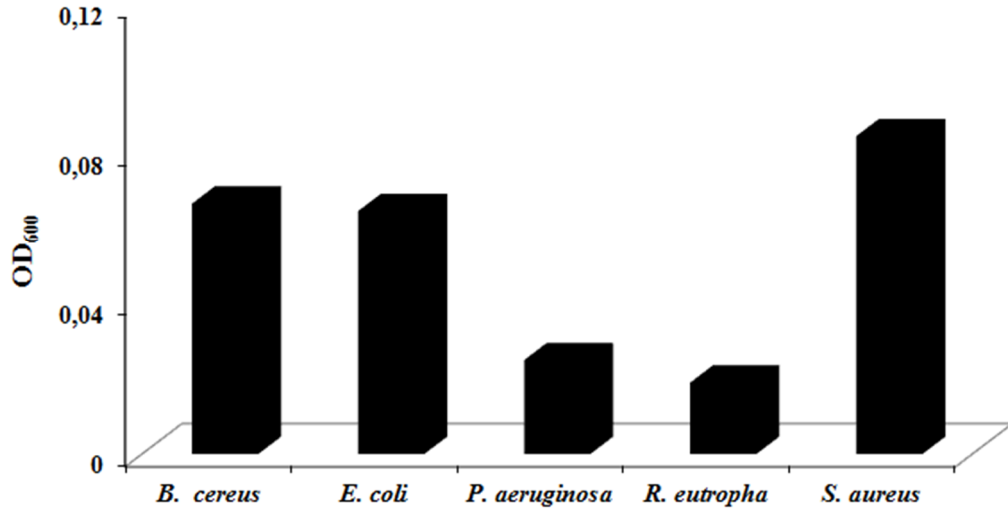
Şekil 4.33.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



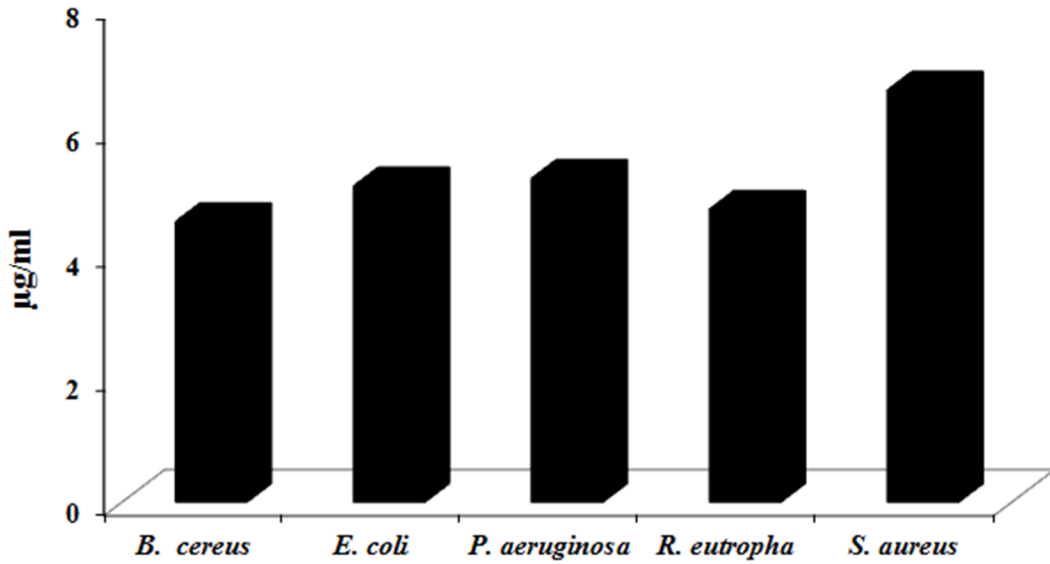
Şekil 4.33.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.067, *E. coli* 0.065, *P. aeruginosa* 0.025, *R. eutropha* 0.019, *S. aureus* 0.085 bulunmuştur (Şekil 4.34.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 4.531 µg/ml, *E. coli* 5.102 µg/ml, *P. aeruginosa* 5.224 µg/ml, *R. eutropha* 4.728 µg/ml, *S. aureus* 6.646 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.34.B).



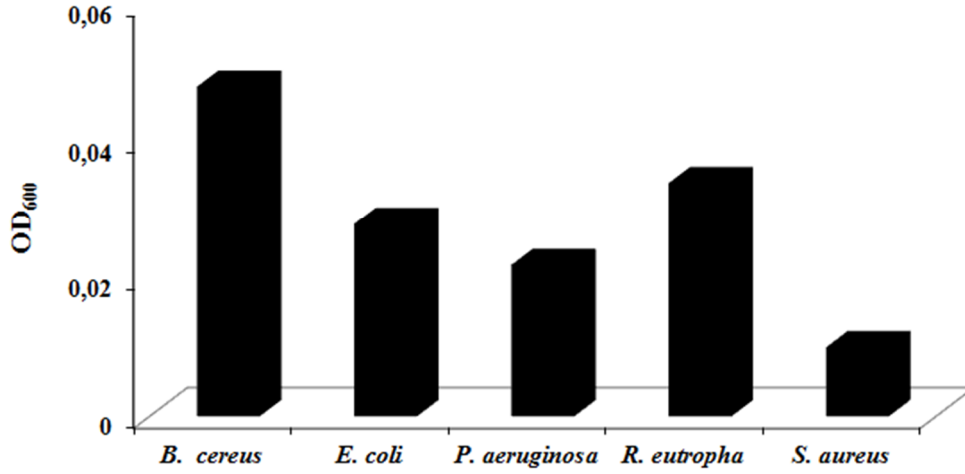
Şekil 4.34.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



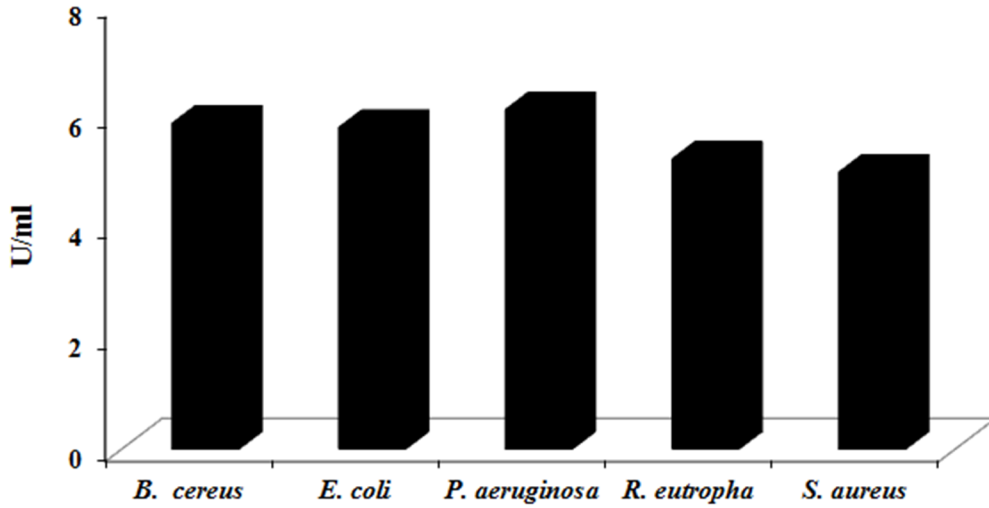
Şekil 4.34.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.048, *E. coli* 0.028, *P. aeruginosa* 0.022, *R. eutropha* 0.034, *S. aureus* 0.010 bulunmuştur (Şekil 4.35.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 5.864 µg/ml, *E. coli* 5.789 µg/ml, *P. aeruginosa* 6.109 µg/ml, *R. eutropha* 5.224 µg/ml, *S. aureus* 4.986 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.35.B).



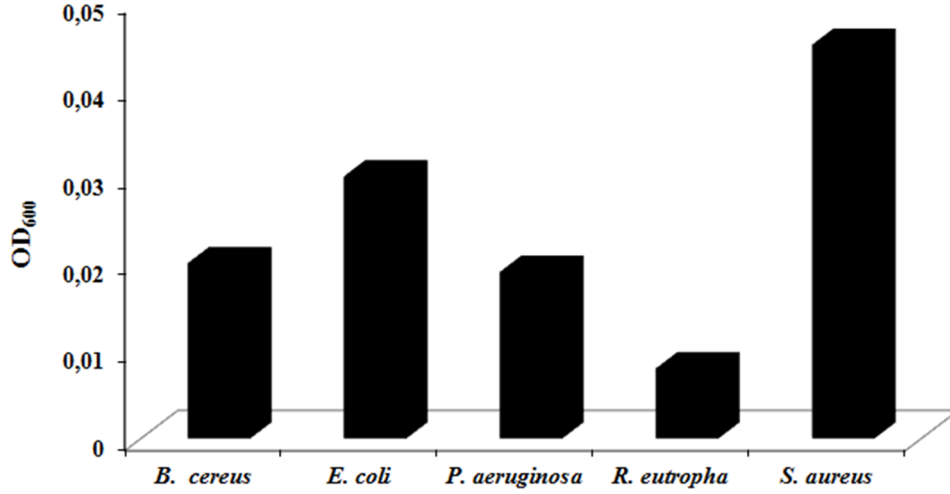
Şekil 4.35.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



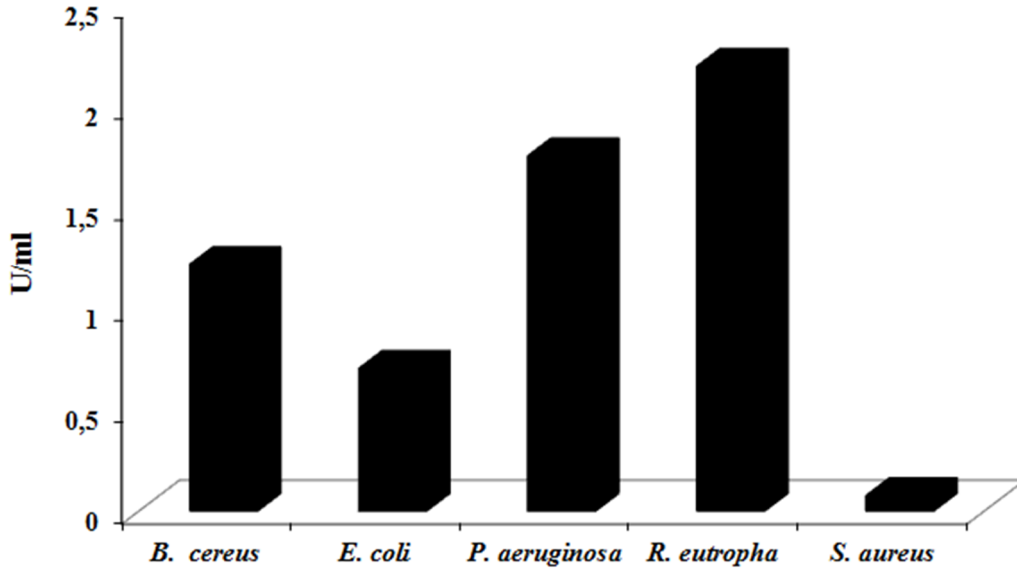
Şekil 4.35.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.02, *E. coli* 0.03, *P. aeruginosa* 0.019, *R. eutropha* 0.008, *S. aureus* 0.045 bulunmuştur (Şekil 4.36.A). Bakterilerde PHB üretimi sırasıyla; *B. cereus* 1.218 µg/ml, *E. coli* 0.701 µg/ml, *P. aeruginosa* 1.755 µg/ml, *R. eutropha* 2.197 (µg/ml), *S. aureus* 0.075 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.36.B).



Şekil 4.36.A: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



Şekil 4.36.B: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm’de PHB üretimi

4.2.2.10. Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de en düşük-en yüksek PHB üretimi

NB varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (22.027 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (13.429 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (136.095 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (49.837 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.28.B).

4.2.2.11. Bakterilerde çalışılan karbon kaynakları varlığında ve 150 rpm'de en düşük- en yüksek PHB üretimi

PBS + % 1 dekstrozu varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.108 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.122 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.667 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (5.068 µg/ml) göstermiştir. Dekstroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *P. aeruginosa* (5.068 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *R. eutropha*'nın (0.122 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *R. eutropha*'ya göre 41.5 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.29.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.033) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.022)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.079) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.043)'dir (Şekil 4.29.A).

PBS + % 1 fruktozu varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.367 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (3.816 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (4.469 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (9.626 µg/ml) göstermiştir. Fruktozu varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *R. eutropha* (9.626 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *E. coli*'nin (3.816 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *E. coli*'ye göre 2.5 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.30.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.010) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.021)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.039) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.049)'dir (Şekil 4.30.A).

PBS + % 1 glikoz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.150 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.374 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (10.544 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (7.014 µg/ml) göstermiştir. Glikoz varlığında bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *S. aureus* (10.544 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *P. aeruginosa*'nın (0.374 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *E. coli*'ye göre 28.2 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.31.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.023) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.010)'dır. En yüksek Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.035) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.035)'dir (Şekil 4.31.B).

PBS + % 1 ksiloz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.823 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (5.653 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (6.571 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (6.265 µg/ml) göstermiştir. Ksiloz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretime sahip *B. cereus* (6.571 µg/ml) ile en düşük PHB üretime sahip *S. aureus*'un (1.823 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *B. cereus*, *S. aureus*'a göre 3.6 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.32.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.017) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.038)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.012) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.024)'dır (Şekil 4.32.A).

PBS + % 1 maltoz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.095 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (2.367 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.190 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (9.761 µg/ml) göstermiştir. Maltoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretime sahip *P. aeruginosa* (9.761 µg/ml) ile en düşük PHB üretime sahip *B. cereus*'un (1.095 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *B. cereus*'a göre 8.9 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.33.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.029) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.027)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.030) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.056)'dır (Şekil 4.33.A).

PBS + % 1 ramnoz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.531 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (4.728 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (6.646 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (5.224 µg/ml) göstermiştir. Ramnoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretime sahip *S. aureus* (6.646 µg/ml) ile en düşük PHB üretime sahip *B. cereus*'un (4.531 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *B. cereus*'a göre 1.5 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.34.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.067) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.019)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.085) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.065)'dir (Şekil 4.34.A).

PBS + % 1 riboz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (4.986 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (5.224 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (5.864 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (6.109 µg/ml) göstermiştir. Riboz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *P. aeruginosa* (6.109 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *S. aureus*'un (4.986 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 1.2 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.35.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.010) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.022)'dir; En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.048) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.034)'dır (Şekil 4.35.A).

PBS + % 1 sükroz varlığında en düşük PHB üretimini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.075 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.701 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.218 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (2.197 µg/ml) göstermiştir. Sükroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek PHB üretimine sahip *R. eutropha* (2.197 µg/ml) ile en düşük PHB üretimine sahip *S. aureus*'un (0.075 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *S. aureus*'a göre 3.1 kat PHB üretimi göstermiştir (Şekil 4.36.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.020) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.008)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.045) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.019)'dır (Şekil 4.36.A).

4.2.2.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi

Monosakkarit varlığında en düşük PHB üretimi; PBS + % 1 dekstroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.108 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*'da (0.122 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.29.B).

Monosakkarit varlığında en yüksek PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında *S. aureus* (10.544 µg/ml) (Şekil 4.31.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında *R. eutropha*'da (9.626 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.30.B).

Disakkarit varlığında en düşük PHB üretimini; PBS + % 1 süktroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.075 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli*'de (0.701 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.36.B).

Disakkarit varlığında en yüksek PHB üretimi; PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.190 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (9.761 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.33.B).

4.2.2.13 Bakterilerde aldöz ve ketoz varlığında, 150 rpm'de en düşük-en yüksek PHB üretimi

Aldöz varlığında en düşük PHB üretimi; PBS + % 1 dekstroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.108 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*'da (0.122 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.29.B).

Aldöz varlığında en yüksek PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında *S. aureus* (10.544 µg/ml) (Şekil 4.31.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında *P. aeruginosa*'da (9.761 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.33.B).

Ketoz (PBS + % 1 fruktoz) varlığında en düşük PHB üretimi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.367 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (3.816 µg/ml) göstermiştir. En yüksek PHB üretimi ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (4.469 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*'da (9.626 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.30.B).

4.2.3. Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm'de PHB üretiminin karşılaştırılması

Tez kapsamında yapılan çalışmada bakterilerin 0 rpm ve 150 rpm'de PHB üretim miktarları karşılaştırmalı olarak en düşük (Çizelge 4.3) ve en yüksek (Çizelge 4.4) olarak aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de, farklı karbon kaynakları varlığında en düşük PHB üretimi

BAKTERİLER	0 RPM	150 RPM
<i>B. cereus</i>	PBS + % 1 glikoz 2.993 µg/ml	PBS + % 1 maltoz 1.095 µg/ml
<i>E. coli</i>	PBS + % 1 ramnoz 2.666 µg/ml	PBS + % 1 süktroz 0.701 µg/ml
<i>P. aeruginosa</i>	PBS + % 1 dekstroz 0.939 µg/ml	PBS + % 1 glikoz 0.374 µg/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 maltoz 0.027 µg/ml	PBS + % 1 dekstroz 0.122 µg/ml
<i>S. aureus</i>	PBS + % 1 dekstroz 0.197 µg/ml	PBS + % 1 süktroz 0.075 µg/ml

Çizelge 4.4: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de, farklı karbon kaynakları varlığında en en yüksek PHB üretimi

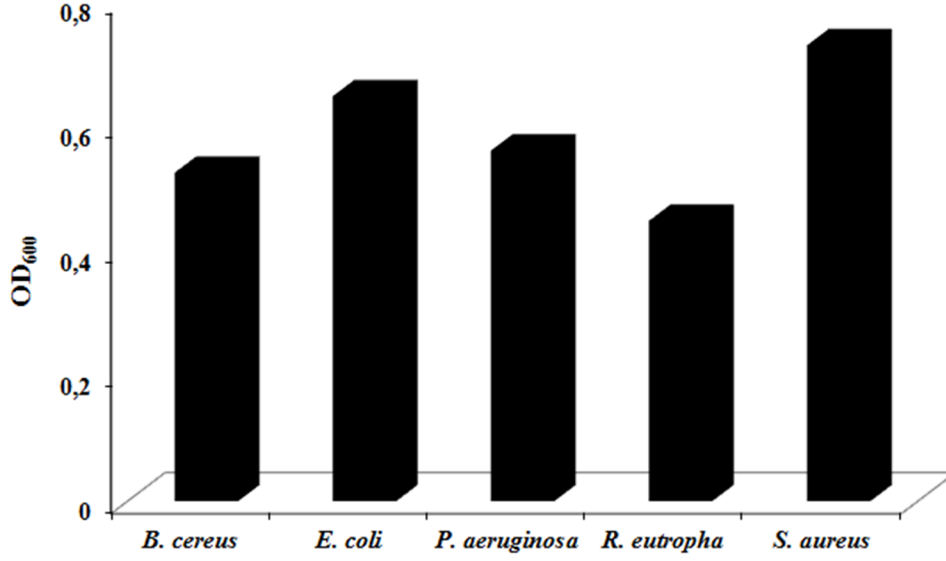
BAKTERİLER	0 RPM	150 RPM
<i>B. cereus</i>	PBS + % 1 süktroz 4.912 µg/ml	PBS + % 1 ksiloz 6.571 µg/ml
<i>E. coli</i>	PBS + % 1 dekstroz 4.864 µg/ml	PBS + % 1 glikoz 7.014 µg/ml
<i>P. aeruginosa</i>	PBS + % 1 ramnoz 13.905 µg/ml	PBS + % 1 maltoz 9.761 µg/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 ksiloz 7.395 µg/ml	PBS + % 1 fruktoz 9.626 µg/ml
<i>S. aureus</i>	PBS + % 1 maltoz 9.761 µg/ml	PBS + % 1 glikoz 10.544 µg/ml

