T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

MAĞARA EKOSİSTEMİNDE KÜLTÜRE EDİLEBİLİR BAKTERİ ÇEŞİTLİLİĞİNİN VE MAĞARA YÜZEY OLUŞUMLARINDAKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Merve Dilek GÜLCÜ

Biyoloji Anabilim Dalı

Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Programı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Nihal DOĞRUÖZ GÜNGÖR

Ocak, 2020

İSTANBUL

Bu çalışma, 20.01.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Nihal DOĞRUÖZ GÜNGÖR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Ayten KİMİRAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. Tülin ARASOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği'nin FYL-2018-30544 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmamda, çalışmanın planlanması ve organizasyonundan başlayarak, bu alandaki tecrübelerini benden esirgemeyen, desteğini gece gündüz sürdüren, her zaman pratik çözümler üreten ve beni motive eden danışmanım Sn. Doç. Dr. Nihal DOĞRUÖZ GÜNGÖR'e teşekkürlerimi borç bilirim. Varlığınız, yakınlığınız ve desteğinizi her zaman hissettim.

Çalışmanın başlangıç ve en önemli noktası olan mağaradan örnek toplama aşamasında, tezim için bana vakit ayırdığı, mağara içerisinde önderlik ettiği, kıymetli bilgilerini ve mağaracılık ekipmanlarını benimle paylaştığı için Sn. Eray GÜNGÖR'e, yine mağara içinde bana eşlik eden Batu ÇOLAK'a teşekkür ederim.

Hem lisans hem yüksek lisans dönemimde endüstriyel mikrobiyolojiye ayrıca ilgi duymamı sağlayan başta anabilim dalı başkanımız Sn. Prof. Dr. Ayten KİMİRAN olmak üzere bölümümdeki tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarım boyunca ihtiyacım olduğu anlarda bilgisi ve etkili fikirleriyle bana yol gösteren Sn. Dr. Öğr. Üyesi Elif Özlem ARSLAN AYDOĞDU'ya, laboratuvar ekipmanları konusunda bana ihtiyacım olduğunda yardımcı olan Yağmur AVCI ve Nahdhoit Ahamada RACHID'e çok teşekkür ederim.

Bu güne kadar beni maddi manevi her koşulda destekleyip her konuda yetiştiren, farklı bakış açıları kazandıran ve bu satırları yazmamı sağlayan babam Ahmet GÜLCÜ ve annem Meliha GÜLCÜ'ye teşekkür ederim. Hakkınızı asla ödeyemem.

Son olarak pratik çözümleri ve deneyimleri ile bu tezi yazma aşamasında bana destek veren, laboratuvar çalışmalarım boyunca zaman zaman kendisine vakit ayıramadığım ancak beni her zaman destekleyen, motive eden ve iş birliğini esirgemeyip yanımda olan yol arkadaşım, sevgili eşim Arda TÜRKGENCİ'ne de teşekkürü borç bilirim.

Ocak 2020 Merve Dilek GÜLCÜ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xii**
SUMMARY ..... **xiv**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. OLUŞUM ŞEKİLLERİNE GÖRE MAĞARALAR 4
2.1.1. Yapay Mağaralar 4
2.1.2. Doğal Mağaralar 4
2.2. MAĞARA YAPILARI 6
2.3. MAĞARA ORTAMLARI VE MİKROBİYOLOJİK ÇALIŞMALARIN BAŞLANGICI 7
2.3.1. Biyomineralizasyon ve Bakteriyel Kaynaklı $CaCO_3$ Oluşumu 9
3. MALZEME VE YÖNTEM **13**
3.1. DUPNİSA MAĞARASI KONUM VE ÖZELLİKLERİ 13
3.2. SU, TOPRAK VE YÜZEY ÖRNEKLERİNİN ALINMASI 15
3.3. ÖRNEKLEME ALANLARININ VE ALINAN SU ÖRNEĞİNİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ 16
3.4. BAKTERİYOLOJİK ANALİZLER 16
3.4.1. Su Örneğinin Bakteriyolojik Analizi 16
3.4.2. Toprak Örneğinin Bakteriyolojik Analizi 17
3.4.3. Kültüre Edilebilir Heterotrofik Aerobik Bakterilerin Sayımı 18
3.4.4. Mağara Yüzey Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizleri 19
3.5. BAKTERİ İZOLATLARININ SAKLANMASI 19
3.6. BAKTERİLERİN KRİSTAL OLUŞTURMA YETENEKLERİNİN İNCELENMESİ 19
3.7. BAKTERİLERİN ÜREAZ ENZİMİ YETENEKLERİNİN İNCELENMESİ 20

3.8. DNA İZOLASYONU VE DİZİ ANALİZİ 20
3.7.1. Genomik DNA İzolasyonu 20
3.7.2. 16S rDNA Gen Bölgelerinin Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) İle Çoğaltılması 21
3.7.3. 16S rDNA PZR Ürünlerinin Elektroforezi 22
3.7.4. DNA Dizi Analizi 22
3.9. KULLANILAN BESİYERLERİ VE REAKTİFLERİN HAZIRLANMASI 22
3.8.1. Starch Casein Agar (SCA) (Himedia, Hindistan) 22
3.8.2. Actinomycet İzolasyon Agar (AIA-G) (Condalab, İspanya) 23
3.8.3. Reasoner's 2 Agar (R2A) (Oxoid, İngiltere) 24
3.8.4. ½ Tryptic Soy Agar (½ TSA) (Oxoid, İngiltere) 24
3.8.5. B4 Agar 25
3.8.6. Üre Broth (Oxoid, İngiltere) 25
3.8.7. %40'lık Üre Solüsyonu (Merck) 26
3.8.8. Sikloheksimid 26
3.8.9. Lizozim Sindirim Tamponu Hazırlanması (25mM Tris-HCl, pH 8.0, 2.5mM EDTA, %1 Triton X) 26
3.8.10. 10X TBE Hazırlanması (Stok Solüsyon) 26
3.8.11. 1X TBE Hazırlanması 26
3.8.12. %1'lik Agaroz Jel Hazırlanması 26
4. BULGULAR 27
4.1. ÖRNEKLEME ALANLARINA AİT FİZİKOKİMYASAL ÖLÇÜM SONUÇLARI 27
4.2. BAKTERİYOLOJİK ANALİZ SONUÇLARI 27
4.2.1. Toprak ve Su Örneğindeki Kültüre Edilebilen Heterotrofik Aerobik Bakteri Sayıları 27
4.2.2. Toprak ve Su Örneğinden İzole Edilen Bakterilere Ait Koloni ve Hücre Morfolojileri 27
4.2.3. Mağara Yüzey Örneklerinden İzole Edilen Bakterilerin Koloni ve Hücre Morfolojileri 48
4.3. MAĞARA YÜZEY ÖRNEKLERİNE AİT BAKTERİLERİN $CACO_3$ ÜRETME YETENEKLERİNİN BELİRLENMESİ, ÜREAZ AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİLOGENETİK SINIFLANDIRMA 93
4.3.1. Yüzey Örneklerinden Elde Edilen Bakterilerin Kristal Özellikleri ve Filogenetik Yakınlıkları 93
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 122
KAYNAKLAR 132