4.3 Bakterilerde Farklı karbon Kaynaklarının Varlığında Trehalaz Aktivitesi

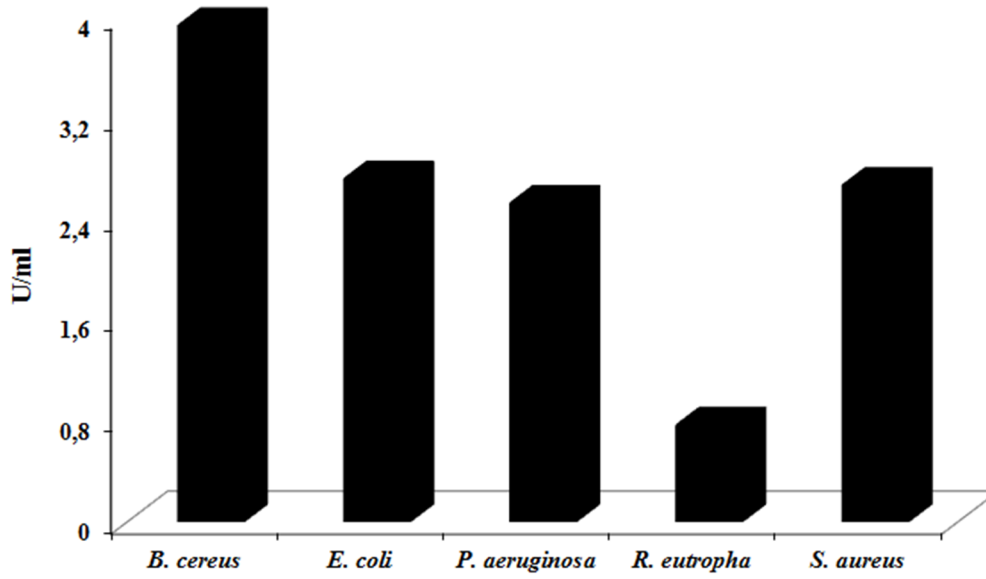
4.3.1 Bakterilerde 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.1 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.526, *E. coli* 0.648, *P. aeruginosa* 0.561, *R. eutropha* 0.449, *S. aureus* 0.729 bulunmuştur (Şekil 4.37.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 3.926 U /ml, *E. coli* 2.716 U/ml, *P. aeruginosa* 2.524 U/ml, *R. eutropha* 0.761 U /ml, *S. aureus* 2.665 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.37.B).



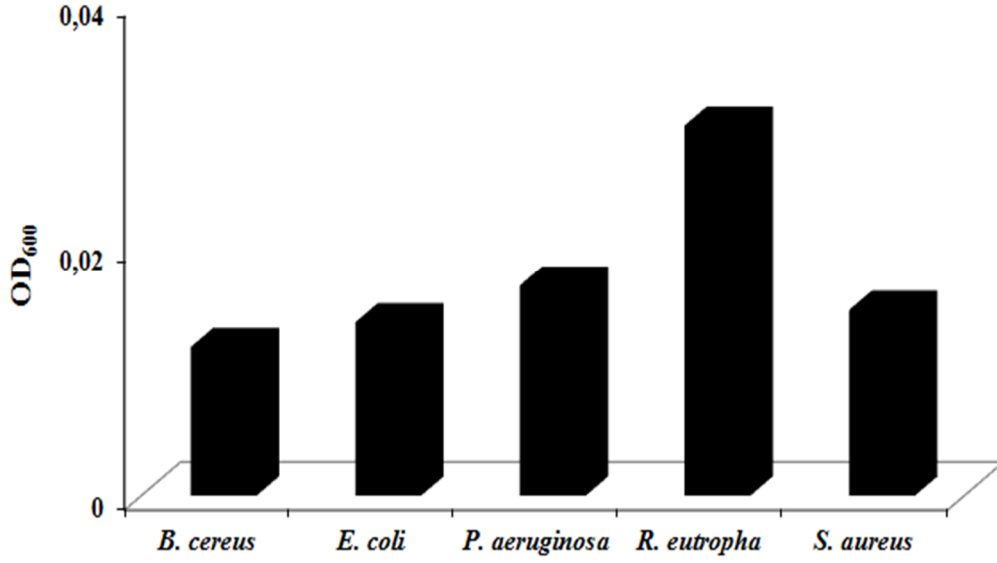
Şekil 4.37.A: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



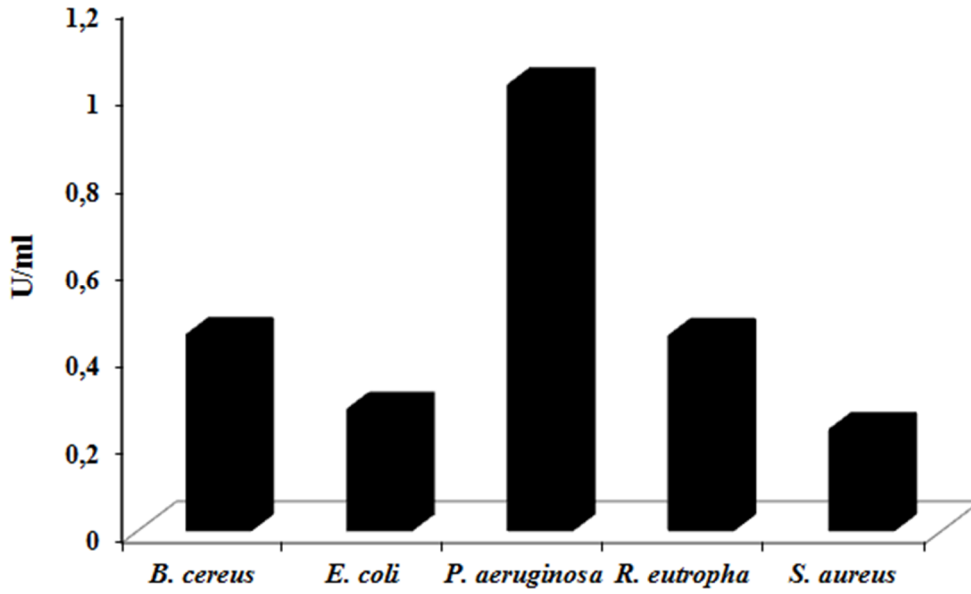
Şekil 4.37.B: Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.012, *E. coli* 0.014, *P. aeruginosa* 0.017, *R. eutropha* 0.03, *S. aureus* 0.015 bulunmuştur (Şekil 4.38.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 0.446 U/ml, *E. coli* 0.276 U/ml, *P. aeruginosa* 1.018 U/ml, *R. eutropha* 0.444 U/ml, *S. aureus* 0.230 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.38.B).



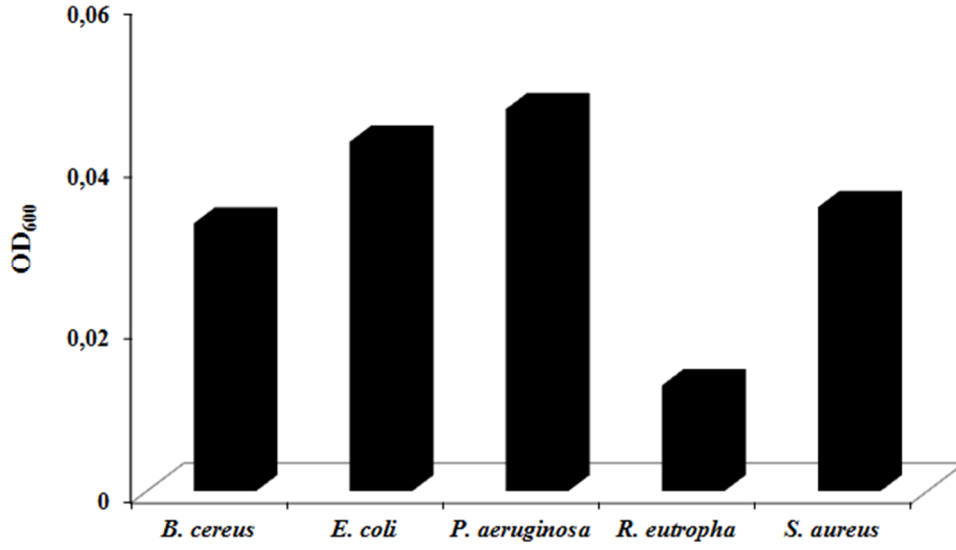
Şekil 4.38.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



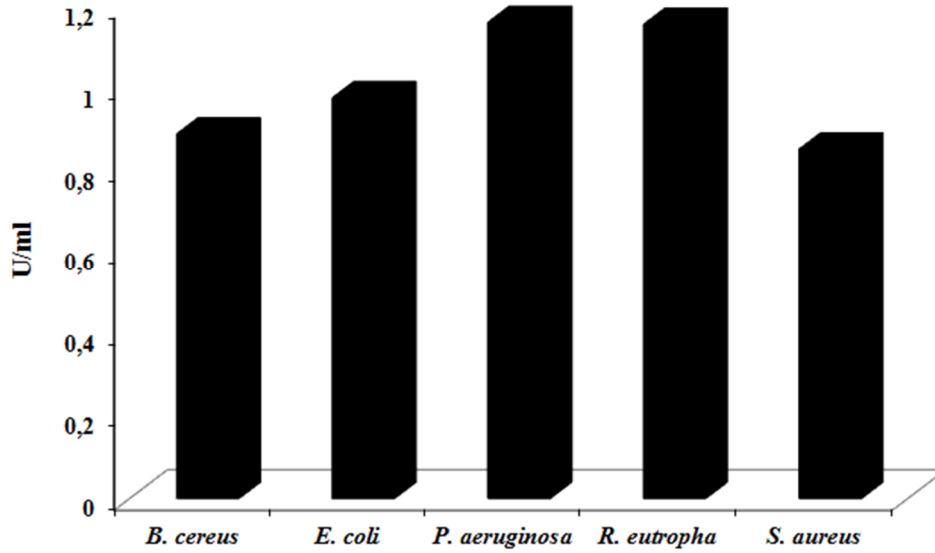
Şekil 4.38.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.033, *E. coli* 0.043, *P. aeruginosa* 0.047, *R. eutropha* 0.013, *S. aureus* 0.035 bulunmuştur (Şekil 4.39.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 0.888 U/ml, *E. coli* 0.976 U/ml, *P. aeruginosa* 1.16 U/ml, *R. eutropha* 1.155 U/ml, *S. aureus* 0.851 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.39.B).



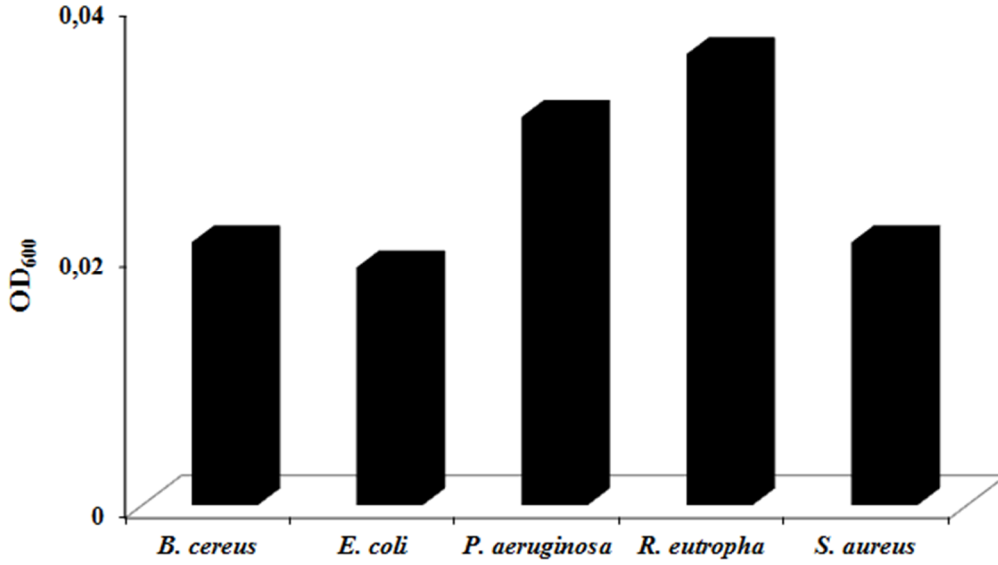
Şekil 4.39.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



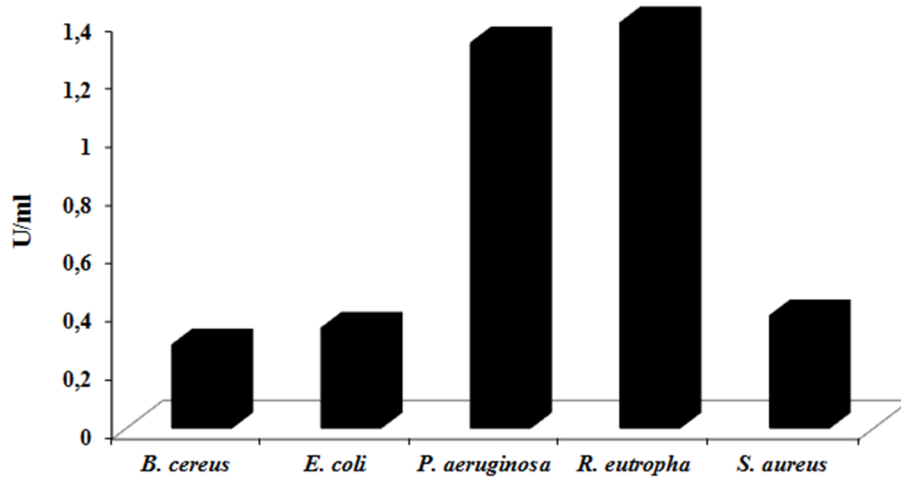
Şekil 4.39.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.021, *E. coli* 0.019, *P. aeruginosa* 0.031, *R. eutropha* 0.036, *S. aureus* 0.021 bulunmuştur (Şekil 4.40.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 0.284 U/ml, *E. coli* 0.342 U/ml, *P. aeruginosa* 1.324 U/ml, *R. eutropha* 1.393 U/ml, *S. aureus* 0.384 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.40.B).



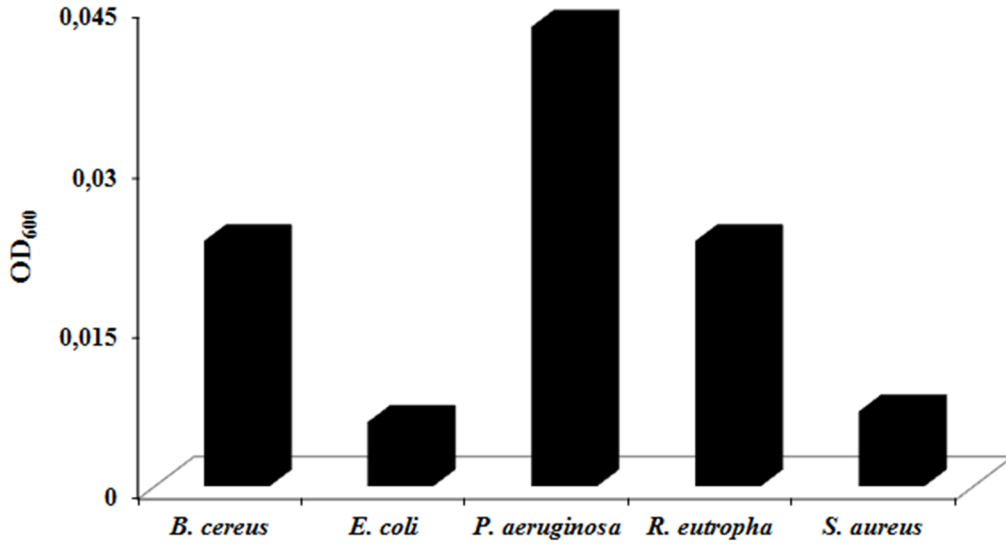
Şekil 4.40.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



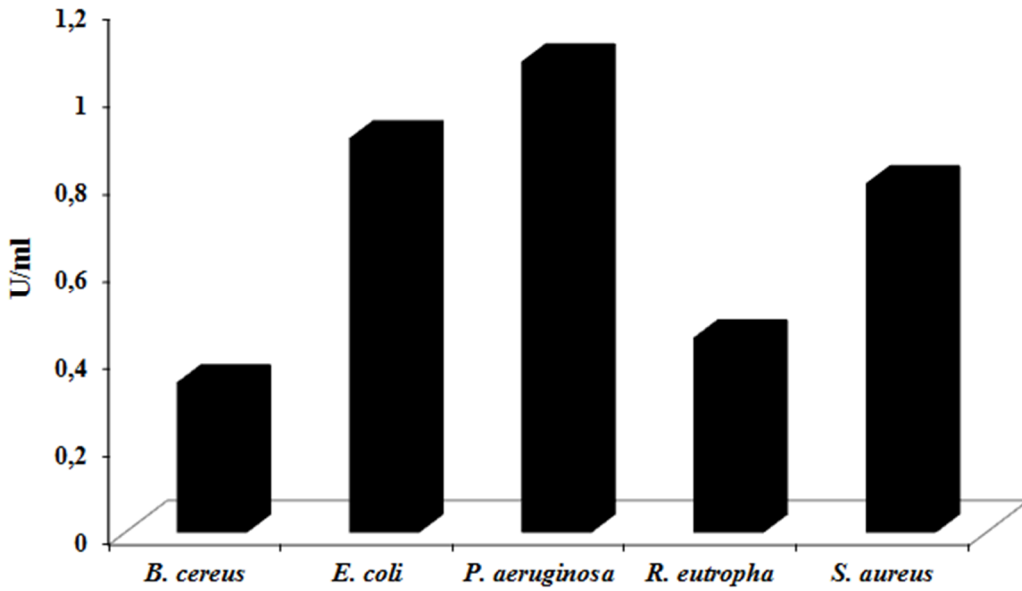
Şekil 4.40.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.023, *E. coli* 0.006, *P. aeruginosa* 0.043, *R. eutropha* 0.023, *S. aureus* 0.007 bulunmuştur (Şekil 4.41.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 0.339 U/ml, *E. coli* 0.898 U/ml, *P. aeruginosa* 1.073 U/ml, *R. eutropha* 0.441 U/ml, *S. aureus* 0.795 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.41.B).



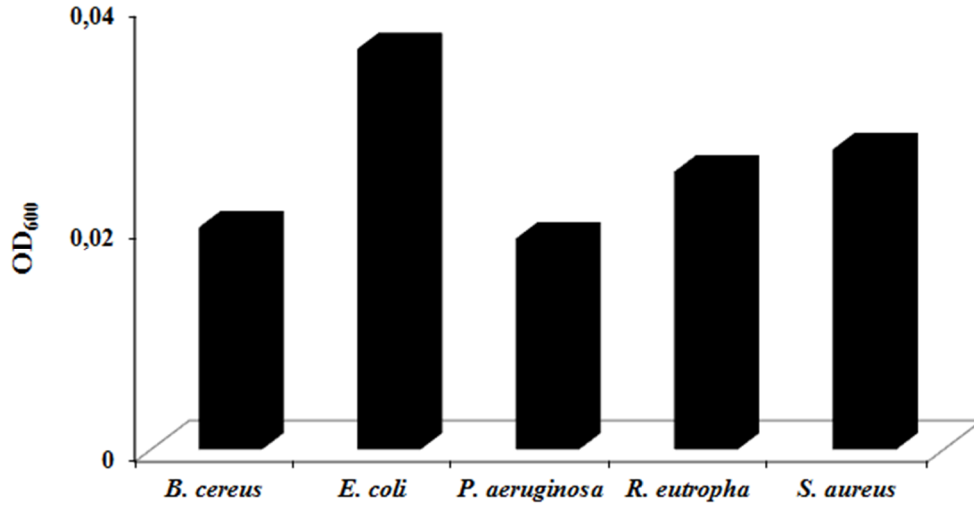
Şekil 4.41.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



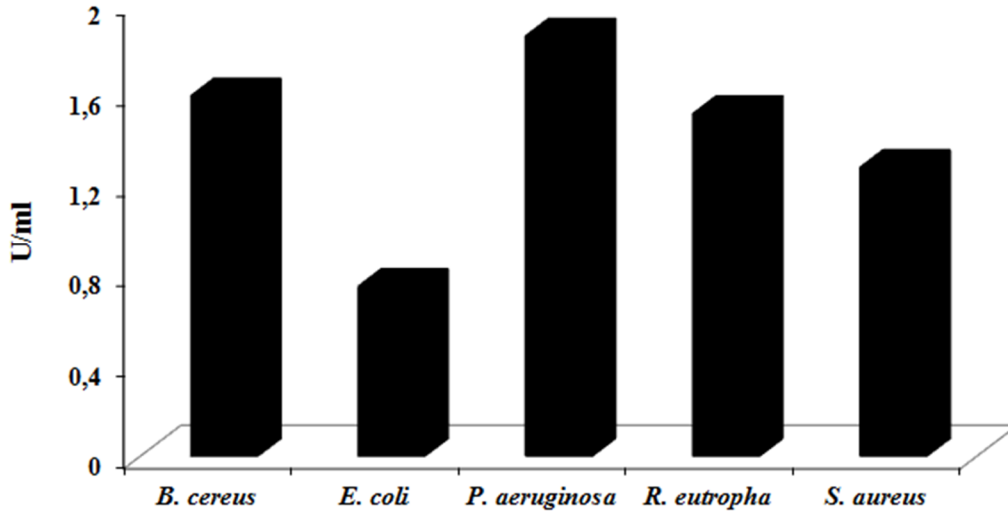
Şekil 4.41.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu (OD₆₀₀) sırasıyla; *B. cereus* 0,02, *E. coli* 0,036, *P. aeruginosa* 0,019, *R. eutropha* 0,025, *S. aureus* 0,027 bulunmuştur (Şekil 4.42.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1,593 U/ml, *E. coli* 0,749 U/ml, *P. aeruginosa* 1,856 U/ml, *R. eutropha* 1,514 U/ml, *S. aureus* 1,278 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.42.B).



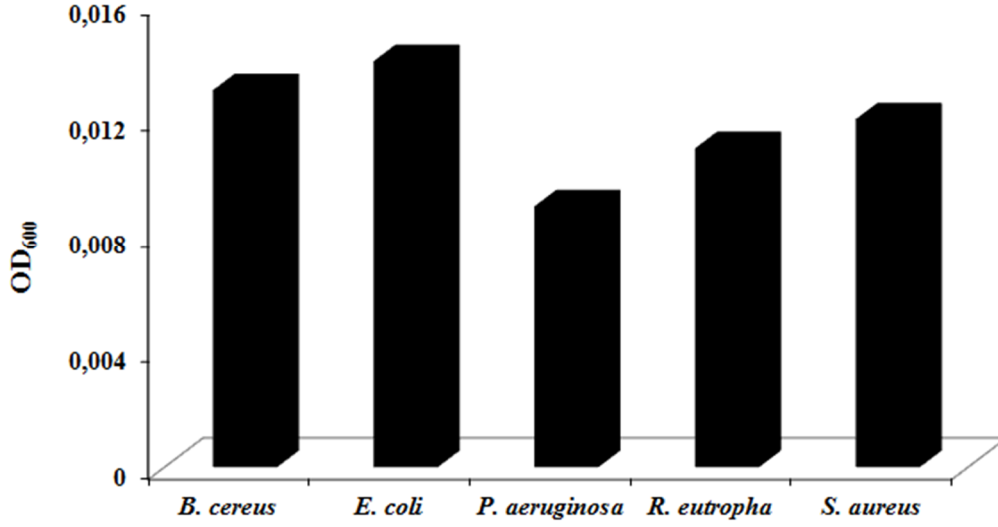
Şekil 4.42.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



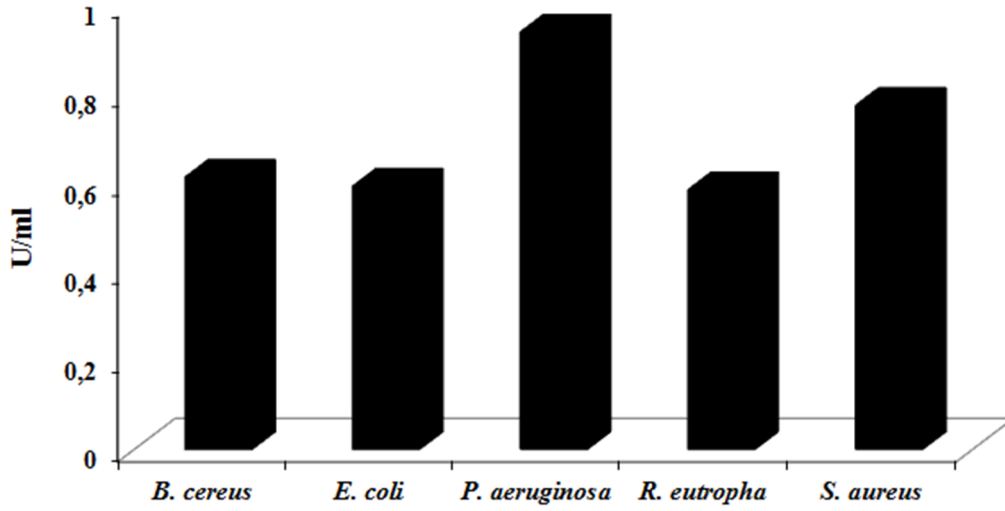
Şekil 4.42.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.013, *E. coli* 0.014, *P. aeruginosa* 0.009, *R. eutropha* 0.011, *S. aureus* 0.012 bulunmuştur (Şekil 4.43.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 0.612 U/ml, *E. coli* 0.592 U/ml, *P. aeruginosa* 0.937 U/ml, *R. eutropha* 0.584 U/ml, *S. aureus* 0.773 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.43.B).



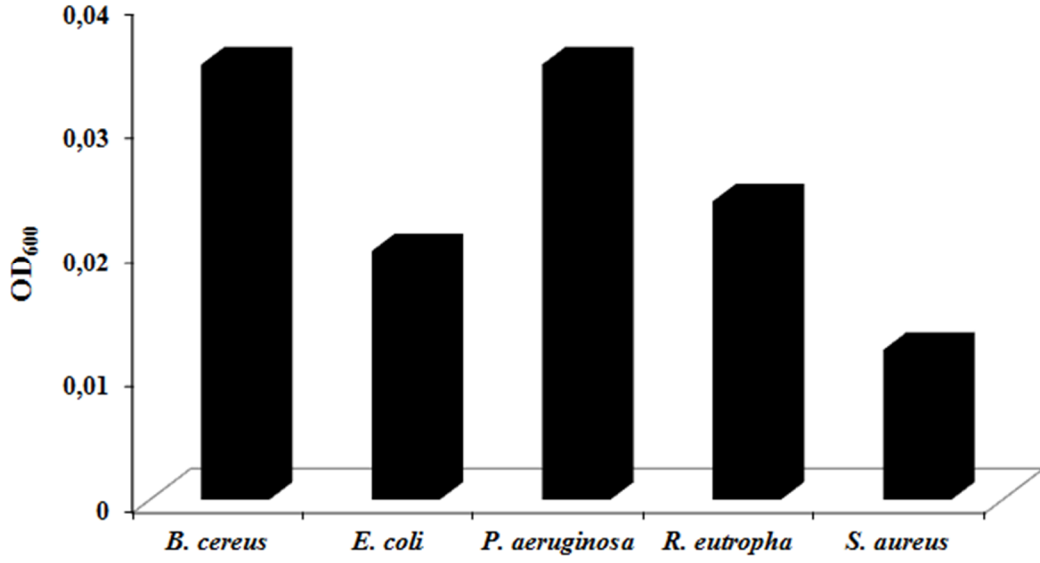
Şekil 4.43.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



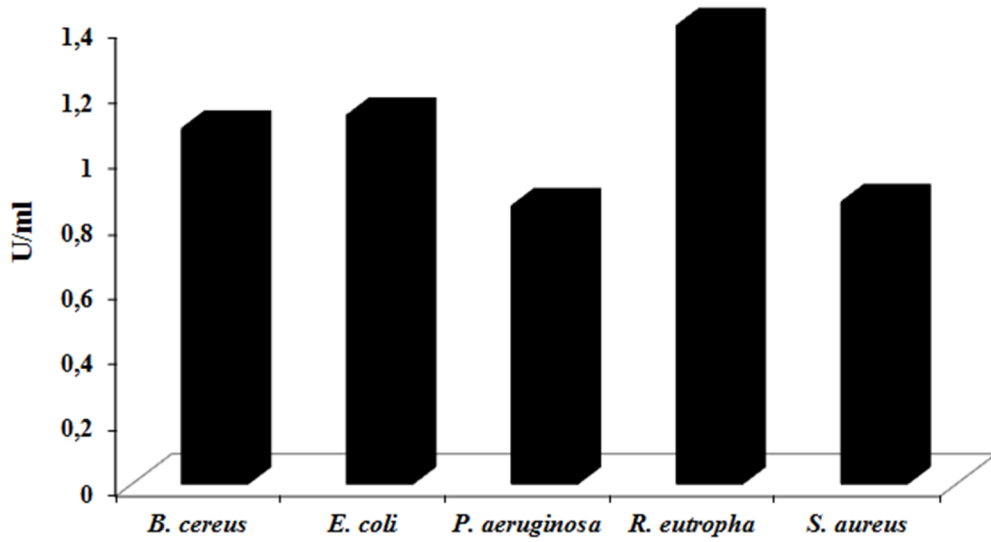
Şekil 4.43.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.035, *E. coli* 0.02, *P. aeruginosa* 0.035, *R. eutropha* 0.024, *S. aureus* 0.012 bulunmuştur (Şekil 4.44.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.087 µg /ml, *E. coli* 1.127 µg /ml, *P. aeruginosa* 0.851 µg/ml, *R. eutropha* 1.4 µg/ml, *S. aureus* 0.863 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.44.B).



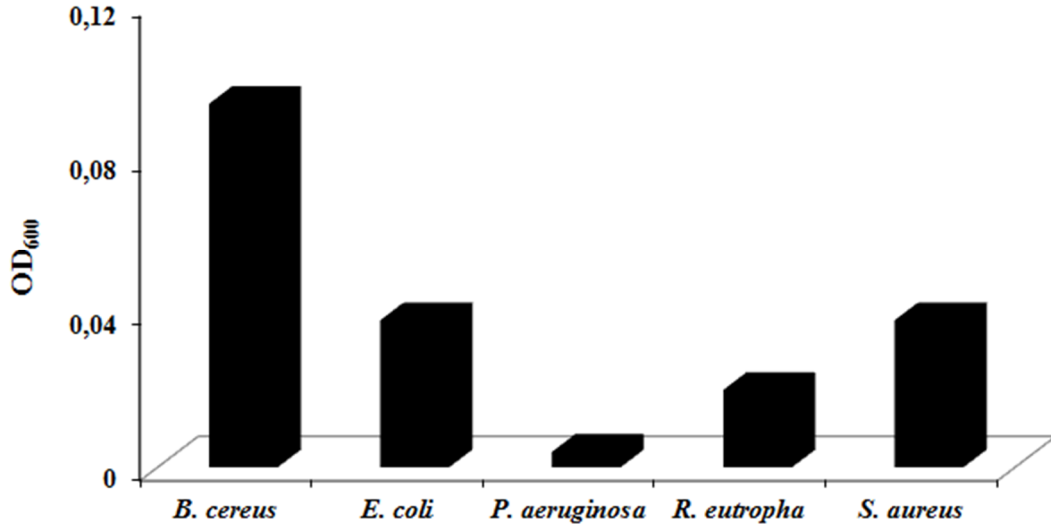
Şekil 4.44.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



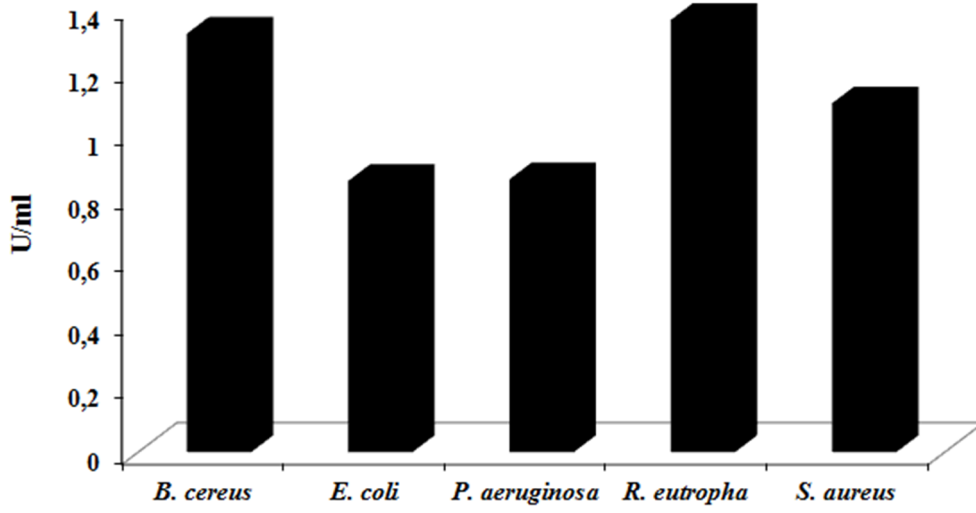
Şekil 4.44.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.094, *E. coli* 0.038, *P. aeruginosa* 0.004, *R. eutropha* 0.02, *S. aureus* 0.038 bulunmuştur (Şekil 4.45.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.318 µg/ml, *E. coli* 0.855 µg/ml, *P. aeruginosa* 0.86 µg/ml, *R. eutropha* 1.361 µg/ml, *S. aureus* 1.099 µg/ml bulunmuştur (Şekil 4.45.B).



Şekil 4.45.A: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm’de hücre yoğunluğu



Şekil 4.45.B: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 0 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.1.10 Bakterilerde NB varlığında ve 0 rpm’de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

NB varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* 2.524 U/ml ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* 0.276 U/ml göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* 3.926 U/ml ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* 2.716 U/ml göstermiştir (Şekil 4.37.B).

4.3.1.11 Bakterilerde bütün karbon kaynakları varlığında ve 0 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

PBS + % 1 dekstroz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.230 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.276 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.446 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.018 µg/ml) göstermiştir. Dekstroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (1.018 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *S. aureus*'un (0.230 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *E. coli*'ye göre 4.4 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.38.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.012) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.014)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.015) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.030)'dır. (Şekil 4.38.A).

PBS + % 1 fruktoz varlığında en yüksek trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.888 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.160 U/ml) göstermiştir. En düşük trehalaz aktivitesi Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.851 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.976 U/ml) göstermiştir. Fruktoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (1.160 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *S. aureus*'un (0.851 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *S. aureus*'a göre 1,4 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.39.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.033) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.013)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.035) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.047)'dir (Şekil 4.39.A).

PBS + % 1 glikoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.284 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.342 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.384 µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.393 µg/ml) göstermiştir. Glikoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *R. eutropha* (1.393 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *B. cereus*'un (0.284 U/ml) sonuçları

karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *B. cereus*'a göre 4.9 kat aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.40.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.019)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* ve *B. cereus* (0.021), Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.036)'dır (Şekil 4.40.A).

PBS + % 1 ksiloz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.339 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.441 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.795 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.073 U/ml) göstermiştir. Ksiloz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (1.073 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *B. cereus*'un (0.339 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *B. cereus*'a göre 3.2 kat trehalaz aktivite göstermiştir (Şekil 4.41.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.007) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.006)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.023) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.043)'dir. (Şekil 4.41.A).

PBS + % 1 maltoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.278 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.749 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.593 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.856 U/ml) göstermiştir. Maltoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (1.856 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *E. coli*'nin (0.749 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *E. coli*'ye göre 2.5 kat trehalaz üretimini göstermiştir (Şekil 4.42.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.020) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.019)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.027) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.036)'dir (Şekil 4.42.A).

PBS + % 1 ramnoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.612 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.584 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.773

µg/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.937 µg/ml) göstermiştir. Ramnoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (0.937 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *R. eutropha*'nın (0.584 µg/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *P. aeruginosa*, *R. eutropha*'ya göre 1.6 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.43.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.012) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.009)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.013) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.014)'dir (Şekil 4.43.A).

PBS + % 1 riboz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.863 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.851 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.087 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.40 U/ml) göstermiştir. Riboz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *R. eutropha* (1.40 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa*'nın (0.851 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *P. aeruginosa*'ya göre 1.6 kat trehalaz aktivitesini göstermiştir (Şekil 4.44.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna (OD₆₀₀) sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.012) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.020)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.035) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.035)'dir (Şekil 4.44.A).

PBS + % 1 sükroz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.099 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.855 µg/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.318 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.361 U/ml) göstermiştir. Sükroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *R. eutropha* (1.361 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *E. coli*'nin (0.855 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *E. coli*'ye göre 1.6 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.45.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.038) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.020)'dir. En yüksek

ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.094) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.038)'dir (Şekil 4.45.A).

4.3.1.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 0 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

Monosakkarit varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında *S. aureus* (0,230 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli*'de (0.276 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.38.B).

Monosakkarit varlığında en yüksek trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *B. cereus* (1.087 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*'da (1.400 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.44.B).

Disakkarit varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında *S. aureus* (1.099 U/ml) (Şekil 4.45.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında *E. coli*'de (0.749 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.42.B).