EKLER **142**
ÖZGEÇMİŞ **143**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Mağara yapılarına örnekler A: Sarkıt B: Akmataşı (Flowstone) C: Dikit (www.magaralar.gov.tr) 7

Şekil 2.2: a) Bakteri anatomisi b) Negatif yüklü bakteri hücre duvarı ve pozitif yüklü $CaCO_3$ iyonları c) Bakteri hücre yüzeyinde $CaCO_3$ oluşumu (Castanier ve diğ., 2000).....10

Şekil 2.3: CaCO3 presipitasyonunda bakterinin biyomineralleşme merkezi olarak davranışı (DeJong ve diğ., 2010).....11

Şekil 3.1: Dupnisa Mağarası Yer Haritası (Nazik ve diğ., 1998). 13

Şekil 3.2: Dupnisa Mağara Sistemi (Nazik ve diğ., 1998).....14

Şekil 3.3: Dupnisa Mağarası'nda belirlenen noktalardan su (A) ve toprak (B) örneğinin alınması. 15

Şekil 3.4: Dupnisa Mağarası'nda belirlenen noktalardan yüzey örneklerinin alınması A ve B.....16

Şekil 3.5: Su örneğinin alındığı noktadan fizikokimyasal değerlerin ölçümü. 16

Şekil 3.6: Su örneğinin bakteriyolojik analizi.....17

Şekil 3.7: Toprak örneğinin bakteriyolojik analizi. 18

Şekil 4.1: Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin besiyerlerine göre izolasyon oranları.....92

Şekil 4.2: Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin oluşturdukları kristal yapıların ışık mikroskobu altındaki görüntüleri (4x büyütme).....93

Şekil 4.3: Farklı özellikteki yüzeylere ait kristal oluşturan bakterilerin dahil olduğu filum yüzdeleri.....117

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Örnek alınan her bir yüzeye ait özellikler. 19

Tablo 3.2: PZR reaksiyonunda kullanılan primer dizileri. 21

Tablo 3.3: PZR reaksiyonu için izlenen protokol. 21

Tablo 4.1: Yüzey örneklerine ait sıcaklık (^{o}C) ve nem (%) değerleri. 27

Tablo 4.2: Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri. 28

Tablo 4.3: Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri. 37

Tablo 4.4: Toprak ve su örneklerine ait Gram özellikleri (%). 48

Tablo 4.5: Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri. 49

Tablo 4.6: Mağara yüzey örneklerine ait Gram ve üreaz özellikleri. 92

Tablo 4.7: Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri. 94

Tablo 4.8: Yüzeyden izole edilen kristal oluşturan bakterilerin dahil olduğu filum ve sınıf yüzdeleri. 116

Tablo 4.9: Dupnisa Mağarası yüzey örneklerinden izole edilen bakteri türleri ve sayıları. 118

Tablo 4.10: Yüzeye ait dizi analizi sonuçlarına göre kristalin ilk görüldüğü günlerin türlere göre karşılaştırılması. 121

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
g	: Bağıl Merkezkaç Kuvveti
^{o}C	: Santigrat
α-	: Alfa
β-	: Beta
γ	: Gama

Kısaltmalar	Açıklama
µg	: Mikrogram
µm	: Mikrometre
AIA	: Aktinomiset İzolasyon Agar
bp	: Baz Çifti
dk	: Dakika
DNA	: Deoksiribonükleik asit
DNase	: Alfanükleaz
EPS	: Ekzopolisakkarit
g	: Gram
Gr (-)	: Gram Negatif
Gr (+)	: Gram Pozitif
HCl	: Hidroklorik Asit
km	: Kilometre
L	: Litre
m	: Metre
M	: Molar
mg	: Miligram
MICP	: Mikrobiyal Kaynaklı Kalsiyum Karbonat
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
mS	: Mili Siemens
N	: Normal

ng : Nanogram
pH : Hidrojen Gücü
ppm : Parts Per Million (mg çözünen / kg veya litre çözelti)
ppt : Part Per Thousand (g çözünen / kg veya litre çözelti)
PZR : Polimeraz Zincir Reaksiyonu
R2A : Reasoner's 2 Agar
rDNA : Ribozomal Deoksiribonükleik Asit
RNase : Ribonükleaz
rpm : Revolutions Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)
SCA : Starch Casein Agar
sn : Saniye
TBE : Tris-Borate-EDTA
TSA : Triptik Soy Agar
UV : Ultraviyole

ÖZET

MAĞARA EKOSİSTEMİNDE KÜLTÜRE EDİLEBİLİR BAKTERİ ÇEŞİTLİLİĞİNİN VE MAĞARA YÜZEY OLUŞUMLARINDAKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve Dilek GÜLCÜ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Nihal DOĞRUÖZ GÜNGÖR

Mağaralar besin bakımından fakirdir ve canlıların yaşamı için zorlu koşullara sahiptir. Bu koşullar altında yaşayan mikroorganizmaların hayatta nasıl kaldıkları merak uyandırmakta ve araştırmaya değer görülmektedir.

Mağaraların canlı çeşitliliği ile ilgili çalışmalar uzun yıllardır sürdürülmektedir. Son yıllarda bakterilerin mağara oluşumlarına katkı sağladığı yönünde çalışmalar ilgi çekici hale gelmiştir.

Bu çalışmada Dupnisa Mağarası yüzey örneklerinden izole edilecek kültüre edilebilir bakterilerin kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) üretme yeteneklerinin araştırılması ve bu bakterilerin moleküler yöntemler ile tanımlanması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında su, toprak ve yüzey örneklerinden elde edilen bakterilerin morfolojileri ve Gram özellikleri kaydedilmiştir. Mağara yüzey oluşumlarından elde edilen tüm bakterilerin $CaCO_3$ kristali üretme yetenekleri B4 besiyerine ekim yapılarak ışık mikroskobu altında incelenmiş ve ilk kristal oluşumunun görüldüğü günler ve kristal şekilleri kaydedilmiştir. Ayrıca yüzeyden elde edilen bakterilerin üreaz enzimi yetenekleri araştırılmış ve bu yeteneklerin mağara yüzeyleri oluşumuna katkısı konusunda yorum yapılmıştır.

Yüzeyden izole edilen bakterilerin %68.2'sinin Gram (+) olduğu, %52.4'ünün B4 besiyeri üzerinde kristal üretebildiği ve kristal oluşturabilen bakterilerin %59.6'sının üreaz negatif olduğu belirlenmiştir.

Dupnisa Mağarası yüzey örneklerinden izole edilen ve besiyerinde kristal oluşturduğu görülen 149 farklı izolatın *Proteobacteria* (%53.3), *Firmicutes* (%32.7) ve *Actinobacteria* (%4.7) filumlarına ait olduğu belirlenmiştir.