Disakkarit varlığında en yüksek trehalaz aktivitesi; PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.593 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (1.856 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.42.B).

4.3.1.13 Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 0 rpm'de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

Aldoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında *S. aureus* (0.230 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli*'de (0.276 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.38.B).

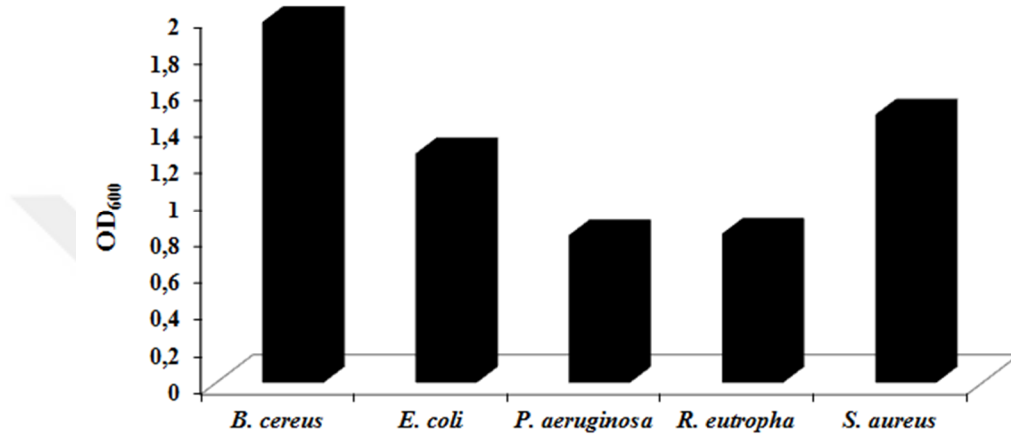
Aldoz varlığında en yüksek trehalaz aktivitesi; PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.593 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (1.856 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.42.B).

Ketoz (PBS + % 1 Fruktöz) varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.851 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.976 U/ml) göstermiştir. Fruktöz varlığında en yüksek trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.888 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*'da (1.160 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.39.B).

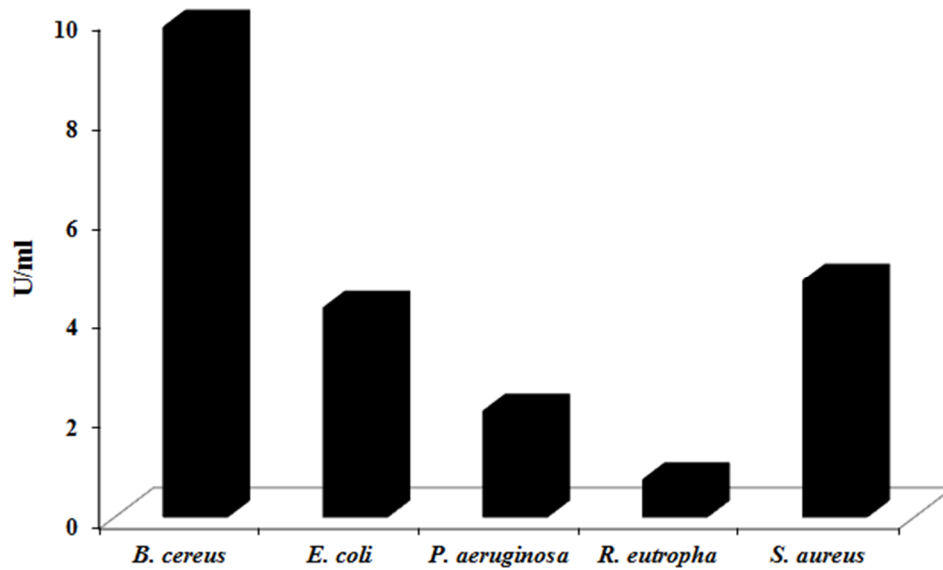
4.3.2 Bakterilerde 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.1 Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 1.97, *E. coli* 1.252, *P. aeruginosa* 0.801, *R. eutropha* 0.809, *S. aureus* 1.464 bulunmuştur (Şekil 4.46.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 9.8 U/ml, *E. coli* 4.176 U/ml, *P. aeruginosa* 2.109 U/ml, *R. eutropha* 0.740 U/ml, *S. aureus* 4.729 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.46.B).



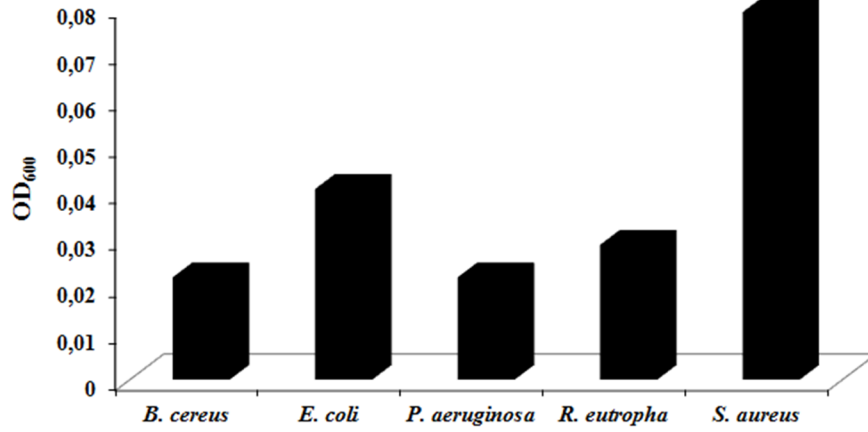
Şekil 4.46.A: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



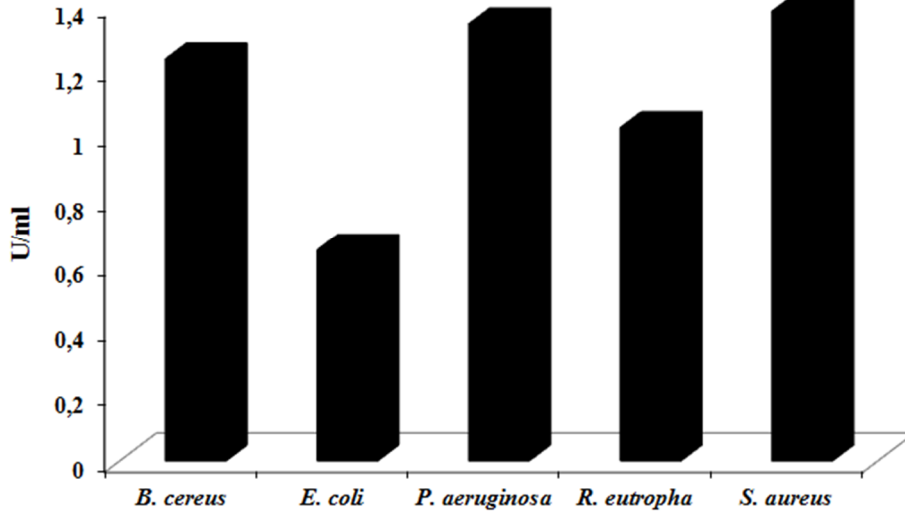
Şekil 4.46.B: Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.2 Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.022, *E. coli* 0.041, *P. aeruginosa* 0.022, *R. eutropha* 0.029, *S. aureus* 0.079 bulunmuştur (Şekil 4.47.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.235 U/ml, *E. coli* 0.646 U/ml, *P. aeruginosa* 1.342 U/ml, *R. eutropha* 1.024 U /ml, *S. aureus* 1.381 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.47.B).



Şekil 4.47.A: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu

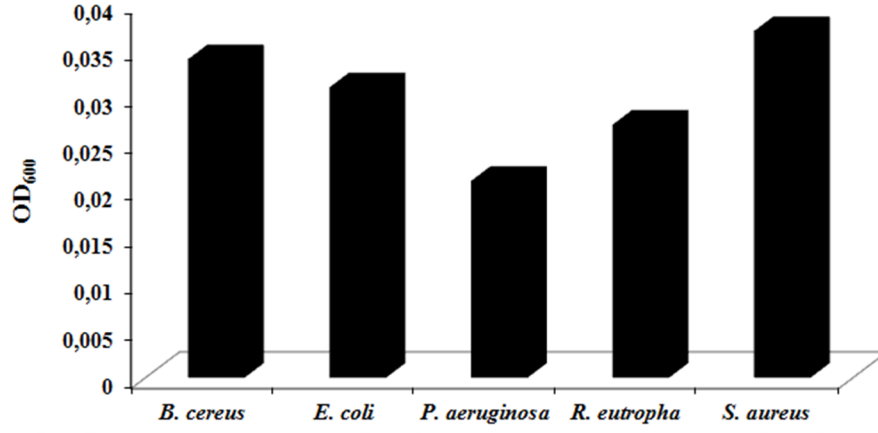


Şekil 4.47.B: Bakterilerde PBS + % 1 dekstroz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

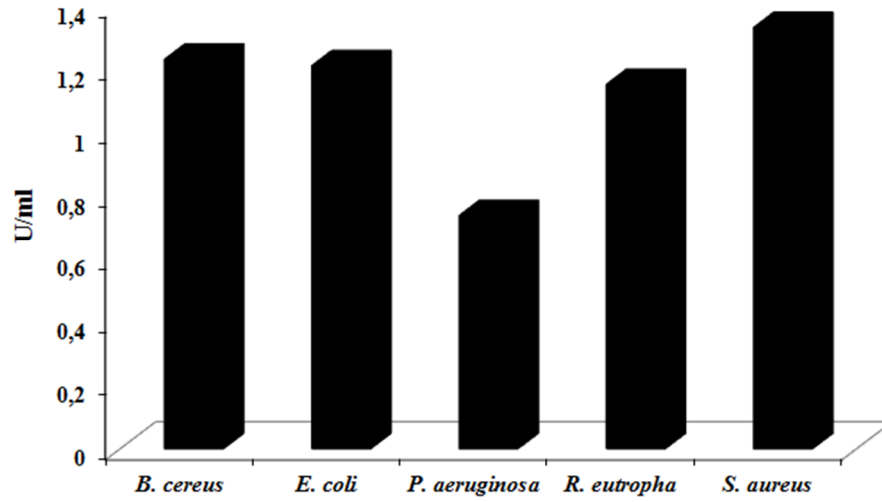
4.3.2.3 Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.034, *E. coli* 0.031, *P. aeruginosa* 0.021, *R. eutropha* 0.027, *S. aureus* 0.037 bulunmuştur (Şekil 4.48.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.231 U/ml, *E. coli* 1.211 U/ml, *P.*

aeruginosa 0.739 U/ml, *R. eutropha* 1.152 U/ml, *S. aureus* 1.331 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.48.B).



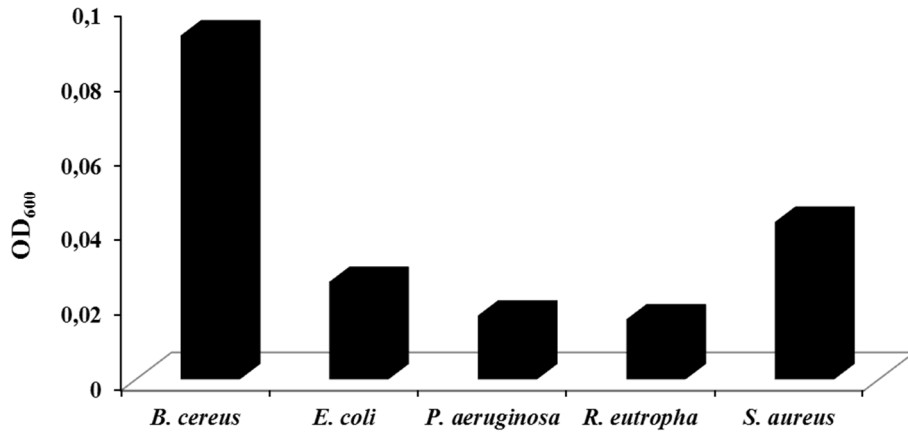
Şekil 4.48.A: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



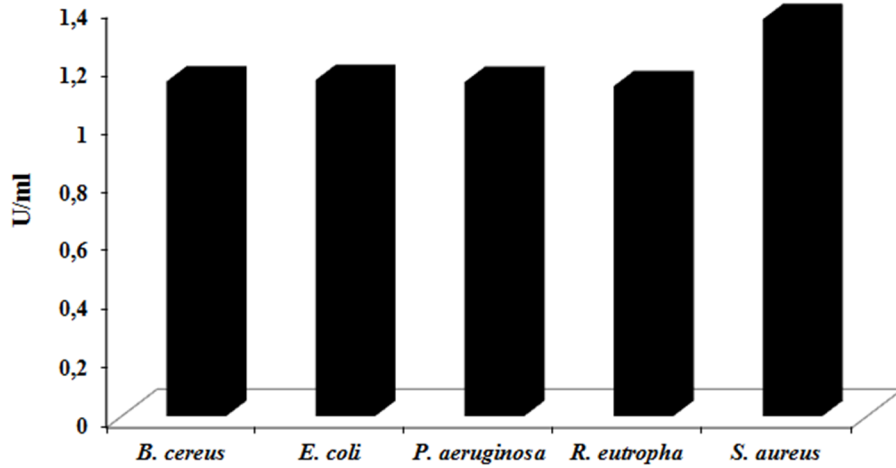
Şekil 4.48.B: Bakterilerde PBS + % 1 fruktoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.4 Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.092, *E. coli* 0.026, *P. aeruginosa* 0.017, *R. eutropha* 0.016, *S. aureus* 0.042 bulunmuştur (Şekil 4.49.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.144 U/ml, *E. coli* 1.149 U/ml, *P. aeruginosa* 1.142 U/ml, *R. eutropha* 1.128 U/ml, *S. aureus* 1.356 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.49.B).



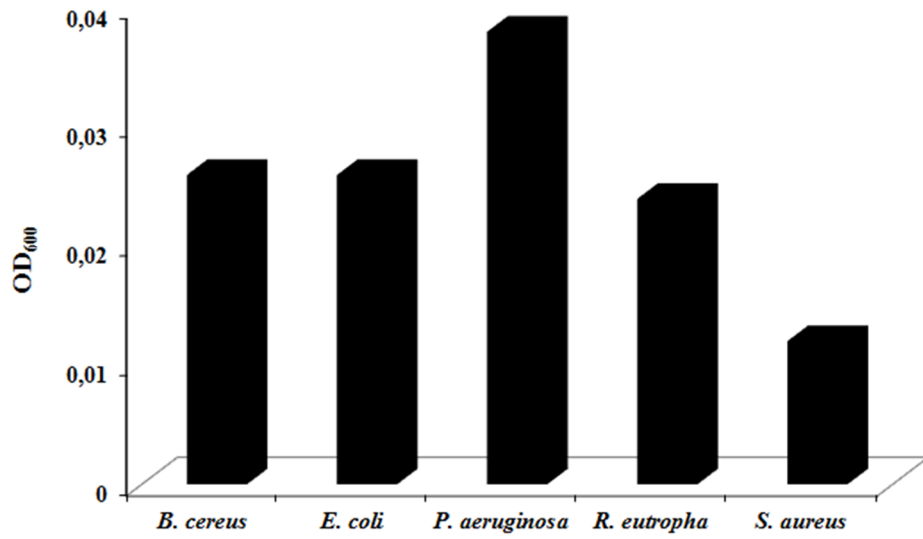
Şekil 4.49.A: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



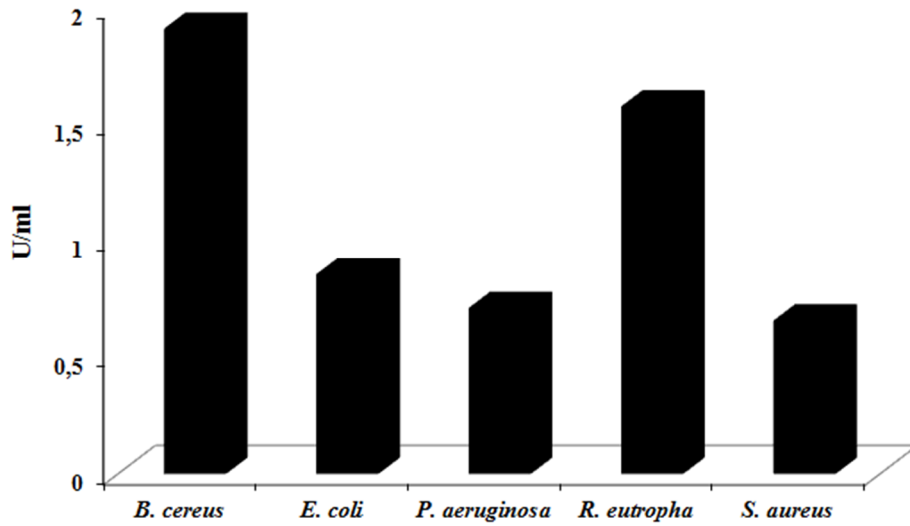
Şekil 4.49.B: Bakterilerde PBS + % 1 glikoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.5 Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.026, *E. coli* 0.026, *P. aeruginosa* 0.038, *R. eutropha* 0.024, *S. aureus* 0.012 bulunmuştur (Şekil 4.50.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.904 U/ml, *E. coli* 0.849 U/ml, *P. aeruginosa* 0.704 U/ml, *R. eutropha* 1.571 U/ml, *S. aureus* 0.650 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.50.B).



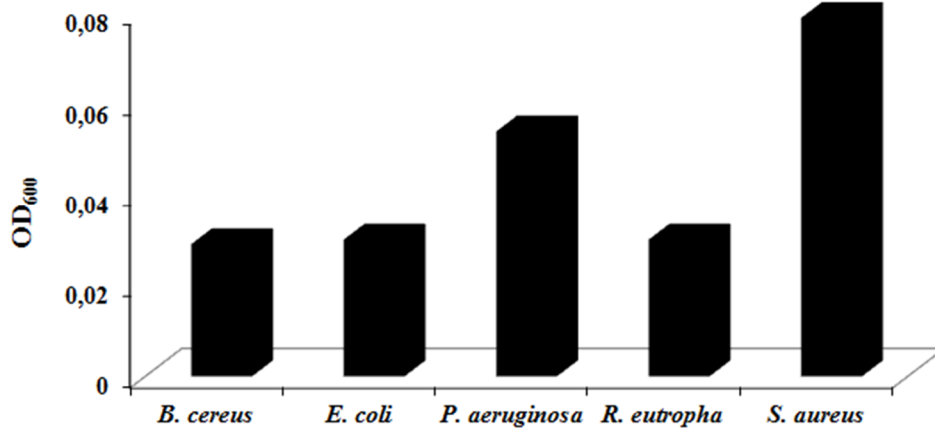
Şekil 4.50.A: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



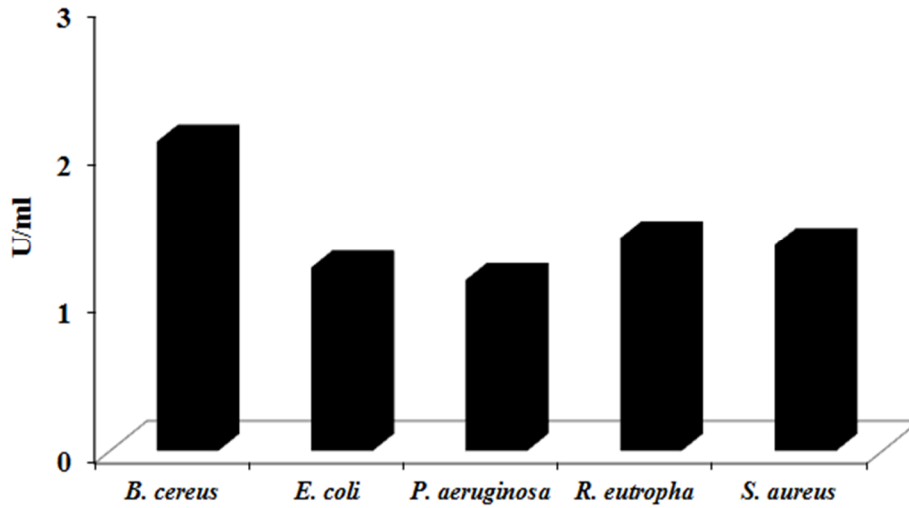
Şekil 4.50.B: Bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.6 Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.029, *E. coli* 0.03, *P. aeruginosa* 0.054, *R. eutropha* 0.03, *S. aureus* 0.079 bulunmuştur (Şekil 4.51.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 2.079 U/ml, *E. coli* 1.228 U/ml, *P. aeruginosa* 1.144 U/ml, *R. eutropha* 1.429 U/ml, *S. aureus* 1.381 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.51.B).



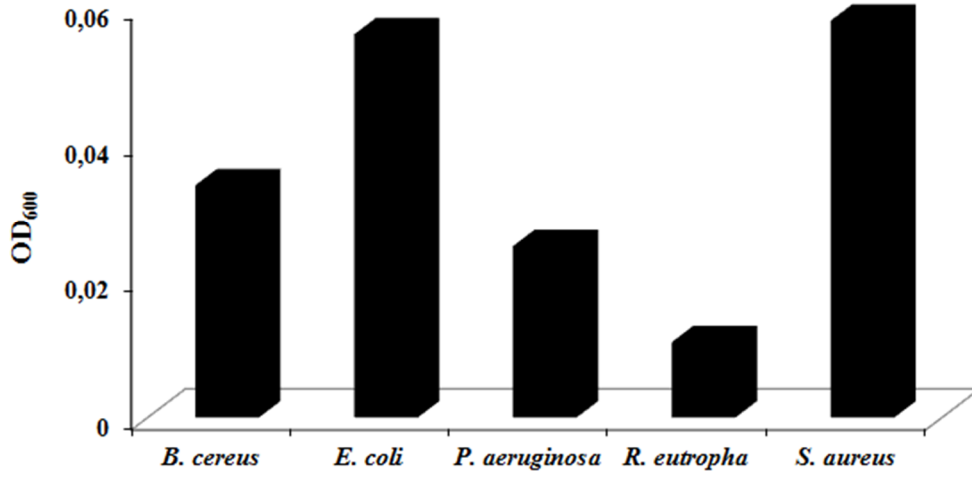
Şekil 4.51.A: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



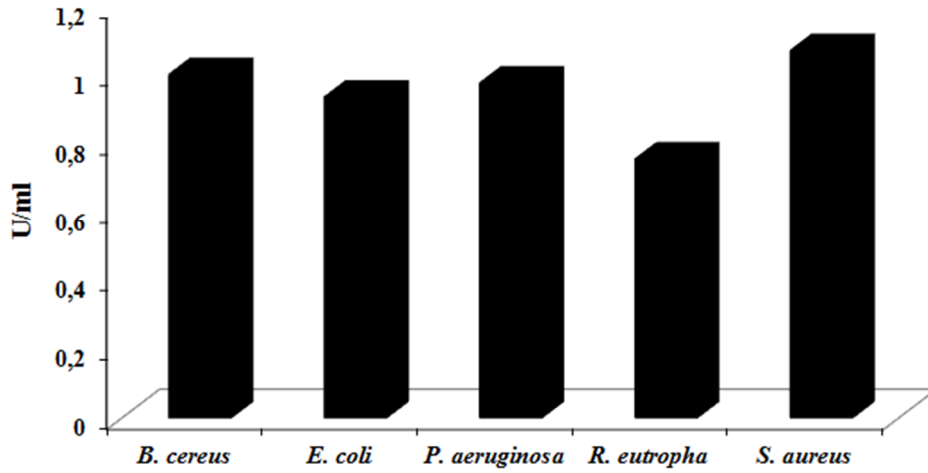
Şekil 4.51.B: Bakterilerde PBS + % 1 maltoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.7 Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.034, *E. coli* 0.056, *P. aeruginosa* 0.025, *R. eutropha* 0.011, *S. aureus* 0.058 bulunmuştur (Şekil 4.52.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.002 U/ml, *E. coli* 0.936 U/ml, *P. aeruginosa* 0.977 U/ml, *R. eutropha* 0.755 U/ml, *S. aureus* 1.072 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.52.B).



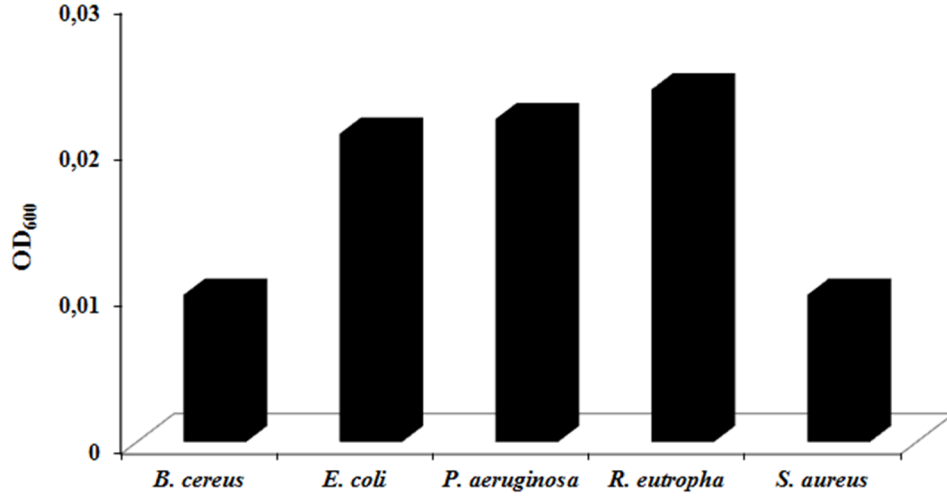
Şekil 4.52.A: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



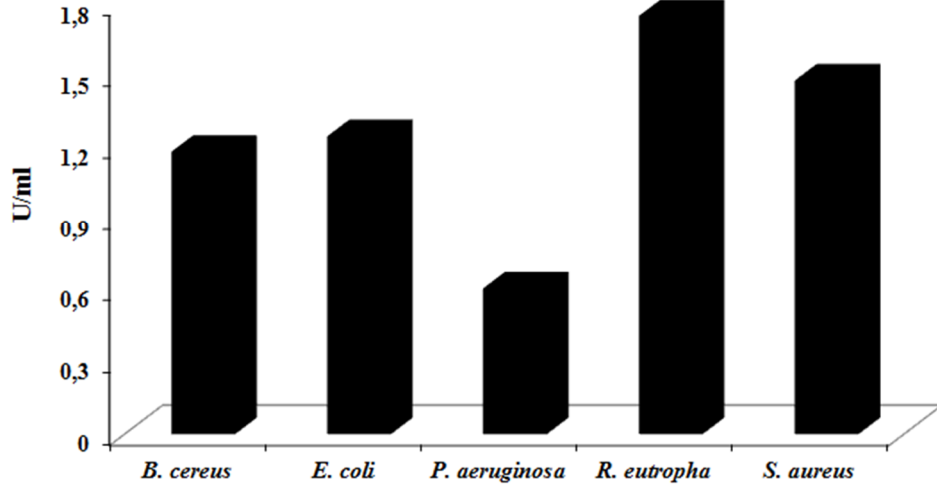
Şekil 4.52.B: Bakterilerde PBS + % 1 ramnoz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.8 Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.010, *E. coli* 0.021, *P. aeruginosa* 0.022, *R. eutropha* 0.024, *S. aureus* 0.010 bulunmuştur (Şekil 4.53.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.179 U/ml, *E. coli* 1.244 U/ml, *P. aeruginosa* 0.603 U/ml, *R. eutropha* 1.749 U/ml, *S. aureus* 1.478 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.53.B).



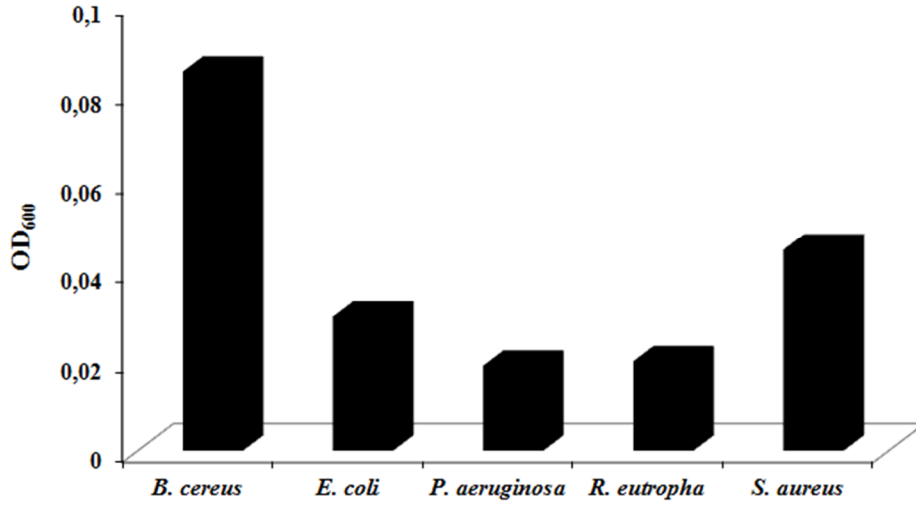
Şekil 4.53.A: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



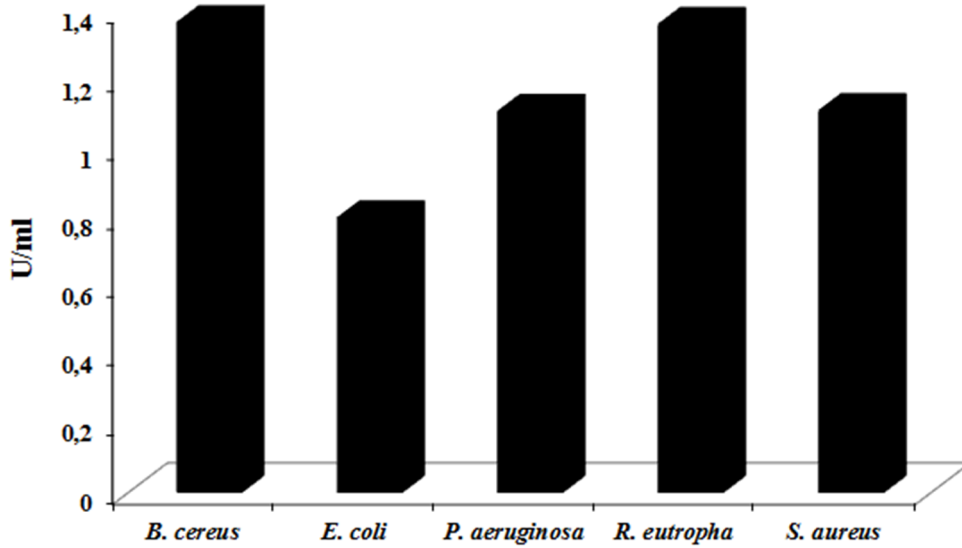
Şekil 4.53.B: Bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.9 Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

Bakterilerde hücre yoğunluğu sırasıyla; *B. cereus* 0.085, *E. coli* 0.03, *P. aeruginosa* 0.019, *R. eutropha* 0.02, *S. aureus* 0.045 bulunmuştur (Şekil 4.54.A). Bakterilerde trehalaz aktivitesi sırasıyla; *B. cereus* 1.366 U/ml, *E. coli* 0.798 U/ml, *P. aeruginosa* 1.108 U/ml, *R. eutropha* 1.361 U/ml, *S. aureus* 1.110 U/ml bulunmuştur (Şekil 4.54.B).



Şekil 4.54.A: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm’de hücre yoğunluğu



Şekil 4.54.B: Bakterilerde PBS + % 1 süktroz varlığında ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi

4.3.2.10. Bakterilerde NB varlığında ve 150 rpm’de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

NB varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* 4.729 U/ml ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.740 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (9.80 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (4.176 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.46.B).

4.3.2.11. Bakterilerde çalışılan karbon kaynakları varlığında ve 150 rpm’de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

PBS + % 1 dekstrozu varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.235 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.646 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.381 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.342 U/ml) göstermiştir. Dekstrozu varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *S. aureus* (1.381 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *E. coli*’nin (0.646 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *E. coli*’ye göre 2.1 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.47.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.022) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.022)’dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.079) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.041)’dir (Şekil 4.47.A).

PBS + % 1 fruktozu varlığında en yüksek trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.331 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (1.211 U/ml) göstermiştir. En düşük trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.231 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.739 U/ml) göstermiştir. Fruktozu varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *S. aureus* (1.331 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa*’nın (0.739 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *P. aeruginosa*’ya göre 1.8 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.48.B).

Bu ortamda en yüksek hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.037) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.031)’dir. En düşük ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.034) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.021)’dir (Şekil 4.48.A).

PBS + % 1 glikoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.144 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.128 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.356 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *E. coli* (1.149 U/ml) göstermiştir. Glikoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *S. aureus* (1.356 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *R. eutropha*’nın (1.128 U/ml) sonuçları

karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *R. eutropha*'ya göre 1.2 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.49.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.042) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.016)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.092) Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.026)'dir (Şekil 4.49.A).

PBS + % 1 ksiloz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.650 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.704 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.904 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.571 U/ml) göstermiştir. Ksiloz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *B. cereus* (1.904 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *S. aureus*'un (0.650 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *B. cereus*, *S. aureus*'a göre 2.9 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.50.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.012) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.024)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.026) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.038)'dir (Şekil 4.50.A).

PBS + % 1 maltoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.381 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (1.144 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.079 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.429 U/ml) göstermiştir. Maltoz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *B. cereus* (2.079 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa*'nın (1.144 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *B. cereus*, *P. aeruginosa*'ya göre 1.8 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.51.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.029) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* ve *R. eutropha* (0.030)'dır. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.079) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.054)'dir (Şekil 4.51.A).

PBS + % 1 ramnoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.002 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.755 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesini ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.072

U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.977 U/ml) göstermiştir. Ramnoz varlığında bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *S. aureus* (1.072 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *R. eutropha*'nın (0.755 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *S. aureus*, *R. eutropha*'ya göre 1.4 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.52.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.034) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.011)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.058) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.056)'dir (Şekil 4.52.A).

PBS + % 1 riboz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.179 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.603 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesi Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.478 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.749 U/ml) göstermiştir. Riboz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *R. eutropha* (1.749 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *P. aeruginosa*'nın (0.603 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *R. eutropha*, *P. aeruginosa*'ya göre 2.9 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.53.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.021)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* ve *S. aureus* (0.010), Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (0.024)'dir (Şekil 4.53.A).

PBS + % 1 sükroz varlığında en düşük trehalaz aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.110 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.798 U/ml) göstermiştir. En yüksek trehalaz aktivitesi ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.366 U/ml) ile Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (1.361 U/ml) göstermiştir. Sükroz varlığında çalışılan bakteriler içerisinde en yüksek trehalaz aktivitesine sahip *B. cereus* (1.366 U/ml) ile en düşük trehalaz aktivitesine sahip *E. coli*'nin (0.798 U/ml) sonuçları karşılaştırıldığında; *B. cereus*, *E. coli*'ye göre 1.7 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.54.B).

Bu ortamda en düşük hücre yoğunluğuna sahip olan bakteriler; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (0.045) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (0.020)'dir. En yüksek ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (0.085) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (0.019)'dur. (Şekil 4.54.A).

4.3.2.12 Bakterilerde monosakkarit ve disakkarit varlığında, 150 rpm’de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

Monosakkarit varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında *S. aureus* (0.650 U/ml) (Şekil 4.50.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *P. aeruginosa*’da (0.603 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.53.B).

Monosakkarit varlığında en yüksek trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında *B. cereus* (1.904 U/ml) (Şekil 4.50.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *R. eutropha*’da (1.749 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.53.B).

Disakkarit varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; PBS + % 1 sükroz varlığında Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.110 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli*’de (0.798 µg/ml) bulunmuştur (Şekil 4.54.B).

Disakkarit varlığında en yüksek trehalaz aktivitesi; PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.079 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*’da (1.429 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.51.B).

4.3.2.13. Bakterilerde aldoz ve ketoz varlığında, 150 rpm’de en düşük-en yüksek trehalaz aktivitesi

Aldoz varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde PBS + % 1 ksiloz varlığında *S. aureus* (0.650 U/ml) (Şekil 4.50.B) ve Gram (-) bakterilerde PBS + % 1 riboz varlığında *P. aeruginosa*’da (0.603 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.53.B). En yüksek trehalaz aktivitesi ise PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.079 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha*’da (1.429 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.51.B).

Ketoz (PBS + % 1 fruktoz) varlığında en düşük trehalaz aktivitesi; Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.231 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*’da (0.739 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.48.B). En yüksek trehalaz aktivitesi ise; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (1.331 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (1.211 U/ml) bulunmuştur.

4.3.3. Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesinin karşılaştırılması

Tez kapsamında yapılan çalışmada bakterilerin 0 rpm ve 150 rpm’de trehalaz aktivitesi karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de, farklı karbon kaynakları varlığında en düşük trehalaz aktivitesi

BAKTERİLER	0 RPM	150 RPM
<i>B. cereus</i>	PBS + % 1 glikoz 0.284 U/ml	PBS + % 1 ramnoz 1.002 U/ml
<i>E. coli</i>	PBS + % 1 dekstroz 0.276 U/ml	PBS + % 1 dekstroz 0.646 U/ml
<i>P. aeruginosa</i>	PBS + % 1 riboz 0.851 U/ml	PBS + % 1 riboz 0.603 U/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 ksiloz 0.441 U/ml	PBS + % 1 ramnoz 0.755 U/ml
<i>S. aureus</i>	PBS + % 1 dekstroz 0.230 U/ml	PBS + % 1 ksiloz 0.650 U/ml

Çizelge 4.6: Bakterilerde 0 rpm ve 150 rpm’de, farklı karbon kaynakları varlığında en yüksek trehalaz aktivitesi

BAKTERİLER	0 RPM	150 RPM
<i>B. cereus</i>	PBS + % 1 maltoz 1.593 U/ml	PBS + % 1 maltoz 2.079 U/ml
<i>E. coli</i>	PBS + % 1 riboz 1.127 U/ml	PBS+ % 1 riboz 1.244 U/ml
<i>P. aeruginosa</i>	PBS + % 1 maltoz 1.856 U/ml	PBS + % 1 dekstroz 1.342 U/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 maltoz 1.514 U/ml	PBS+ % 1 riboz 1.749 U/ml
<i>S. aureus</i>	PBS + % 1 maltoz 1.278 U/ml	PBS+ % 1 riboz 1.478 U/ml

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Doktora tez kapsamındaki bu çalışmada, Gram (-) (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *R. eutropha*) ve Gram (+) (*B. cereus*, *S. aureus*) bakteriler ve minimal besi ortamı (PBS + % 1 olacak şekilde; dekstroz, fruktoz, glikoz, ksiloz, maltoz, ramnoz, riboz, sükroz) kullanılmıştır. Ayrıca NB besi ortamı pozitif kontrol amacıyla kullanılmıştır. Bu koşullar altında birer bakteriyel metabolit olan Arjinin deiminaz, PHB ve Trehalaz aktiviteleri; 24 saat, 37 °C’de hem 0 rpm hem de 150 rpm’de araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan karbon kaynakları monosakkaritler (dekstroz, glikoz, fruktoz, ksiloz, ramnoz, riboz), disakkaritler (maltoz ve sükroz), aldozlar, ketoz grupları olarak ayrıca değerlendirilmiştir.