Bacillus mycoides, *Bacillus zhangzhouensis* ve *Bacillus cereus* türlerinin bulundukları her bir yüzeyde farklı günlerde kristal yapıları oluşturmaya başladıkları belirlenmiştir. Ayrıca *Stenotrophomonas rhizophila*'nın aynı yüzeyde birbirinden farklı günlerde farklı şekillerde kristal ürettiği görülmüştür.

Elde edilen verilere göre, besiyerinde ilk günlerde kristal üreten bakterilerin çoğunluğunun üreaz negatif özellik gösterdiği görülmüş, üreaz mekanizması haricinde $CaCO_3$ oluşumunu sağlayan diğer mekanizmaların da araştırılması gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmamız kapsamında tanımlaması yapılan bakterilerin dünya literatüründe gerek mağara duvarlarını aşındırarak gerekse kristal oluşturarark mağara yüzey oluşumlarına katkılarının olduğu görülmüştür.

Ocak 2020, 158 sayfa.

Anahtar kelimeler: Mağara mikrobiyolojisi, kristal üretimi, üreaz aktivitesi, 16S rDNA

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE DIVERSITY OF CULTIVABLE BACTERIA IN CAVE ECOSYSTEM AND THE EFFECT OF IT'S IN CAVE SURFACE FORMATION

M.Sc. THESIS

Merve Dilek GÜLCÜ

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Biology

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nihal DOĞRUÖZ GÜNGÖR

Caves are poor in nutrients and have difficult conditions for the life of living things. The survival of microorganisms living under these conditions arouses curiosity and is considered worth researching.

Studies on the diversity of the caves have been going on for many years. In recent years, studies have become interesting that bacteria contribute to cave formation.

In this study, it was aimed to investigate the ability of cultured bacteria to be isolated from Dupnisa Cave surface samples to produce calcium carbonate ($CaCO_3$) and to identify these bacteria by molecular methods. Morphology and Gram characteristics of bacteria obtained from water, soil and surface samples were recorded in the study. The ability of all bacteria obtained from the cave surface formations to produce $CaCO_3$ crystals was cultivated on the B4 medium and examined under light microscope and the days and crystal shapes of the first crystal formation were recorded. In addition, the urease enzyme capabilities of the bacteria obtained from the surface were investigated and comments were made on the contribution of these capabilities to the formation of cave surfaces.

It has been determined that 68.2% of the bacteria isolated from the surface are Gram (+), 52.4% of them can produce crystals on the B4 medium and 59.6% of the bacteria that can form crystals are urease negative.

It was determined that 149 different isolates isolated from Dupnisa Cave surface samples and seen to form crystals on the medium belong to *Proteobacteria* (53.3%), *Firmicutes* (32.7%) and *Actinobacteria* (4.7%) phyla.

It was determined that *Bacillus mycoides*, *Bacillus zhangzhouensis* and *Bacillus cereus* species started to form crystal structures on different days on each surface. In addition, *Stenotrophomonas rhizophila* has been found to produce crystals of different shapes on different days on the same surface.

According to the data obtained, the majority of crystal-producing bacteria in the media in the first days show urease negative characteristics. It has been emphasized that other mechanisms enabling the formation of $CaCO_3$ besides the urease mechanism should also be investigated. In the context of our study, it has been observed that the bacteria identified in the world literature both by eroding the cave walls and by forming crystals have contributed to cave surface formations.

January 2020, 158 pages.

Keywords: Cave microbiology, production of crystal, activity of urease, 16S rDNA

1. GİRİŞ

Yeryüzünde var olan her canlı, yaşamını sürdürebilmek ve devamlılığını sağlayabilmek için beslenme ve barınma gibi ihtiyaçlarını karşılamak adına uygun yaşam ortamı seçer. "Habitat" olarak tanımlanan bu yaşam alanları, en gelişmiş canlı olarak kabul edilen insanoğlundan en küçük canlılar olan mikroorganizmalara kadar ev sahipliği yapmaktadır.

Mikroorganizmalar, doğada birbirinden çok farklı habitatlarda yaşamaya adapte olmuş canlılardır. Örneğin, bir böceğin bağırsaklarını habitat olarak seçebildiği gibi (Lanan ve diğ., 2016) okyanusun en derinlerinde yüksek basınç altında, çok sıcak çöl ya da soğuk kutup ortamlarında da yaşayabilmektedirler (Chanal ve diğ., 2006; Grossart ve Gust, 2009; Hauptmann ve diğ., 2014). Özellikle ekstrem koşullara sahip habitatlarda yaşayan canlıların yaşam koşulları ve davranış mekanizmaları araştırılmaya değer görülmüş ve birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Nealson ve diğ., 2005; Gupta ve diğ., 2014). Ekstrem koşullara adapte olmuş mikroorganizmalar, ilkel Dünya'nın oluşmaya başladığı ilk sıcak dönemde, yaşamın nasıl ortaya çıktığı ile ilgili fikir verebilmektedir. Ekstrem mikroorganizmaların incelenmesiyle Dünya'nın fizikokimyasal parametrelerinin anlaşılması hedeflendiği gibi (Gupta ve diğ., 2014), enzimlerinin dayanıklılığı ile kimya, betonların kendi kendini iyileştirmesi ve su arıtımı gibi çok yönlü endüstrilerde kullanımı fikri de bu mikroorganizmaları alternatif kaynak olarak görmemizi sağlamıştır. Organik madde miktarının az, nemliliğin yüksek, hava sıcaklıklarının yaşam için elverişsiz olduğu mağaralar da ekstrem ortamlar olarak kabul edilir. Dünyadaki çalışmalara bakıldığında ekstrem mikroorganizmalar olarak tanımlanan mağara mikroorganizmalarının kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) üretme yetenekleri, $CaCO_3$'ün mağara yapılarının oluşumundaki rolü nedeniyle yakından incelenmektedir (Ríos ve diğ., 2011; Tomova ve diğ., 2013).

Mağaralar son yıllarda Türkiye'de de zoolojik ve mikrobiyolojik çalışmalar için ilgi çekici hale gelmiştir. Coğrafi olarak mağaralar bakımından zengin olan ülkemizde yaklaşık 40.000 mağara olduğu tahmin edilmektedir ancak bunlardan yaklaşık 3900'ü kayıt altına alınmıştır (Nazik ve Bayarı, 2018).