5.1 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynakları Varlığında ve Koşullarda ADI Aktivitesi

Mikrobiyal enzimler; bakteriler, funguslar ve mayalar gibi mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimlerdir. Bu enzimlerin; biyokimyasal çeşitlilik, optimizasyon kolaylığı, ekonomik olması, bitki ve hayvan enzimlerinden daha aktif ve stabil olması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Mikroorganizmalar; fizyolojik, coğrafik ve genomik çeşitliliklerinden dolayı pek çok enzim üretimini gerçekleştirebilme yeteneğine sahiptirler (Uysal,2021).

Dhankhar ve diğ (2019), yaptıkları çalışmada *Pseudomonas furukawaii* RS3 suşu en yüksek ADI aktivitesini Super Broth besi ortamı + % 1.5 fruktoz varlığında 0.222 µmol/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise 0 rpm’de, PBS + % 1 fruktoz varlığında en yüksek ADI aktivitesini; Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.199 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (5.658 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.3.B). 150 rpm’de ise en yüksek ADI aktivitesini Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.895 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (8.976 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.12.B).

Sharma ve diğ (2017), yaptıkları çalışmada *Pseudomonas aeruginosa* PS2 suşu ile en yüksek ADI aktivitesini 180 rpm’de minimal ortam besi ortamı + % 0.5 galaktoz varlığında 3.12 IU/ml bulmuşlardır. Tez kapsamında yaptığımız çalışmada ise 150 rpm’de, disakkarit varlığında (maltoz, sükroz) en yüksek ADI aktivitesini PBS + % 1 sükroz

varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.695 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (4.813 U/ml) bulmuştur (Çizelge 4.1).

İbrahim ve diğ (2019), yaptıkları çalışmada *P. aeruginosa* en yüksek ADI aktivitesini minimal besi ortamı + % 0.5 maltoz varlığında 1.2 U/mg bulmuşlardır. Tez kapsamında yaptığımız çalışmada ise 0 rpm’de, PBS + % 1 maltoz varlığında en yüksek ADI aktivitesi Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.747 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa*’da (4.606 U/ml) bulunmuştur (Şekil 4.6.B). 150 rpm’de en yüksek ADI aktivitesini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.376 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (3.806 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.15.B).

Mahdy ve diğ (2014), yaptıkları çalışmada *Enterococcus faecium* M1 suşu en yüksek ADI aktivitesini Mineral salt broth besi ortamı + % 1 sükroz varlığında 3,9 U/mg bulmuşlardır. Tez kapsamında yaptığımız çalışmada ise 0 rpm’de, PBS + % 1 sükroz varlığında en yüksek ADI aktivitesini Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.302 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* 3.673 (U/ml) (Şekil 4.9.B) göstermiştir. 150 rpm’de en yüksek ADI aktivitesini Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.695 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (4. 813 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.18.B).

Unissa ve diğ (2015), yaptıkları çalışmada *Vibrio alginolyticus* 1374 suşu en yüksek ADI aktivitesini deniz suyu bazlı besi ortamı + % 2 maltoz varlığında 192 IU/ml bulmuşlardır. Tez kapsamında yaptığımız çalışmada ise 150 rpm’de PBS + % 1 maltoz varlığında en yüksek ADI aktivitesini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.376 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (3.806 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.15.B).

Kaur ve Kaur (2013), yaptıkları çalışmada *Enterococcus faecium* sp. GR7 suşu M9 Minimal Salt Medium besi ortamı + laktoz varlığında en yüksek ADI aktivitesini 0.131 IU/mg bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda 0 rpm’de en yüksek ADI aktivitesini PBS + % 1 maltoz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (3.747 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (4.606 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.6.B). 150 rpm’de ise en yüksek ADI aktivitesini PBS + % 1 sükroz varlığında Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.695 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (4.813 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.18.B).

Khaleed Shaikh ve Khobragade (2019), yaptıkları çalışmada 11 bakteri izolatından 9 tanesi (*Bacillus* spp) The screening medium besi ortamı + % 0.2 glikoz varlığında en yüksek ADI aktivitesini 0.3 U/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise 0

rpm’de, PBS + % 1 glikoz varlığında en yüksek AD aktivitesini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.873 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (3.895 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.4.B). 150 rpm’de ise Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (2.843 U/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (3.702 U/ml) göstermiştir (Şekil 4.13.B).

ADI aktivitesi ile ilgili yapılmış benzer çalışmalar Çizelge 5.1’de ve Doktora tez çalışması kapsamındaki ADI aktivitesi ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1: ADI aktivitesi ile ilgili yapılmış benzer çalışmalar

BESİ ORTAMLARI	Mikroorganizmalar	Dhankhar ve diğ (2019)	Ibrahim ve diğ (2019)	Unissa ve diğ (2015)	Mahdy ve diğ (2014)
Super Broth + % 1.5 fruktoz	<i>Pseudomonas furukawaïi</i> RS3	0.222 µmol/ml			
Minimal ortam + % 0.5 Maltoz	<i>P. aeruginosa</i>		1.2 U/mg		
Mineral salt broth + % 1 Sükroz	<i>Enterococcus faecium</i> M1				3,9 U/mg
Deniz suyu bazlı ortam + % 2 Maltoz	<i>Vibrio alginolyticus</i> 1374			192 IU/ml	

Çizelge 5.2: Doktora tez çalışması kapsamındaki ADI aktivitesi ile ilgili sonuçlar

BESİ ORTAMLARI	Mikroorganizmalar	STATİK	Mikroorganizmalar	150 RPM
PBS + % 1 Fruktoz	<i>R. eutropha</i>	5.658 U/ml	<i>P. aeruginosa</i>	8.976 U/ml
	<i>S. aureus</i>	3.199 U/ml	<i>B. cereus</i>	3.895 U/ml
PBS + % 1 Maltoz	<i>P. aeruginosa</i>	4.606 U/ml	<i>P. aeruginosa</i>	3.806 U/ml
	<i>B. cereus</i>	3.747 U/ml	<i>S. aureus</i>	3.376 U/ml
PBS + % 1 Sükroz	<i>R. eutropha</i>	3.673 U/ml	<i>R. eutropha</i>	4.813 U/ml
	<i>B. cereus</i>	3.302 U/ml	<i>B. cereus</i>	4.695 U/ml

5.2 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynakları Varlığında ve Koşullarda PHB Üretimi

Plastik malzemeler, dayanıklılık ve bozulmaya karşı direnç gibi birçok özelliğinden dolayı çağdaş yaşamın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu parçalanamayan plastikler, çevrede yılda milyonlarca ton oranında birikmektedir (Mercan, 2002). Küresel olarak artan bu sorunlardan dolayı biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerin geliştirilmesine büyük ilgi gösterilmeye başlanmıştır. Biyolojik olarak parçalanabilen PHB’ler de geniş bir uygulama alanına sahip olmuştur (Adwitiya ve diğ, 2009). PHB, kısa zincirli β-hidroksi yağ asitlerine sahip, tekrarlanan hidrofobik birimlerden oluşan, depo granülü şeklinde biriktirilen ve sentezlenen bir polimerdir. PHB üretiminde genellikle kullanılan karbon kaynakları; glikoz, sükroz, yağ asitleri, alkanlar ve kloroalkanoik asitler gibi substratlardır (Avşar, 2017).

PHB, pek çok mikroorganizma tarafından bazı stres koşullarında (besin yetersizliği, aşırı sıcaklık-soğukluk, nem, pH), üreme koşullarının uygun olmadığı durumlarda ve özellikle karbon/azot oranının dengesiz olduğu durumlarda (ortamda karbon kaynağının fazla olması, azot kaynağının sınırlı olması) üretilmektedir. Çeşitli polimerlerin sentezinde kültür ortamındaki C/N oranı büyük önem taşımaktadır. Karbon miktarının artması hücre sayısı miktarını azaltmakta ancak PHB üretimini ise artırmaktadır (Tamdoğan, 2008).

Khanna ve Srivastava (2005), yaptıkları çalışmada *Ralstonia eutropha*, Mineral Salt medium besi ortamı + fruktoz varlığında, 48 saat, 150 rpm'de 1400 µg/ml en yüksek PHB üretimini bulmuşlardır. Bununla birlikte süktroz varlığında 42 µg/ml; glikoz varlığında 31 µg/ml; ksiloz varlığında 3 µg/ml göstermiştir. Tez çalışma kapsamımızda ise 24 saat, 37 °C, 150 rpm'de PBS + % 1 fruktoz ortamında *R. eutropha* (9.626 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.30.B).

Tamdoğan (2008), yüksek lisans tez çalışmasında *Bacillus subtilis* ATCC 6633 suşu NB besi ortamı + % 2 glikoz varlığında 5.295 µg/ml; NB + % 2 süktroz varlığında 8.764 µg/ml PHB üretimini bulmuşlardır. Farklı sıcaklıklarda ise yüksek PHB üretimi 30 °C'de 10.498 µg/ml; 40 °C'de 0.977 µg/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise PBS + % 1 glikoz varlığında, 150 rpm'de, 37 °C'de en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (10.544 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (7.014 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.31.B).

Saleem ve diğ. (2014), yaptıkları çalışmada *Bacillus thuringiensis* CMBL-BT-6 suşu 24 saat, 37 °C'de en yüksek PHB üretimini NB besi ortamı + % 1 maltoz varlığında 867 µg/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise PBS + % 1 maltoz varlığında, 0 rpm'de, 37 °C'de en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (9.972 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde ise *E. coli* (4.251 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.24.B).

Bhagowati ve diğ. (2015), yaptıkları çalışmada *Bacillus* sp. 72 saat, 180 rpm'de, Minimal Davis Broth besi ortamı + % 1 Maltoz varlığında en yüksek PHB üretimini 5630 µg/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise PBS + % 1 maltoz varlığında, 24 saat, 150 rpm'de en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (2.190 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (9.761 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.33.B).

Fathima ve Krishnaswamy (2016), yaptıkları çalışmada halotolerant bakteri suşları 72 saat, 150 rpm, Minimal Salt Medium besi ortamı + % 2 süktroz varlığında en yüksek

PHB üretimini 500 µg/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise 24 saat, 150 rpm, PBS + % 1 süktroz varlığında en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (1.218 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (2.197 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.36.B).

Ahmady-Asbchin ve diğ (2020), yaptıkları çalışmada *Bacillus megaterium* 72 saat, 150 rpm, The seed culture medium besi ortamı + glikoz varlığında en yüksek PHB üretimini 21 µg/L bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise 24 saat, 150 rpm, PBS + % 1 glikoz varlığında en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (10.544 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (7.014 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.31.B).

Park ve diğ (2020), yaptıkları çalışmada *Halomonas* sp. YLGW01suşu Marine Broth besi ortamı + % 2 fruktoz varlığında en yüksek PHB üretimini 9150 µg/L bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise 0 rpm'de PBS + % 1 fruktoz varlığında en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *S. aureus* (3.680 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *P. aeruginosa* (6. 041 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.21.B).

Mi Lee ve diğ (2021), yaptıkları çalışmada *Bacillus* sp. SM01 suşu 72 saat, 200 rpm, Marine Broth besi ortamı + % 1 ksiloz ortamında en yüksek PHB üretimini 3410 µg/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise 24 saat, 150 rpm, PBS + % 1 ksiloz varlığında en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (6.571 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *R. eutropha* (6.265 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.32.B).

Hagagy ve diğ (2021), yaptıkları çalışmada *Haloarcula* sp. NRS20 suşu HSM besi ortamı + süktroz ortamında en yüksek PHB üretimini 2.946 µg/ml bulmuşlardır. Tez kapsamındaki çalışmamızda ise PBS + % 1 süktroz varlığında, 0 rpm'de en yüksek PHB üretimini Gram (+) bakterilerde *B. cereus* (4.912 µg/ml) ve Gram (-) bakterilerde *E. coli* (4.803 µg/ml) göstermiştir (Şekil 4.27.B).

PHB üretimi ile ilgili yapılmış benzer çalışmalar Çizelge 5.3'de ve Doktora tez çalışması kapsamındaki PHB üretimi ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.3: PHB üretimi ile ilgili yapılmış benzer çalışmalar

YAZAR	BESİ ORTAMI	MİKROORGANİZMALAR	DEĞER (µg/ml)	150 RPM	180 RPM	200 RPM	24 h	48 h	72h
Mi Lee ve diğ (2021)	Marine Broth + % 1 Ksiloz	<i>Bacillus sp. SM01</i>	3410			+			+
Ahmady-Asbchin ve diğ (2020)	The seed culture medium + glikoz	<i>Bacillus megaterium</i>	21	+					+
Park ve diğ (2020)	Marine Broth + % 2 Fruktoz	<i>Halomonas sp. YLGW01</i>	9150					+	
Fathima ve Krishnaswamy (2016)	Mminimal Salt Medium + % 2 süktroz	Halotolerant bakteri suşları	500	+					+
Bhagowati ve diğ. (2015)	Mminimal Davis Broth + % 1 Maltoz	<i>Bacillus sp.</i>	5630		+				+
Saleem ve diğ. (2014)	NB + % 1 maltoz	<i>Bacillus thuringiensis CMBL-BT-6</i>	867				+		
Tamdoğan (2008)	NB + % 2 Glikoz	<i>Bacillus subtilis ATCC 6633</i>	5.295				+		
	NB + % 2 süktroz		8.764						
Khanna ve Srivastava (2005)	Mfimeral Salt medium + fruktoz	<i>Ralstonia eutropha</i>	1400	+				+	

Çizelge 5.4: Doktora tez çalışması kapsamındaki PHB üretimi ile ilgili sonuçlar

MİKROORGANİZMALAR	BESİ ORTAMLARI	150 RPM
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 Fruktoz	9.626 µg/ml
<i>S. aureus</i>	PBS + % 1 Glikoz	10.544 µg/ml
<i>E. coli</i>	PBS + % 1 Glikoz	7.014 µg/ml
<i>B. cereus</i>	PBS + % 1 Ksiloz	6.571 µg/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 Ksiloz	6.265 µg/ml
<i>P. aeruginosa</i>	PBS + % 1 Maltoz	9.761 µg/ml
<i>R. eutropha</i>	PBS + % 1 Süktroz	2.197 µg/ml
<i>B. cereus</i>	PBS + % 1 Süktroz	1.218 µg/ml

5.3 Bakterilerde Farklı Karbon Kaynaklarının Varlığında ve Koşullarda Trehalaz Aktivitesi

Literatürde mevcut doktora tez çalışmasına benzer çalışmalara rastlanılmadığından sonuçlar tartışılamamıştır.

5.4 Bakterilerde ADI Aktivitesi, PHB Üretimi ve Trehalaz Aktivitesinde Avantajlı ve Dezavantajlı Karbon kaynakları

ADI aktivitesinde avantajlı karbon kaynakları; 0 rpm’de PBS + % 1 fruktoz; çalkalamalı koşullarda PBS + % 1 fruktoz ve PBS + % 1 süktroz’dur. Dezavantajlı karbon

kaynakları ise 0 rpm'de PBS + % 1 ramnoz ve PBS + % 1 riboz; 150 rpm'de ise PBS + % 1 ramnoz'dur. Bu çalışma kapsamında bütün karbon kaynakları ve bakteriler düşünüldüğünde, 0 rpm'de en yüksek ADI aktivitesine sahip *B. cereus* (4.917 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *S. aureus* (1.821 U/ml) arasındaki yüksek değer, PBS + % 1 riboz ortamında 2.7 kat bulunmuştur. 150 rpm'de ise; en yüksek ADI aktivitesine sahip *P. aeruginosa* (8.976 U/ml) ile en düşük ADI aktivitesine sahip *E. coli* (3.599 U/ml) arasındaki 2.5 kat ile PBS + % 1 fruktoz varlığındadır.

Hücre yoğunluklarında avantajlı karbon kaynakları ise 0 rpm'de PBS + % 1 ramnoz, PBS + % 1 riboz ve PBS + % 1 sükroz; 150 rpm'de PBS + % 1 ramnoz'dur. Dezavantaj karbon kaynakları 0 rpm'de PBS + % 1 ksiloz ve PBS + % 1 maltoz, 150 rpm'de PBS + % 1 ksiloz ve PBS + % 1 riboz'dur.

PHB üretiminde avantajlı karbon kaynakları; 0 rpm'de PBS + % 1 ksiloz, PBS + % 1 maltoz, PBS + % 1 ramnoz; 150 rpm'de PBS + % 1 fruktoz, PBS + % 1 glikoz, PBS + % 1 maltoz'dur. Dezavantajlı karbon kaynakları 0 rpm'de PBS + % 1 sükroz; 150 rpm'de PBS + % 1 sükroz'dur. Bu çalışma kapsamında bütün karbon kaynakları ve bakteriler düşünüldüğünde 0 rpm'de en yüksek PHB üretimi ile en düşük PHB üretimi arasındaki en büyük kat PBS + % 1 maltoz varlığında *S. aureus* (9.972 µg/ml), *R. eutropha*'ya (0.027 µg/ml) göre 369.3 kat PHB üretimi göstermiştir. 150 rpm'de en yüksek PHB üretimi ile en düşük PHB üretimi arasındaki en büyük kat PBS + % 1 dekstroz ortamında *P. aeruginosa* (5.068 µg/ml), *R. eutropha*'ya (0.122 µg/ml) göre 41.5 kat PHB üretimi göstermiştir. Hücre yoğunluklarında avantajlı karbon kaynakları; 0 rpm'de PBS + % 1 glikoz ve PBS + % 1 sükroz; 150 rpm'de PBS + % 1 dekstroz ve PBS + % 1 ramnoz'dur. Dezavantajlı karbon kaynakları ise 0 rpm'de PBS + % 1 fruktoz, 150 rpm'de PBS + % 1 ksiloz'dur.

Trehalaz aktivitesinde avantajlı karbon kaynakları; 0 rpm'de PBS + % 1 maltoz; 150 rpm'de PBS + % 1 maltoz ve PBS + % 1 riboz'dur. Dezavantaj karbon kaynakları; 0 rpm'de PBS + % 1 dekstroz; 150 rpm'de PBS + % 1 ramnoz ve PBS + % 1 riboz'dur. Bu çalışma kapsamında bütün karbon kaynakları ve bakteriler düşünüldüğünde 0 rpm'de en yüksek trehalaz aktivitesi ile en düşük trehalaz aktivitesi arasındaki en büyük kat; PBS + % 1 glikoz ortamında *S. aureus* (1.393 U/ml) *B. cereus*'a (0.284 U/ml) göre 4.9 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir. 150 rpm'de ise en yüksek trehalaz aktivitesi ile en düşük trehalaz aktivitesi karşılaştırıldığında PBS + % 1 ksiloz varlığında *B. cereus* (1.904 U/ml) *S. aureus*'a (0.650 U/ml) göre 2.9 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir. Aynı şekilde PBS + % 1

riboz varlığında *R. eutropha* (1.749 U/ml) *P. aeruginosa*'ya (0.603 U/ml) göre 4.9 kat trehalaz aktivitesi göstermiştir.

Hücre yoğunluklarında dezavantaj karbon kaynakları; 0 rpm'de PBS + % 1 ramnoz; 150 rpm'de PBS + % 1 riboz'dur. Avantajlı karbon kaynakları ise 0 rpm'de PBS + % 1 süktroz; 150 rpm'de PBS + % 1 dekstroz ve PBS + % 1 glikoz'dur.

Doktora tez kapsamında yapılan tüm deneysel çalışmalar sonucunda en avantajlı karbon kaynaklarına bakıldığında;

- ADI aktivitesinde; ketoz varlığında fruktoz ve disakkaritlerde süktroz,
- PHB üretiminde; aldoz varlığında glikoz, ksiloz, maltoz, ramnoz iken ketoz varlığında fruktoz,
- Trehalaz aktivitesinde; aldoz varlığında maltoz ve riboz olduğu görülmektedir.

Hücre yoğunluklarında en avantajlı karbon kaynaklarına bakıldığında;

- ADI aktivitesinde; aldoz varlığında ramnoz ve riboz iken disakkaritlerde süktroz,
- PHB üretiminde; aldoz varlığında dekstroz, glikoz ve ramnoz, disakkaritlerde süktroz,
- Trehalaz aktivitesinde; aldoz varlığında dekstroz ve glikoz iken disakkaritlerde süktroz olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlara göre, 0 rpm'de Gram (+) bakterilerin Gram (-) bakterilere göre daha yüksek ADI, Trehalaz aktivitesi ve PHB üretimi göstermiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, farklı bakış açıları getirirken, literatüre de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdou, M.** (2019). *Bacillus* sp. suşlarından lipaz taranması, lipaz üretim koşullarının optimizasyonu, kısmi saflaştırılması, karakterizasyonu ve deterjan endüstrisindeki potansiyel uygulamaları (Doktora Tezi) Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Adwitiya, P., Ashwini, P., Avinash, A.K., Badri, R., Kajal, D., Voms, P., Srividya, S.** (2009). Mutagenesis of *Bacillus thuringiensis* IAM 12077 for increasing poly (-β-) hydroxybutyrate (PHB) production, *Turkish Journal of Biology*, 33, 225-230.
- Agrawal, T., Kotasthane, A.S., Kushwah, R.** (2015). Genotypic and phenotypic diversity of polyhydroxybutyrate (PHB) producing *Pseudomonas putida* isolates of Chhattisgarh region and assessment of its phosphate solubilizing ability, *3 Biotech*, 5, 45-60.
- Ahmady-Asbchin, S., Rezaee, H., Safari, M., Zamanifar, P., Siyamiyan, D.** (2020). Production and optimization of polyhydroxybutyrate (PHB) from *Bacillus megaterium* as biodegradable plastic, *European Journal of Biological Research*, 10(1), 26-34.
- Ahmetoğlu, N.** (2011). *Bacillus cereus* KG5'in proteaz enzimi üzerine çalışmalar (Yüksek Lisans Tezi). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Akdaş, H.** (2012). Bazı jeotermal kaynaklardan termofilik bakterilerin izolasyonu ve endüstriyel öneme sahip enzimlerin belirlenmesi (Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Aksoy, R., Gürbilek, M., Çetinkaya, Ç.D., Topcu, C.** (2016). Glukoz, fruktoz, nişasta bazlı şekerler ile beslenmiş ratlarda Na⁺/K⁺ ATPaz (E.C.3.1.6.37) aktivitesi, GLUT ve adipositokinlerin araştırılması, *Van Tıp Dergisi*, 23(2), 168-175.
- Al-Koussa, H., El Mais, N., Maalouf, H., Abi-Habib, R., El-Sibai, M.** (2020). Arginine deprivation: a potential therapeutic for cancer cell metastasis? A review, *Cancer Cell International*, 20(150), 1-7.
- Alrubaye, M. R. S.** (2020). Yara ve yanık numunelerinden *Pseudomonas aeruginosa* izolasyonu, tanımlanması ve toksin üretiminden sorumlu Exou geni yönünden araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Arıcı, M.** (2017). Fermentasyon teknolojisi, *Bitkisel Fermentasyonlar*, İstanbul.
- Aryaraj, D., Pramitha, V.S.** (2021). Extraction and characterization of polyhydroxybutyrate (PHB) from *Bacillus flexus* MHO57386.1 isolated from marine sponge *Oceanopia arenosa* (Rao, 1941), *Marine Science and Technology Bulletin*, 10(2), 170-185.
- Aramvash, A., Akbari Shahabi, Z., Dashti Aghjeh, S., Ghafari, M.D.** (2015). Statistical physical and nutrient optimization of bioplastic polyhydroxybutyrate production by *Cupriavidus necator*, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12, 2307-2316.

- Aslan, Z.** (2018). Termal kaynaklardan izole edilen bakterilerin enzimleri üzerine çalışmalar (Yüksek Lisans Tezi). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Aşula, M.** (2019). Tüketime hazır gıdalardan *Bacillus* türlerinin izolasyonu, biyokimyasal özellikleri ve enzim aktivitelerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ataei, M.** (2019). *Candida albicans* quorum sensing mediyatörlerinin *Pseudomonas aeruginosa* üremesi üzerine *in vitro* etkileri (Tıpta Uzmanlık Tezi). İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İstanbul.
- Avonce N., Mendoza-Vargas A., Morett E., Iturriaga G.** (2006). Insights on the evolution of trehalose biosynthesis, *BMC Evolutionary Biology*, 6(109), 1-15.
- Avşar, H.** (2017). Yabani baklagil bitkilerinden izole edilen *Rhizobium* spp. türlerinin siderofor üretimi ve melas besi ortamında poly- β -hidroksibütirat (PHB) üretim veriminin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.
- Aydın, S., Geçkil, H., Çaylak, E., Kılıç, N.** (2004). Mikroorganizmaların kanser tedavisinde kullanımı, *Fırat Tıp Dergisi*, 9(2), 30-34.
- Bekpınar, E.** (2012). Bazı laktik asit bakteri suşlarının *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella typhimurium*'a karşı antimikrobiyal özelliklerinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bhagowati, P., Pradhan, S., Dash, H.R., Das, S.** (2015). Production, optimization and characterization of polyhydroxybutyrate, a biodegradable plastic by *Bacillus* spp., *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 79(9), 1454–1463.
- Boos, W., Ehmann, U., Bremer, E., Middendorf, A., Postma, P.** (1987). Trehalase of *Escherichia coli*, mapping and cloning of its structural gene and identification of the enzyme as a periplasmic protein induced under high osmolarity growth conditions, *The Journal of Biological Chemistry*, 262 (27), 13212-1321.
- Brigham, C.J., Zhila, N., Shishatskaya, E., Volova, T.G., Sinskey, A.J.** (2012). Manipulation of *Ralstonia eutropha* carbon storage pathways to produce useful Bio-Based Products, *Subcellular Biochemistry*, 64, 343-366.
- Cansever, M.** (2010). Respiratuar distres sendromlu yeni doğanlarda kan l-arginin düzeyleri ve l- arginin desteğinin klinik değerlendirilmesi (Tıpta Uzmanlık Tezi), Erciyes Üniversitesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim dalı, Kayseri.
- Chaitanya, N.S.N., Devi, A., Sahu, S., Alugoju, P.** (2021). Molecular mechanisms of action of trehalose in cancer: A comprehensive review, *Life Sciences*, 269,1-6.
- Chi, Z., Wang, J.M., Chi, Z.M., Ye, F.** (2010). Trehalose accumulation from corn starch by *Saccharomycopsis fibuligera* A11 during 2-l fermentation and trehalose purification, *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37,19–25.
- Chrungu, D., Sharma, S.C., Mahmood, A.** (2017). Biochemical study of trehalase activity in *Aspergillus niger* conidia, *World Scientific News*, 86(3), 349-356.

- Çeker, E., Töman, U.** (2019). Mikroorganizma ve hijyen kavramlarına yönelik gelişimsel bir araştırma, *Ihlara Eğitim Araştırma Dergisi*, 4(1), 53-72.
- Çöl, B.G.** (2014). Çeşitli gıdalarda *Bacillus cereus* toksinlerinin varlığı ve tiplendirilmesi (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çürek, S.** (2020). Baharatlardan izole edilen *Bacillus cereus* grubu üyesi izolatların emetik ve enterotoksijenik toksin genlerinin varlığının araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Dağ, T.** (2017). *Fusarium* sp. ile pigment üretiminin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dahlqvist, A.** (1968). Assay of intestinal disaccharidases, *Analytical Biochemistry*, 22, 99-107.
- De La Fuente, L., Mavrodi, D.V., Thomashow, L.S., Weller, D.M.** (2007). Utilization of trehalose, benzoate, valerate, and seed and root exudates by genotypes of 2,4-diacetylphloroglucinol producing *Pseudomonas fluorescens*, *Soil Biology & Biochemistry*, 39, 2712–2722.
- Destanoğlu, A.** (2016). Üreaz enziminin çeşitli polimerlerle modifikasyonu (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dhankhar, R., Gupta, V., Kumar, S., Kumar Kapoor, R., Gulati, P.** (2020). Microbial enzymes for deprivation of amino acid Metabolism in malignant cells: biological strategy for cancer treatment, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 2857–2869.
- Dhankhar, R., Kumar, A., Kumar, S., Chhabra, D., Shukla, P., Gulati, P.** (2019). Multilevel algorithms and evolutionary hybrid tools for enhanced production of arginine deiminase from *Pseudomonas furukawaii* RS3, *Bioresource Technology*, 290, 1-9.
- Dinigüzel, Ö.** (2007). Türkiye’den PHB üreticisi halofilik bakterilerin izolasyonu (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Doğan, M.** (2017). Bazı gıdalardan izole edilen bakterilerin probiyotik özelliklerinin araştırılması (Doktora Tezi), İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Duangri, C., Mudtham, N.A., Incharoensakdi, A., Raksajit, W.N.** (2020). Enhanced polyhydroxybutyrate (PHB) accumulation in heterotrophically grown *Arthrospira platensis* under nitrogen deprivation, *Journal of Applied Phycology*, 32, 3645–3654.
- Dut, E.** (2015). Farklı ortam koşullarında *Bacillus thuringiensis* RSKK 381’in üreme ve biyoplastik (PHB) üretiminin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dündar, C.** (2019). Banknotlarda Gram negatif bakteri varlığı ve antibiyotik direncinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- El-Nahrawy, S., Abd El-Kodoos, R.Y., Belal, E.S.B., El-Shouny, W.** (2018). Production of Poly- β -hydroxybutyrate (PHB) by *Azotobacter* sp. isolated from different sources, *Environment, Biodiversity Soil Security*, 2, 183-192.
- Erer, F.** (2019). Bazı süstitüe aromatik imin bileşiklerinin sentezi ve yapı analizleri (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Erik, M.** (2020). Laktik asit bakterilerinin *Enterobacteriaceae* izolatları üzerine antimikrobiyal ve antibiyofilm etkisinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak.
- Fathima, N., Krishnaswamy, V.G.** (2016). Optimization of poly- β -hydroxybutyrate production by halotolerant bacterial strains isolated from saline environment, *International Journal of Bioassays*, 5(8), 4775-4781.
- Fındık, M.B.** (2017). Ksilozu fermente eden maya türlerinin izolasyonu ve identifikasyonu (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gao, Y., Xi, Y., Lu, X. L., Zheng, H., Hu, B., Liu, X.Y., Jiao, B.H.** (2013). Cloning, expression and functional characterization of a novel trehalose synthase from marine *Pseudomonas* sp. P8005, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29, 2195–2206.
- Gong H., Zo Izer F., von Recklinghausen G., Havers W., Schweigerer L.** (2000). Arginine deiminase inhibits proliferation of human leukemia cells more potently than asparaginase by inducing cell cycle arrest and apoptosis, *Oncology and Endocrinology*, 826–829.
- Gowda, U. S, V., Shivakumar, S.** (2015). Poly-b-hydroxybutyrate (PHB) depolymerase PHAZ_{Pen} from *Penicillium expansum*: purification, characterization and kinetic studies, 3 *Biotech*, 5, 901–909.
- Gülderen, A.** (2016). Glikoz çözeltisi derişiminin optik ölçümler ve yapay sinir ağıları kullanılarak kestirimi (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Hagagy, N., Saddiq, A.A.N., Tag, H.M., Abdelgawad, H., Selim, S.** (2021). Characterization of bioplastics produced by *haloarchaeon Haloarcula* sp strain NRS20 using cost-effective carbon sources, *Materials Research Express*, 8, 1-8.
- Halıcı, F.** (2013). Ön işlem görmüş ayçiçeği ve tütün saplarından enzimatik yöntemle ksiloz üretimi (Yüksek Lisans Tezi). GaziOsmanPaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Han, R.Z., Xu G.G., Dong J.J., Ni, Y.** (2016). Arginine deiminase: recent advances in discovery, crystal structure, and protein engineering for improved properties as an anti-tumor drug, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 4747–4760.
- Hu, C., Li, L., Zheng, Y., Rui, L., Hu, C.** (2011). Perspectives of biotechnological production of L-ribose and its purification, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 92, 449–455.

- Ibrahim, R.A., Hussein, A.A., Abdulwahed, S.** (2019). Optimizing arginine deiminase production from *Pseudomonas aeruginosa* clinical isolate, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 11(2), 656-660.
- İlaslan, K.** (2014). Sert şekerlemelerde kontrolsüz inversiyon ve soğuk erime problemlerinin araştırılması ve çözüm önerileri (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İlhan, M.S.** (2012). *Capparis ovata* bitkisinde kuraklık koşullarında trehaloz sentez yolunun moleküler seviyede incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- İlhan Baysak, M.** (2008). Bazı *Rhizobium* türlerinin polihidroksibütirat (PHB) verimleri üzerine farklı ortam şartlarının etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Jahani, M., Noroznezhad, F., Mansouri, K.** (2018). Arginine: challenges and opportunities of this two-faced molecule in cancer therapy, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 102, 594-601.
- Kahraman, H.** (2019). The importance of L-rhamnose sugar, *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 21(3), 15906- 15908.
- Kahyaoğlu, M., Konar, V.** (2006). Şeker fabrikası atık maddeleri kullanılarak *Pseudomonas aeruginosa*' dan ramnolipit biyosüpfektanı elde edilmesi, *Fırat Üniv. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (4), 493-498.
- Karaca Gençer, H.** (2012). Bazı maya türlerinde trehaloz ve glikojen metabolizmasına etki eden faktörlerin analizi (Doktora Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Karaderi, C.C.** (2016). *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* ve *Enterococcus faecalis*'de farklı ortam koşullarında proteaz, prolin ve biofilm üretimi ile kayma hareketlerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Karatepe, O.** (2012). Molecular cloning, expression and characterization of arginine deiminase enzyme from *Pseudomonas aeruginosa* (Master of Science), Fatih University, Genetic and Bioengineering, İstanbul.
- Kartal, N.B.** (2018). Poli - β - (3)hidroksibütirat (PHB) sentezleyen mikroorganizmaların izolasyonu, karakterizasyonu ve phb üretiminin optimizasyonu (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kaur B., Kaur R.** (2013). Application of response surface methodology for optimizing arginine deiminase production medium for *Enterococcus faecium* sp. GR7, *The Scientific World Journal*, 1-12.
- Kawatra, A., Dhankhar, R., Gulati, P.** (2022). Microbial arginine deiminase: A multifaceted green catalyst in biomedical sciences, *International Journal of Biological Macromolecules*, 196, 151-162.

- Khaleed Shaikh, A.N., Khobragade, R.M.** (2019). Production and partial purification of arginine deiminase isolated from bacteria, *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6(3), 241-248.
- Khanna, S., Srivastava, A.K.** (2005). Statistical media optimization studies for growth and PHB production by *Ralstonia eutropha*, *Process Biochemistry* 40, 2173–2182.
- Kılıç, E.** (2013). *Enterobacteriaceae* ailesinden gram negatif çomaklarda aminoglikozid direncinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kord, M., Youssef, E., Ahmed, H., Qaid, E.** (2013). Purification and characterization of trehalase from seeds of chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Turkish Journal of Biology*, 37, 661-669.
- Korndörfer, I.P., Fessner, W-D., Matthews, B.W.** (2000). The structure of rhamnose isomerase from *Escherichia coli* and its relation with xylose isomerase illustrates a change between inter and intra-subunit complementation during evolution, *Journal of Molecular Biology*, 300, 917-933.
- Kurt, A.** (2006). Üç farklı bölgeden toplanan yeşil ceviz kabuğunun dört bakteri ve bir maya türü üzerinde gösterdiği antimikrobiyal aktivitenin tayini (Yüksek Lisans Tezi), Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Kurt, A.** (2019). α -Glukozidaz ve elastaz enzim aktivitelerine ilk defa sentezlenen eperezolid benzeri bileşiklerin etkisinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Laliani G., Ghasemian Sorboni S., Lari, R., Yaghoubi, A., Soleimanpour, S., Khazaei, M., Hasanian, S.M., Avan, A.** (2020). Bacteria and cancer: different sides of the same coin, *Life Sciences*, 246, 1-9.
- Lee, H.J., Yoon, Y.S., Lee, S.J.** (2018). Mechanism of neuroprotection by trehalose: controversy surrounding autophagy induction, *Cell Death and Disease*, 9 (712), 1-12.
- Lee H.M., Jeon B.Y., Oh M.K.** (2016). Microbial production of ethanol from acetate by engineered *Ralstonia eutropha*, *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 21, 402-407.
- Li, M., Chen, X., Che, X., Zhang, H., Wu, L.P., Du, H., Chen, G.Q.** (2019). Engineering *Pseudomonas entomophila* for synthesis of copolymers with defined fractions of 3-hydroxybutyrate and medium-chain-length 3- hydroxyalkanoates, *Metabolic Engineering*, 52, 253–262.
- Lindgren, J.K., Thomas, V.C., Olson, M.E., Chaudhari, S.S., Nuxoll, A.S., Schaeffer, C.R., Lindgren, K.E., Jones, J., Zimmerman, M.C., Dunman, P.M., Bayles, K.W., Fey, P.D.** (2014). Arginine deiminase in *Staphylococcus epidermidis* functions to augment biofilm maturation through pH homeostasis, *Journal of Bacteriology*, 196(12), 2277–2289.