Bu tez kapsamında Dupnisa Mağarası'ndan alınan toprak, su ve yüzey örneklerinden farklı besiyerleri kullanılarak kültüre edilebilir aerobik heterotrofik bakteriler izole edilmiştir. İzole

edilen bu bakterilerin üreaz enzim varlığı ve kalsit oluşturma yetenekleri araştırılarak mağara yüzey oluşumlarına katkıları incelenmiştir. Yüzeyden izole edilen kalsit oluşturma potansiyeline sahip olan 150 izolatın genomik DNA'sı izole edilerek Sanger dizi analiz yöntemi ile tanımlanmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

İnsanlık tarihine bakılırsa, ilk insanların barınma ve korunma amaçlı kullandıkları yapılar doğal mağaralar olmuştur. Bilim dünyası için ilgi çekici hale gelen mağaralar, içinde çok farklı ekosistemler barındırır. Mağara ekosisteminin nemli, karanlık ve besin açısından sınırlı olması, bu ortamı mikroorganizmalar için "ekstrem" olarak tanımlamaktadır ve dünya üzerinde çok sayıda araştırmacı mağaralar üzerinde çalışma yapmaya odaklanmıştır (Wiseschart ve diğ., 2018). Önceleri besin varlığının, yalnızca mağaraların ışık gören kısımlarında fotosentez ile ortaya çıktığı fikri kabul görmüştür. Daha sonra yapılan araştırmalar amonyum, nitrit, kükürt, manganez veya demir oksitleyici kemolitotrof bakterilerin de varlığını desteklemiştir (Northup ve Lavoie, 2001).

Mağaralar, genel olarak organik madde bakımından sınırlı alanlardır. Mağaraların ışık alan zonları çeşitli fotosentetik canlıların yaşamasına elverişli olduğu halde ışık almayan zonları organik madde bakımından fakirdir (Palmer, 1991; Tomczyk-Żak ve Zielenkiewicz, 2016).

Ancak mağarada yaşayan yarasaların dışkıları, mağaraya akan suların beraberinde taşıdığı maddeler, yer altı nehirlerinden gelen kil veya hava akımları ile taşınan parçacıklar mağaraya organik madde girişini sağlamaktadır. Böylece tek hücreli canlıların besin olarak kullanabilecekleri ortam oluşmaktadır. Bunlar haricinde pH, sıcaklık, nemlilik gibi etkenler de canlılığın var olmasında önemli rol oynamaktadır (Cunningham ve diğ., 1995).

Türkiye'de de mağara çalışmaları son yıllarda ilgi görmüştür. Yapılan çalışmaların büyük bölümü mağaralarda yaşayan eklembacaklılar, yarasalar ve flora üzerinedir (Selvi, 1999; Güher, 2000; Paksuz ve diğ., 2007; Yavuzatmaca, 2012). Bununla birlikte mağara mikrobiyolojisi çalışmaları da artış göstermektedir. Yücel ve Yamaç (2010), 19 farklı mağaradan izole ettikleri *Streptomyces spp*. izolatlarının antimikrobiyal aktivitelerini araştırmıştır. Barış (2009), Erzurum ilindeki Elmalı, Yıldızkaya mağara sistemlerinde damlataşı oluşumuna katkıda bulunan bakterilerin karakterizasyonlarını moleküler teknikler kullanarak ortaya koymuştur. Bunun yanında Bursa'daki Oylat Mağarası'nın bakteriyel çeşitliliği ve taksonomik kompozisyonu (Pektaş, 2016) ile fakir oksijen, yüksek sıcaklık ve sülfür koşullarına sahip Denizli'deki Kaklık Mağarası'nda mikrobiyolojik çalışmalar yapılmıştır (Pektaş ve Temel, 2017). Tok (2016), Burdur'daki İnsuyu Mağarası'ndan elde

ettiği mikroorganizmaları moleküler yöntemler kullanarak sınıf ve cins düzeyinde tanımlamıştır.

2.1. OLUŞUM ŞEKİLLERİNE GÖRE MAĞARALAR

Mağaralar yüzeye açılımları olan ve en az bir insanın sürünerek girebildiği farklı yüksekliklere sahip yer altı boşluklarıdır (Palmer, 1991). Mağaralar, oluşum şekillerine göre 2 farklı gruba ayrılmaktadır (Nazik, 2018).

2.1.1. Yapay Mağaralar

Yapay mağaralar, insan eliyle oluşturulan kaya mezarlar, depo, su tünelleri, sığınak veya yer altı şehirleri gibi yapılardır. Bu yapılar özellikle ilk insan yerleşim ve yaşamlarına ilişkin çeşitli ipuçları veren kemik, iskelet, atık, arkeolojik şekil ve yazıları bulundurmaktadır ve ülkemizde oldukça fazladır. Kapadokya bölgesi ve çevre illerde erken Hristiyanlık dönemine ait birçok yapay mağara bulunmaktadır (Nazik, 2018).

2.1.2. Doğal Mağaralar

Doğal mağaralar, karbonat, sülfat ve klorür yapıdaki ana kayaçların oluşurken ya da oluştuktan sonra yaşanan fizikokimyasal olaylarla yer altı sularının da etkisiyle aşınarak oluşan mağaralardır.

Doğal Mağaralar da kendi içinde birincil mağaralar ve ikincil mağaralar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birincil mağaralar; içinde bulunduğu kaya ile birlikte oluşan boşluklardır. Lav tünelleri, buz altı erime boşlukları, alüvyon boşlukları ve traverten arası boşluklar olmak üzere 4 başlıkta toplanır. Volkanik mağaralar birincil mağaralara örnek olarak verilebilir. Volkanik mağaralar da içsel ve dışsal olmak üzere 2 çeşittir. İçsel mağaralar daha çok pasaj ve yer altı salonlarını içeren yapılara sahipken, dışsal mağaralar kaya altı sığlıklarından fazla derinliğe sahip olmayan yer altı boşlukları olarak tanımlanır. İkincil mağaralar; çözünebilir kayaların oluşumlarından sonra, yer altı suları tarafından fizikokimyasal süreçlerle aşındırılması sonucu meydana gelen derinlik ve uzunlukları olan yapılara verilen addır. İkincil mağaralar; deniz mağaraları, buzul mağaraları, yer köprü mağaraları, kum taşı mağaraları, tektonik mağaralar, talus mağaraları ve karstik mağaralar olarak çeşitlendirilmektedir (Nazik, 2018).

Tatlı su – deniz suyu temas yüzeyinin karanın iç kısımlarına doğru deniz düzeyinin altına inmesi sonucu deniz mağaraları oluşmaktadır. Buzulların erimesi sonucu oluşan mağaralara buzul, deprem hareketleri sonrası oluşanlar ise tektonik mağaralar adını almaktadır. Özellikle kuru iklime sahip ve kumtaşı oluşumunun yoğun olduğu yerlerde kum taşının içinde taşıdığı suyun zamanla buharlaşması sonucu kumtaşı mağaraları oluşurken, çökmeler ve kaya düşmeleri ile bir kırığın üzerinin zamanla kapanmasıyla talus, travertenlerin altlarının nehirler tarafından oyulması sonrası ise yer köprü mağaraları oluşur (Nazik, 2018).

Karstik mağaralar; karbonat kayaçların üzerine düşen karbondioksitli (CO_2) atmosfer suları, toprak ve kayalardan geçerken karbonik asit (H_2CO_3) oluşturmaktadır.

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$$

Su, her zaman mağara gelişimi için önemli bir faktördür. Kireçtaşı içindeki kalsit, suyun zayıf bir asit olması durumunda suda çözünebilmektedir. CO_2'nin varlığı, havadan veya biyolojik aktiviteler ya da topraktaki organik materyallerin (kök, toprak, yaprak vb.) çürümesinden kaynaklanabilmektedir. CO_2 olmadan kalsit, çözeltide kalamamakta ve kimyasal reaksiyon tersine dönmektedir.

$$Ca^{+2} + 2(HCO_3) \rightarrow CO_2(Gaz) + H_2O + CaCO_3$$

Su (H_2O) ve karbonik asit çözeltisi (H_2CO_3), daha sonra kireç taşlarına sızar. Asit, sıvı içinde çözünmesi için kalsit ile reaksiyona girer:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca^{+2} + 2(HCO_3)^-$$

Birçok faktör, bir su kütlesinin çözünebileceği kireçtaşı miktarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle sıcaklık ve karbondioksitin bu faktörlerden sadece ikisi olduğu belirlenmiştir. (https://www.nps.gov/grba/learn/nature/cave-geology-in-depth.htm).

Son derece aşındırıcı olan bu suyun geçtiği yerlerdeki yapıları eritmesi sonucu karstik mağaralar oluşmaktadır ve canlı çeşitliliği yönünden zengin olması sebebiyle en çok araştırılan mağaralardır.

Karstik mağaralar da hidrolojik özelliklerine, gelişim süreçlerine, gelişim dönemlerine, topoğrafik özelliklerine ve klimatik özelliklerine göre çeşitli tiplere ayrılmaktadır (Nazik, 2018).

2.2. MAĞARA YAPILARI

Sphelothem: Genellikle mağaralardaki dikit, sarkıt vb. gibi kalsiyum karbonat yapılara verilen genel bir addır. Mağaralardaki kalsiyum, karbonat iyonları, karbondioksit gibi birinci derecedeki minerallerin reaksiyona girerek oluşturdukları ikinci derecedeki mineral depolarıdır (Moore, 1952).

Akmataşı (Flowstone): Sphelothem tiplerinden biridir. Kalsiyum karbonat veya diğer minerallerin basamak veya duvar gibi yapıların üzerinden akarak, su akıntısı şeklinde görünen yapılarıdır (Pedley ve Rogerson, 2010).

Sarkıt: Bu terim "damlayan" anlamındaki Yunanca "stalaktos" kelimesinden türemektedir. Mağaraya ulaşan suların oluşturduğu ilk yapılar sarkıtlardır. Tavan çatlaklarındaki ara kısımlardan damla halinde sızan sulardaki CO_2 serbest hale geçer ve damlanın çevresinde ince bir halka şeklinde karbon trioksit (CO_3) çökelir. Zamanla oluşan çökelek sertleşir ve yapı silindirik olarak büyür. Yeni su damlacıkları bu silindirik yapının ortasından geçer. Böylelikle ince ve uzun yapıda gördüğümüz sarkıtlar meydana gelmektedir. Bu kanalda bir tıkanma olması durumunda su, iç kısımdan akmak yerine dış kısma yönelir. Böylece aşağı yönde uzama ve yan kısımlarda kalınlaşma meydana gelmektedir. Bu tip sarkıtlar görsel olarak havuca benzetilmektedir (https://www.nps.gov; Pedley ve Rogerson, 2010).

Dikit: Mağara tabanlarında sarkıt yapılara karşılık gelen formudur. İngilizce ismi "Stalagmite" Yunanca "düşme" anlamına gelen "stalagma" kelimesinden türemiştir. Dikitler, mağaranın tavanından akan ya da damlayan suyun kalsiyum karbonat biçiminde mağara zemininden yükselmesidir (https://www.nps.gov; Pedley ve Rogerson, 2010).

Dikitler, sarkıtlara oranla daha büyüktür fakat sarkıtlardaki gibi ortasından suyun geçtiği bir kanal sistemine sahip değildir. Sarkıtlar ve dikitler gelişimlerine devam ettiklerinde birleşerek "sütun" ve "kolon" gibi yapıları oluştururlar (https://www.nps.gov).

Sütun: Sarkıt ve dikitlerin birleşmesi sonucu oluşan sert kalsiyum karbonat yapıya verilen isimdir (https://www.nps.gov).

Düzensiz Sarkıtlar (Heliktit): Bükülmüş, kıvrılmış ya da helezon şeklinde hal almış, yerçekiminin tersine gelişim gösteren kalsiyum karbonat yapılara verilen isimdir. Mağaraların rüzgardan etkilenen alçak tavanlı kısımlarında ve dar girintilerinde görülebilir

(https://www.nps.gov/grba/learn/nature/cave-geology-in-depth.htm). Mağaralardaki bu oluşumlara bazı örnekler Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

Şekil 2.1: Mağara yapılarına örnekler A: Sarkıt B: Akmataşı (Flowstone) C: Dikit (www.magaralar.gov.tr)

2.3. MAĞARA ORTAMLARI VE MİKROBİYOLOJİK ÇALIŞMALARIN BAŞLANGICI

Bir bölgenin coğrafik özellikleri ve kayaların birbirlerine olan uzaklıkları ile nehir, göl veya deniz seviyeleri mağaraların şekillerinde etkili olabilmektedir. Mağaraların şekilleri itibarı ile suyun girişinin olup olmadığı, hava akımlarının azlık veya çokluğu, mağaranın sıcaklığı ve mağara içinde yaşayan canlıların varlığı gibi sebepler, mağara ekosistemlerini anlamak için başlıca göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdir (Nazik, 2018).

Gün ışığından yoksun mağaraların besince fakir ve iklim koşullarının durağan olduğu mutlak karanlık bölgelerinde besin akışı biyotik ya da abiyotik yollardan olabilmektedir. Özellikle mağara içine dışarıdan gelen sular, heterotrofik bakterilerin yaşamasına ortam sağladığı gibi, suyun taşıdığı bitki, bitki tohumları, yarasa gübreleri, ölü hayvanlar vb. heterotrofik bakteriler için mağara içindeki besinler olarak sayılabilmektedir. Bunun yanı sıra kemolitotrofik bakterilerin de ortamdaki aktivitelerinin besin üretimi açısından önemi vurgulanmaktadır. Bu da mağaralarda canlılığın var olabileceğiyle ilgili tahminleri arttırmıştır (Northup ve diğ., 2000).

Ayrıca mağaralar düşük sıcaklığa sahip ortamlardır. Bu nedenle psikrofil mikroorganizmalara da ev sahipliği yapmaktadır.

Mağaralarda yaşayan mikroorganizmaların tanımlanması ekoloji bilimine katkı sağladığı gibi bu mikroorganizmaların potansiyellerinin araştırılması dünya literatürüne de katkı sağlaması açısından önemlidir. Mağaradan örnek alacak araştırmacının, hem mağara hem de kendi araştırma konusuna hakim bir biyolog olması, mağara habitatına ait olan gerçek mikroorganizmaların keşfedilmesi için önemlidir.