- MacIntyre, A.M., Barth, J.X., Pellitteri Hahn, M.C., Scarlett, C.O., Genin, S., Allen, C.** (2020). Trehalose synthesis contributes to osmotic stress tolerance and virulence of the bacterial wilt pathogen *Ralstonia solanacearum*, *Molecular Plant- Microbe Interactions*, 33 (3), 462-473.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M.** (2010). *Brock Mikroorganizmaların Biyolojisi*. Ankara.
- Mahdy N.Z., Al-Tahan S.S., Yaseen N.Y.** (2014). Optimization of arginine deiminase production from a local higher productive isolate *Enterococcus faecium* M1, *Iraqi Journal of Cancer and Medical Genetics*, 7(1), 36-43.
- Mahmood S., Iqbal M.W., Riaz T., Hassanin H.A.M., Zhu Y., Ni D., Mu W.** (2020). Characterization of a recombinant L-ribose isomerase from *Mycetocola miduiensis* and its application for the production of L-ribulose, *Enzyme and Microbial Technology*, 135, 1-9.
- Marangoz B., Kahraman S., Bostan K.** (2018). *Bacillus* spp. responsible for spoilage of dairy products, *International Journal of Food Engineering Research*, 4(1), 43-46.
- Mei Y.Z., Huang P.W., Liu Y., He W., Fang W.W.** (2016). Cold stress promoting a psychrotolerant bacterium *Pseudomonas fragi* P121 producing trehalase, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(134), 1-9.
- Mercan, N.** (2002). Production of Poly-b-Hydroxybutyrate (PHB) by some *Rhizobium* bacteria, *Turkish and Journal of Biology*, 26, 215-219.
- Mi, Lee, S., Lee, H.J., Hyun Kim, S., Suh, M.J., Yeon Cho, J., Ham, S., Jeon, J.M., Yoon, J.J., Kant Bhatia, S., Gurav, R., Yeol Lee, E., Yang, Y.H.** (2021). Screening of the strictly xylose-utilizing *Bacillus* sp. SM01 for polyhydroxybutyrate and its co-culture with *Cupriavidus necator* NCIMB 11599 for enhanced production of PHB, *International Journal of Biological Macromolecules*, 181, 410–417.
- Mise, Y., Tomimura E.** (1981). Method for the production of powdered dextrose, *United States Patent*, 297 (146), 1-5.
- Nelson, D. L., Cox, M.M.** (2016). *Lehninger Biyokimyanın İlkeleri*. Ankara.
- Özalp Erenler, Ş.** (2007). L-asparaginaz geninin (*ansB*) farklı gram-negatif bakterilere klonlanması, izolasyonu ve ekspresyonu (Doktora tezi). İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Özdemir Atay, İ.** (2007). Bazı pestisitlerin *Ralstonia eutropha* ile gideriminin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Özlük Çilak, G., Halkman, K.** (2018). Çeşitli besiyerlerinin *Bacillus cereus* sporlanmasındaki etkisi üzerine bir araştırma, *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 43 (2), 347-355.
- Park, Y.L., Kant, S.K., Gurav, R., Choi, T.R., Joong Kim, H., Song H.S., Park J.Y., Han, Y.H., Lee, S.M., Park, S.L., Lee, H.S., Kim, Y.G., Yang, Y.Y.** (2020). Fructose based hyper production of poly-3-hydroxybutyrate from *Halomonas* sp. YLGW01 and impact of carbon sources on bacteria morphologies, *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 929-936.

- Patil, M.D., Rathod, V.P., Bihade, U.R., Banerjee, U.C.** (2019). Purification and characterization of arginine deiminase from *Pseudomonas putida*: structural insights of the differential affinities of L-arginine analogues, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 127(2), 129-137.
- Patil, M.D., Shinde, A.S., Dev, M.J., Patel, G., Bhilare, K.D., Banerjee, U.T.** (2018). Combined effect of attrition and ultrasound on the disruption of *Pseudomonas putida* for the efficient release of arginine deiminase, *Biotechnology Progress*, 34(5), 1185-1194.
- Paul, M.J., Primavesi, L.F., Jhurreea, D., Zhang, Y.** (2008). Trehalose metabolism and signaling, *Annual Review of Plant Biology*, 59, 417-441.
- Prajapati, B., Supriya, N. R.** (2017). Review on anticancer enzymes and their targeted amino acids, *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6(12), 268-284.
- Priyadarshi, S., Shukla, A., Borse, B.B.** (2014). Polyhydroxyalkanoates: role of *Ralstonia eutropha*, *International Journal of Biomedical And Advance Research*, 5(2), 69-76.
- Reinhardt, A., Johnsen, U., Schönheit, P.** (2019). L-Rhamnose catabolism in archaea, *Molecular Microbiology*, 111(4), 1093-1108.
- Saleem, F., Aslam, R., Saleem, Y., Naz, S., Syed, Q., Munir, N., Khurshid, N., Shakoori, A.R.** (2014). Analysis and evaluation of growth parameters for optimum production of polyhydroxybutyrate (PHB) by *Bacillus thuringiensis* strain CMBL-BT-6, *Pakistan Journal of Zoology*, 46(5), 1337-1344.
- Saracaloğlu, G.** (2008). Aerobik oksalat bakterilerinin yaşamına stres faktörlerinin etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Sedighi, M., Bialvaei, A. Z., Hamblin, M.R., Ohadi, E., Asadi, A., Halajzadeh, M., Lohrasbi, V., Mohammadzadeh, N., Amiriani, T., Krutova, M., Amini, A., Kouhsari, E.** (2019). Therapeutic bacteria to combat cancer; current advances, challenges and opportunities, *Cancer Medicine*, 8, 3167-3181.
- Selçuk, T.** (2018). *Staphylococcus aureus* izolatlarında antibiyotik duyarlılığının belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- Sharma, A., Bala, K., Husain, I.** (2017). Optimization of arginine deiminase production from indigenous bacterium *Pseudomonas aeruginosa* PS2, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 3621-3632.
- Sode, K., Akaike, E., Sugiura, H., Tsugawa, W.** (2001). Enzymatic synthesis of a novel trehalose derivative, 3,3P-diketotrehalose and its potential application as the trehalase enzyme inhibitor, *FEBS Letters*, 489, 42-45.
- Song L., Yang S., Liu H., Wang T.** (2021). Progress in enzymatic production of trehalose, *Agricultural Biotechnology*, 10(1), 87-90.

- Stracke, C., Meyer, B.H., Hagemann, A., Jo, E., Lee, A., Albers, S.V., Cha, J., Bräsen, C., Siebers, B.** (2020). Salt stress response of *Sulfolobus acidocaldarius* involves complex trehalose metabolism utilizing a novel trehalose-6-phosphate synthase (TPS)/trehalose-6-phosphate phosphatase (TPP) pathway, *Applied and Environmental Microbiology*, 86(24), 1-14.
- Suthisawat, S., Gourlay, L.J., Bolognesi, M., Boonyuen, U., Vanaporn, M.** (2020). Functional and structural analysis of trehalose-6-phosphate phosphatase from *Burkholderia pseudomallei*: Insights into the catalytic mechanism, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 523, 979-984.
- Takahara, H., Okamoto, H., Sugawara, K.** (1986), Enzymatic assay of peptidyl arginine deiminase, *Journal of Biochemistry*, 99, 1417- 1424.
- Takaku, H., Matsumoto M., Misawa S., Miyazaki M.** (1995). Antitumor activity of arginine deiminase from *Mycoplasma arginini* and its growth-inhibitory mechanism, *Japanese Journal of Cancer Research*, 86, 840–846.
- Tamdoğan, N.** (2008) *Bacillus subtilis* kültürlerinde PHB (poli- β -hidroksibütirat) üretimi (Yüksek Lisans Tezi). Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Tarhan, K.** (2017). Kombucha çayı üretiminde farklı substrat kaynaklarının kullanımı (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Tellis M.B., Gujar N.N., Joshi R.S.** (2019). Evolutionary and structure-function analysis elucidates diversification of prokaryotic and eukaryotic trehalases, *Journal of Biomolecular structure and dynamics*, 37(11), 2926–2937.
- Thorbecke, R., Yamamoto, M., Miyahara, Y., Oota, M., Mizuno, S., Tsuge, T.** (2021). The gene dosage effect of carbonic anhydrase on the biosynthesis of poly(3-hydroxybutyrate) under autotrophic and mixotrophic culture conditions, *Polymer Journal*, 53:209–213.
- Trevisol, E.T.V., Panek, A.D., Mannarino, S.C., Eleutherio, E.C.A.** (2011). The effect of trehalose on the fermentation performance of aged cells of *Saccharomyces cerevisiae*, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 90, 697–704.
- Turan, D.** (2016). *Bacillus cereus*'un saflaştırılması, mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Türe, E.** (2019). Halofilik arkelerde polihidroksibütirat (PHB) üretiminin belirlenmesi ve optimizasyonu (Yüksek Lisans Tez). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Türksever Tetiker, A.** (2016). Farklı kaynaklardan izole edilen üreaz enziminin immobilizasyonu ve üre tayininde ve hidrolizinde uygulanabilirliğinin araştırılması (Doktora Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Uçan, U.** (2014). Fruktoz, trehaloz ve sükroz içeren tris bazlı sulandırıcıya kolesterol yüklü siklodekstrin (clc) ilavesinin koç spermasının dondurulabilirlik ve çözüm sonu spermatolojik parametreler üzerine etkilerinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi) Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

- Uğurcu, V.** (2013). Diyaliz hastalarında arjinin ve arjinin ürünlerinin düzeyleri (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Unissa, R., Sudhakar, M., Kumar Reddy, A.S.** (2015). Condition optimization and production of extracellular l-Arginine deiminase from *Vibrio alginolyticus* 1374, *Current Biotechnology*, 4, 254-260
- Uysal, N.** (2021). Denizel kökenli mikrobiyal suşlardan arginin deiminaz terapötik enziminin üretimi ve karakterizasyonu (Yüksek Lisans Tez). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Uzunbayır-Akel, N., Tekintaş, Y., Yılmaz, F.F., Öztürk, İ., Ökeer, M., Şöhret Aydemir, S., Çilli, F.F., Hoşgör-Limoncu, M.** (2019). Klinik *Pseudomonas aeruginosa* izolatlarının virülans özellikleri ve epidemiyolojik ilişkisi, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 76(4), 395 – 404.
- Ünal, A., Korcan, S.E., Ocak, İ., Malkoç, S.** (2019). Amilaz enziminin yerli üretim potansiyelinin artırılmasına yönelik bir araştırma, *Engineering and Natural Sciences*, 3(9), 58-65.
- Ün, A.** (2020). Pirinç unu ve pirinç unu bazlı gıda örneklerinden izole edilecek *Bacillus cereus*' un klasik ve moleküler yöntemlerle tanımlanması (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Varol, A.** (2021). Toprakta izole edilen bakteriler ile fibrinolitik enzim üretimi (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Wang, K., Chen, Q., Shao, Y., Yin, S., Liu, G., Liu, Y., Wang, R., Wang, T., Qiu, Y., Yu, H.** (2021). Anticancer activities of TCM and their active components against tumor metastasis, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 133, 1-17.
- Wulf, P.E., Vandamme, E.J.** (1997). Production of D-ribose by fermentation, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 48, 141-148.
- Qiao, Y., Wang, W., Lu, X.** (2020). Engineering cyanobacteria as cell factories for direct trehalose production from CO₂, *Metabolic Engineering*, 62, 161–171.
- Yan, Z.Y., Zhao, M.R. Huang, C.H., Zhang, L.J., Zhang, J.X.** (2021). Trehalose alleviates high-temperature stress in *Pleurotus ostreatus* by affecting central carbon metabolism, *Microbial Cell Factories*, 20(82), 1-12.
- Yasugi, T., Yamada, T., Nishimura, T.** (2017). Adaptation to dietary conditions by trehalose metabolism in *Drosophila*, *Scientific Reports*, 7 (1619), 1-9.
- Yenil, N., Kuzu, S., Ay, K., Ay, E.** (2009). Monosakkarit birimlerinin O-glikozidik bağlanması; O-Disakkarit oluşumları, *C.B.Ü. Fen Bilimleri dergisi*, 5(1), 59-74.
- Yıkılmazsoy, E.** (2019). İzmir ili ve çevresindeki gıda firmalarında çalışan gıda elleyicilerinde nazal *Staphylococcus aureus* taşıyıcılığı ve antibiyotik duyarlılıklarının araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Yılmaz, H.Ö., Yabancı, Ayhan, N.** (2019). Fruktozun sağlık üzerine etkileri, *Uluslararası Hakemli Beslenme Araştırmaları Dergisi*, 5, 69-80.

- Yılmaz, H.K., Yılmaz, H.Ö.** (2019). Fruktöz tüketimi ve sağlık üzerine etkileri, *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (4)2, 50-57.
- Yılmaz, M., Beyath, Y.** (2003). Biyoplastik: Poli- β -Hidroksibütirat (PHB), *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(9), 1-33.
- Yiğit, K.** (2015). Glukoz yüklenmesinin serum asimetrik dimetil arjinin (adma) ve arjinin düzeylerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yiqian, D., Yi-Ywan, M. C., Jennifer, A. S., and Burne, R. A.** (2002). Isolation and molecular analysis of the gene cluster for the Arginine deiminase system from *Streptococcus gordonii* DL1, *Applied and Environmental Microbiology*, 68(11), 5549–5553.
- Yousif, J.** (2018). Production, extraction, and characterization of green biodegradable bioplastics polyhydroxybutyrates (PHB) for biomedical applications (Master of Engineering). Ryerson University.
- Yusufu, G.** (2019). *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* ile inoküle edilen sığır etlerinde laktik asit ve sıcak buhar uygulamalarının mikroorganizma sayısı üzerine etkisinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yüce, Ç.** (2014). *Bacillus megaterium*'dan elde edilen PHB (Poli- β -hidroksi bütirat) ile sulu çözeltideki tekstil boyar madde ve Cr^{+6} iyonu gideriminin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş
- Yüksekdağ, Z.N., Beyath Y.** (2008). Production of Poly-beta-hydroxybutyrate (PHB) in Different Media by *Streptococcus thermophilus* Ba21S Strain, *Journal of Applied Biological Sciences*, 2 (2),07-10,
- Zarei, M., Rahbar, M.R., Morowvat, M.H., Nezafat, N., Negahdaripour, M., Berenjian, A., Ghasemi, Y.** (2019). Arginine Deiminase: current understanding and applications, *Recent Patents on Biotechnology*, 13, 124-136.
- Zolfaghar, M., Amoozegar, M. A., Khajeh, K., Babavalian, H., Tebyanian, H.** (2019). Isolation and screening of extracellular anticancer enzymes from halophilic and halotolerant bacteria from different saline environments in Iran, *Molecular Biology Reports*, 46, 3275–3286.
- Zhu, L.** (2010). Directed evolution of arginine deiminase (ADI) for anti-tumor application (Master of Biochemistry) Von der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der RWTH Aachen University, aus Weifang China.
- Zuniga, M., Perez, G., Gonzalez- Candelas, F.** (2002). Evolution of arginine deiminase (ADI) pathway genes, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 25, 429-444.

ÖZGEÇMİŞ

Ad - Soyad : Cennet Canan KARADERİ

ÖĞRENİM DURUMU

Lisans : Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü (2009-2014)

Yüksek Lisans: : Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı,
Moleküler Biyoloji (2014-2016)

Doktora : Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı,
Genel Biyoloji (2017-2022)

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN MAKALELER

Kahraman, H., Karaderi, C.C. (2019). The Importance of Arginine deiminase, *Archives of Chemistry and Chemical Engineering*, 1(1): 1-3.

Karaderi, C.C., Kahraman, H. (2021). The Importance of Polyhydroxybutyrate (PHB) to Eukaryote from Prokaryote, *Journal of Earth and Environmental Sciences Research*, 3(3): 1-2.

Karaderi, C.C., Kahraman, H. (2021). Trehalose production at different mediums in *Bacillus cereus* and *Ralstonia eutropha*, *Acta Scientific Agriculture*, 5(10): 2-4.

Karaderi, C.C., Kahraman, H. (2021). Stress metabolite production in microorganisms: A sample of Trehalose, *Journal of Soil Science and Plant Physiology*, 3(3): 1-3.

BİLİMSEL FAALİYETLER

1) Bakteriyel Polimerler (Yüksek Lisans Seminer-09.06.2015)

2) 1.Yaşam Bilimleri Sempozyumu, Abdullah Gül Üniversitesi, 23-24 Şubat 2016, KAYSERİ

3) **Cennet Canan KARADERİ***, Hüseyin KAHRAMAN, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *E. faecalis*' in hareketlerinin araştırılması, s: 355, 23. Ulusal Biyoloji Kongresi 05-09 Eylül 2016, GAZİANTEP

4) **Hüseyin KAHRAMAN***, Cennet Canan KARADERİ, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *E. faecalis*' in Tuz Stersi ve Farklı Havalandırma Koşullarında Biofilm Üretimi, s: 149, 23. Ulusal Biyoloji Kongresi, 05-09 Eylül 2016, GAZİANTEP

5) Organik Atıklar (Doktora seminer-24.12.2018)

6) **Cennet Canan KARADERİ**, Hüseyin KAHRAMAN. Evsel Atık Yağın *P. aeruginosa*' da Hücre Sayısı, Yoğunluğu ve Biofilm Formasyonuna Etkisi, S: 4, 24. Ulusal Biyoloji Kongresi 10-14 Eylül 2018, CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ, MANİSA

7) **Cennet Canan KARADERİ**, Hüseyin KAHRAMAN. *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* ve *Enterococcus faecalis*' de Farklı Ortam Koşullarında Prolin Aktivite, S: 32, 24. Ulusal Biyoloji Kongresi 10-14 Eylül 2018, CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ, MANİSA

8) **Cennet Canan KARADERİ**, Hüseyin KAHRAMAN, Melas atık suyu ile *P. aeruginosa* ' da Hücre Sayımı, Yoğunluğu ve Biofilm Formasyonu. Uluslararası Öğrenci Multidisipliner Akademik Çalışmaları Kongresi, 29-30 Kasım 2018, ANKARA.

9) **Cennet Canan KARADERİ**, Hüseyin KAHRAMAN, Proline Formation (produce) in the *P. aeruginosa*: under different wastes", "2. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi,23-25 Ağustos 2019, MARDİN

10) **Cennet Canan KARADERİ**, Hüseyin KAHRAMAN, Biofilm Effect and Growth of Waste Cheese Whey (WCW) on Bacteria. 2. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi,23-25 Ağustos 2019, MARDİN.

11) **Cennet Canan KARADERİ**, Hüseyin KAHRAMAN, Melas atık suyu ile *P. aeruginosa* ' da Hücre Sayımı, Yoğunluğu ve Biofilm Formasyonu. Uluslararası Öğrenci Multidisipliner Akademik Çalışmaları Kongresi, 29-30 Kasım, ANKARA.

,