Jeolojik koşullar altında yaşam formlarının olduğu yargısı, mağaralar ile ilgili sıkça çalışma yapan jeologlar ve biyologların ortaklaşa çalışması sonrası ortaya çıkmıştır. Tarihsel olarak önceleri araştırmacılar, jeolojik süreçleri yalnızca inorganik kimya bilgileri ile açıklamış ve mikrobiyal aktiviteyi göz önünde bulundurmamışlardır (Amann ve diğ., 1995).

Jeologlar mağara yapılarını yakından incelemeye başladıkça mikroorganizmaların bu yapıları oluşturabileceğiyle ilgili ilk fikirler ortaya atılmaya başlanmıştır (Høeg, 1942). Mağaralarda şekil itibarı ile dikkatleri ilk çeken yapılardan olan sarkıtların ucundaki su damlalarında kalsiyum karbonat ile kaplı fungal hiflerin bulunduğu aktarılmıştır (Went, 1969). Mikroorganizmaların salgıladıkları ekzoenzimlerin ve çeşitli asitlerin ortamlarda korozyona neden olabildiği bilinmektedir (Sand, 1997). Demir, kükürt ve manganez oksitleyebilen mikroorganizmaların mağaralardaki varlığı, mağara duvarlarını aşındırabilen asidik reaksiyonlar zincirinin olduğu konusunda da tahminleri arttırmış, özellikle mağaranın genişlemesine sebep olan kimyasal reaksiyonların da mikroorganizmalar tarafından desteklendiği fikrini yürütmüşlerdir (Hose ve diğ., 2000).

Daha sonraları kimi araştırmacılar, tarih öncesi tabloları barındıran bir mağarada bozulma durumlarını araştırırken (Portillo ve diğ., 2009), kimi araştırmacılar ise maden sahalarındaki elementer kirliliğin sebeplerini ortaya koyan mikrobiyal verilere dikkat çekmiştir (Rastogi ve diğ., 2009).

Tüm bu fiziksel değişimlerden farklı olarak 1970'li yıllardan başlayarak mikroorganizmaların mağara oluşumlarına katkılarının olduğu fikri merakla araştırılmıştır (Ríos ve diğ., 2011; Baskar ve diğ., 2008). Hatta bazı araştırmacılar kireç taşının yapısının mikrobiyolojik kökenli olduğunu bulmuşlardır (Shoji ve Folk, 1964; Folk ve Chafetz, 1980; Cacchio ve diğ., 2003; Baskar ve diğ., 2008). Bu konudaki araştırmalara halen devam edilmektedir (Whiffin, 2004; Montaño-Salazar ve diğ., 2017; Seifan ve diğ., 2017).

Dünya üzerinde karstik yapılardan özellikle mağara ekosistemindeki mikroorganizmaların kalsiyum üretme yetenekleriyle ilgili çalışmaların yoğun olduğu görülmektedir. Baskar ve diğ. (2008), deneysel çalışmalarla mikroorganizmaların laboratuvarda kalsiyum minerallerini çökelttiğini doğrulamıştır. Ríos ve diğ. (2011), mağara çökeltilerinin yapısını ve oluşumunu belirleyen temel faktörün bakteriyel aktivite olduğuna işaret etmiştir. Portillo ve diğ. (2009), ise karbonatın bakteriyel büyümelere bağlı olarak çökelmesi ya da yer altı ortamlarındaki çözünmelere bağlı olarak önemli bir karbon besin döngüsünün olduğu kanısına varmıştır.

Deniz suyu, içme suyu ve toprak ortamlarından izole edilen bakterilerin kalsiyum karbonat üretiminin 3 farklı tipte gerçekleştirdiği belirtilmiştir. Bunlar; genellikle siyanobakteriler veya mikroagler gibi fotosentetik canlılar tarafından, azot ve kükürt döngüsüne katılan bakteriler tarafından oluşturulan ya da kendiliğinden oluşan mekanizmalardır (Whiffin ve diğ., 2004; De Muynck ve diğ., 2010).

2.3.1. Biyomineralizasyon ve Bakteriyel Kaynaklı $CaCO_3$ Oluşumu

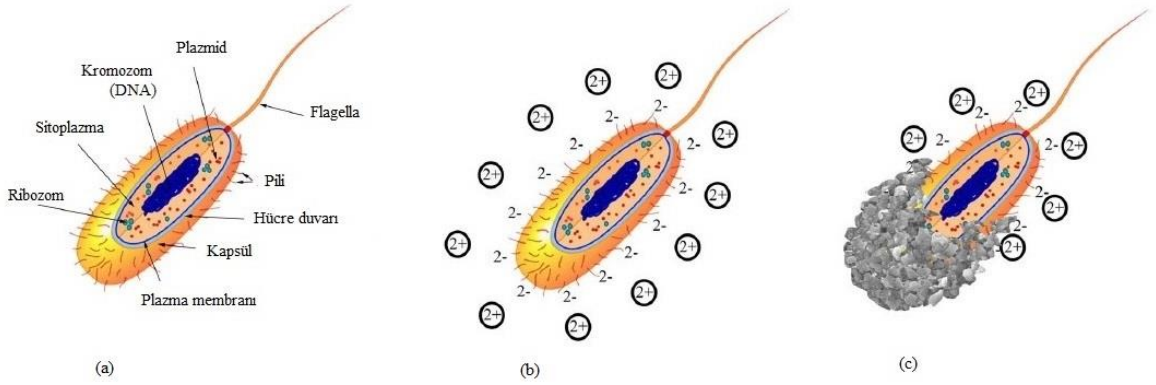
Biyomineralizasyon, yaşayan bir organizmanın ürettiği mineral için tanımlanan bir süreçtir ve kendi içinde tiplere ayrılmaktadır. Birçok araştırmacı biyolojik olarak kontrol edilen mineralizasyon, biyolojik aracılı mineralizasyon ve biyolojik olarak uyarılmış mineralizasyonu konu alan çalışmalar yapmıştır (Mann ve Nealson, 1989; Dupraz ve diğ., 2009; Päßler ve diğ., 2018). Biyolojik olarak kontrol edilen mineralizasyon, genellikle yumuşakçalar, denizkestanesi dikenleri ve balık otolitleri gibi ökaryotlarda yer alan hücre içi organik matriksler ve veziküller yoluyla kontrol edilir. Biyolojik aracılı mineralizasyon ise, kristal morfolojisi ve bileşimini etkileyen pasif bir organik madde mineralizasyonu olarak tanımlanmıştır (Dupraz ve diğ., 2009). Biyolojik olarak uyarılmış mineralizasyon, dolaylı yollardan ve pasif olarak bakteriler gibi tek hücreli mikroorganizmaların varlığında meydana gelmektedir. Kalsiyum karbonatın bu yol ile üretilmesi çok sayıda araştırmacı tarafından ilgi çekici bulunmuştur (Lowenstam ve Weiner, 1989; González-Muñoz ve diğ., 2010).

Bakteri kaynaklı $CaCO_3$ oluşumu temelde ototrofik ve heterotrofik olmak üzere iki farklı yoldan gerçekleşebilmektedir. Ototrofik yol; metanojenik arke, siyanobakteriler ve mor bakteriler tarafından gerçekleştirilen bir dizi metanogenez ve fotosentez reaksiyonları sonucu ortamda Ca^{+2} varlığı durumunda $CaCO_3$ kristallerinin oluşturulduğu yoldur.

Heterotrofik yol ise aktif ve pasif olmak üzere iki farklı yol içermektedir. Aktif yol, katı formdaki karbonatın hücre zarı dışına iyonik değişimler ile atılmasıdır. Pasif yolda ise amonyak, azot, sülfür ve üre mekanizmaları ile $CaCO_3$ oluşumundan bahsedilmektedir. Bu süreçlerde ortaya çıkan H^+ iyonlarındaki artış sonrası ortamın pH'ının artması ile bikarbonat üretimin meydana geldiği açıklanmaktadır.

Biyolojik olarak uyarılmış mineralizasyonun bir türü olarak mikrobiyal kalsiyum karbonat oluşumu, mikroorganizmaların ürettiği metabolik ürünlerin iyon halindeki kalsiyum ve bikarbonat varlığında kalsiyum karbonatın çökelmesi olarak tanımlanmıştır (Stocks-Fischer ve diğ., 1999; Meier ve diğ., 2017). Bu olaya aynı zamanda "karbonatogenez" veya "biyokalsifikasyon" adı da verilmiştir (Métayer-Levrel ve diğ., 1999; Dittrich ve Sibler, 2010).

Bakteri kaynaklı kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) üretiminin nasıl olduğu konusunda birden fazla hipotez ortaya atılmıştır. İlk hipotez, negatif yüklü hücre duvarı üzerine pozitif yüklü kalsiyum iyonlarının (Ca^{+2}) bağlanarak kalsiyum karbonat yapısının aktif olarak indüklenmesi yönündedir (Castanier ve diğ., 2000)(Şekil 2.2).

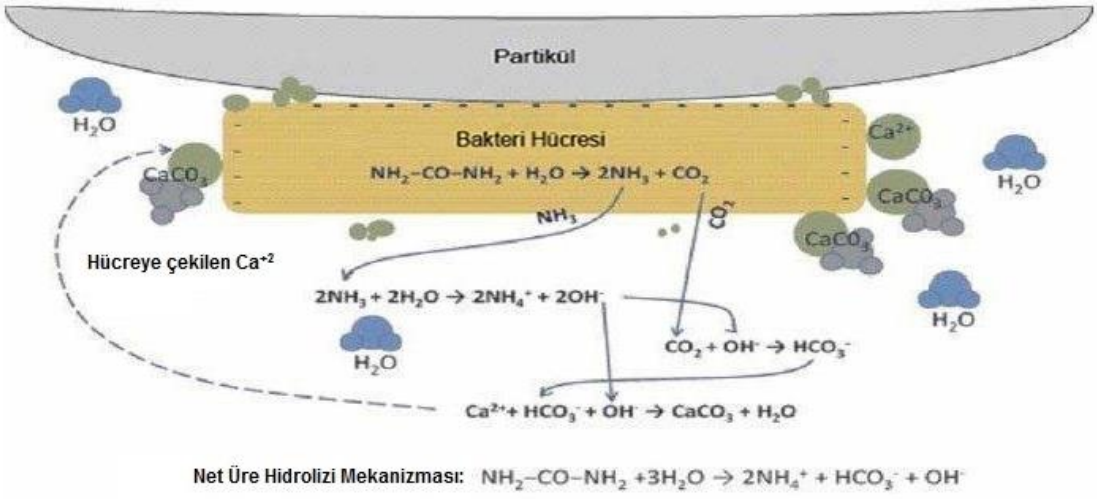


Şekil 2.2: a) Bakteri anatomisi b) Negatif yüklü bakteri hücre duvarı ve pozitif yüklü $CaCO_3$ iyonları c) Bakteri hücre yüzeyinde $CaCO_3$ oluşumu (Castanier ve diğ., 2000).

Diğer bir hipotez, hücre dışındaki EPS'nin kalsiyum iyonlarını tutucu bir görev üstlendiği ya da (Kremer ve diğ., 2008) üretilen belirli proteinlerin $CaCO_3$ presipitasyonunu etkileyeceğidir (Braissant ve diğ., 2003).

Mikrobiyal $CaCO_3$ oluşumu, temelde dört farklı etmene bağlıdır. Bunlar; kalsiyum konsantrasyonu, çözünmüş inorganik karbon konsantrasyonu, pH ve "nucleation site" ismi

verilen biyomineralleşme merkezinin oluşmasıdır (Hammes ve diğ., 2002). Biyomineralleşme merkezi, negatif yüklü hücre duvarı ve pozitif yüklü kalsiyum (Ca^{+2}) arasında oluşan yük dengesinden ötürü, bakterilerin oluşan bu mineralin boyutunu arttırmak için bir araya gelerek bir merkez oluşturması olarak açıklanmaktadır (Şekil 2.3) (Zamarren ve diğ., 2009; DeJong ve diğ., 2010).



Şekil 2.3: $CaCO_3$ presipitasyonunda bakterinin biyomineralleşme merkezi olarak davranışı (DeJong ve diğ., 2010).

Bir hipoteze göre, her bir bakteri hücresinin, hücre yoğunluğunun az olduğu durumda, kalsiyum karbonat üretimi için kendi hücre duvarlarını bir nukleus gibi davranmasıyla açıklamaktadır. Bakteri hücresinin kalsiyum karbonat üretmek amacıyla çevresindeki pH'ı arttırmak için ortamda amonyak üretiminden sorumlu olduğu varsayılmıştır (Morita, 1980). Son yıllarda yapılan çalışmalar, bakteri hücre yüzeylerinin, kalsiyum karbonat çökelmesi için önemli bir merkez olduğunu göstermektedir. Bu sayede kalsit ile kaplanmış sporların uzun süre hayatta kalabileceği de belirtilmiştir (Murai ve Yoshida, 2013).

Hücre duvarları, karboksil, fosfat ve amin gibi negatif yüklü fonksiyonel gruplara sahiptir. Bu fonksiyonel gruplar sayesinde hücre yüzeylerine metal iyonlarının bağlanabileceği gösterilmiş ve karbonatın da aynı şekilde bağlandığı belirtilmiştir (Fein, 2016; Zhu ve Dittrich, 2016).

MICP, yaygın olarak toprak, su, deniz sistemlerinde görülmektedir. Bu olaya sebep olan bakterilerin hem doğal hem de laboratuvar ortamlarında karbonat çökelttikleri çeşitli araştırmalarla ispat edilmiş ve bu alanda çalışmalara devam edilmektedir (Stabnikov ve diğ.,

2013; Chaparro-Acuña ve diğ., 2017). Yüksek tuz ortamlarında yaşayan halofilik mikroorganizmaların da kalsiyum karbonat ürettikleri rapor edilmiştir (Rivadeneyra ve diğ., 2006).

Mikrobiyal kaynaklı kalsiyum karbonat üretiminin, ortamdaki üreaz enzimi aktivitesine de bağlı olduğu gösterilmiştir ve üre hidrolizi ile hızlı bir şekilde kalsiyum karbonat konsantrasyonlarına ulaşılabildiği belirtilmiştir (Sarda ve diğ., 2009; Qian ve diğ., 2010). Öyle ki üriner sistemde ortaya çıkan taşların oluşumunda da bakterilerin rol oynadığı rapor edilmiştir (Chunxiang ve diğ., 2010; Stabnikov ve diğ., 2013).

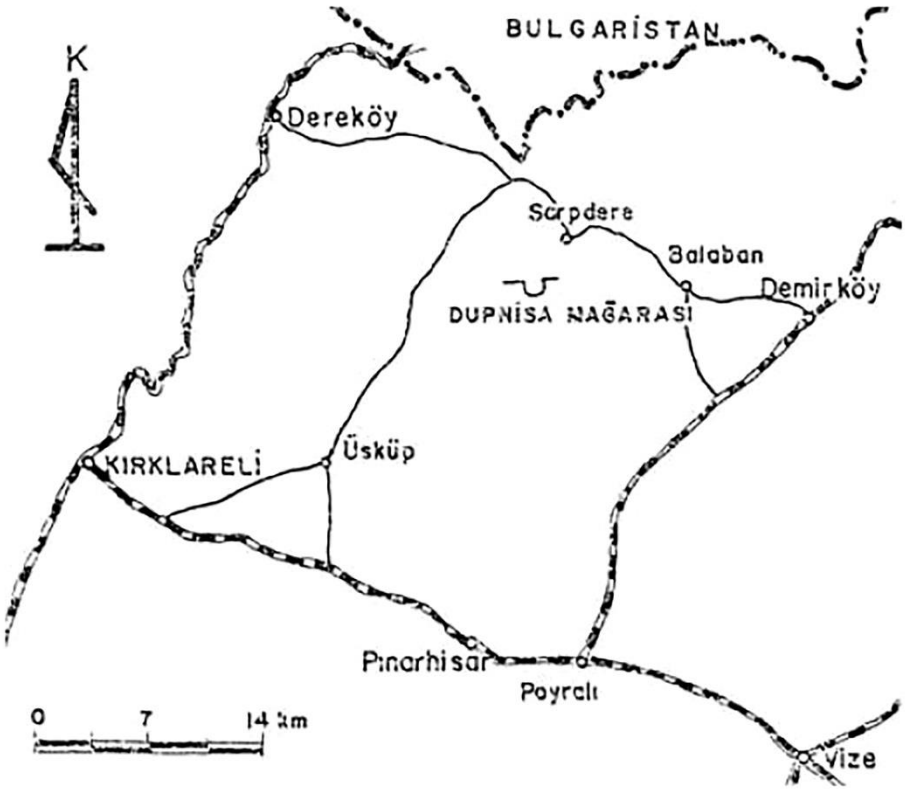
Dupnisa Mağarası'nın altı farklı yüzeyinden izole edilen bakterilerin mağara yüzey oluşumlarına katkıları olup olmadığı incelenmiş ve bu katkının hangi mekanizmalar aracılığı ile olabileceği tartışılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda elde edilen izolatların biyoteknoloji alanlarındaki farklı kullanımları araştırılacaktır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. DUPNİSA MAĞARASI KONUM VE ÖZELLİKLERİ

Dupnisa mağara sistemi (toplam uzunluğu 1977 m, derinliği ise 61 m), uzunluk bakımından Trakya Bölgesi sınırları içerisinde Çatalca'da yer alan İkigöz Mağarası'ndan sonra gelen ikinci büyük mağara özelliğini taşımaktadır (Nazik ve diğ., 1998).

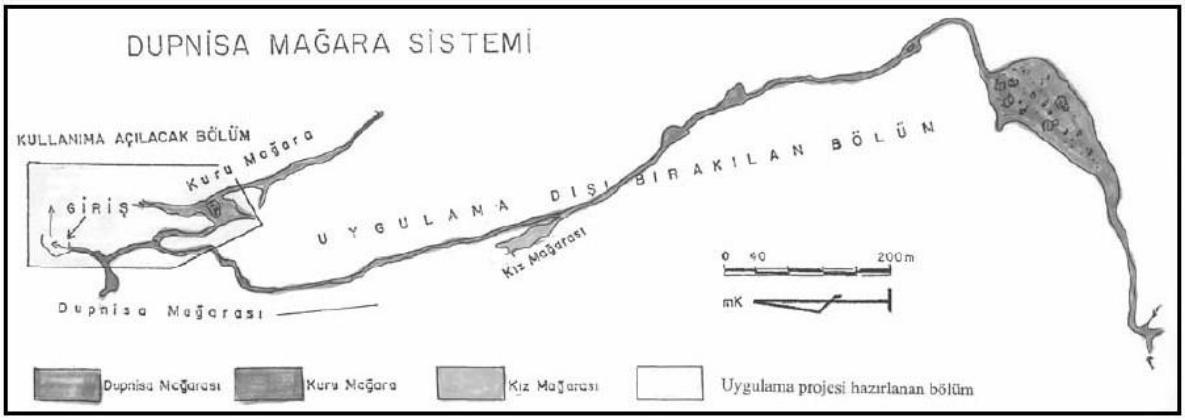
Dupnisa mağara sistemi, Trakya Bölgesi'nde Kırklareli ili, Demirköy ilçesinin Sarpdere köyünün 6 km güneyinde yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Dupnisa Mağarası Yer Haritası (Nazik ve diğ., 1998).

Mağara sistemi, birbirine bağlantılı iki kattan ve Dupnisa dahil üç mağaradan oluşmakta ve Jura döneminden günümüze ulaşmış yan metamorfik kireç taşı veya mermerleri içerisinde gelişmiştir. Bu nedenle mağara bir "sistem" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.2). Dupnisa mağara sistemi içerisinde "Kuru Mağara" ve "Kız Mağarası" isminde iki farklı daha mağara

bulunmaktadır. Kuru ve Kız Mağarası, kuru ve sıcak bir iklime sahip iken, Dupnisa Mağarası son derece soğuk ve nemlidir. Bu iki mağara, mağara sisteminin ikinci katını oluşturmaktadır ve tüm sistemin toplam uzunluğu 2720 m'dir. Ayrıca yükselti farkları bulunan bu mağaralar arasında da hava geçişleri/rüzgarlar bulunmaktadır (Nazik ve diğ., 1998). Alttaki ana galeriyle bağlantılı olan her iki mağaradan Kuru Mağara'nın girişi 402 m, Kız Mağarası ise 410 m'dir. Buna göre Dupnisa Mağarası'nın girişine göre Kuru Mağara +57 m, Kız Mağarası da +70 m yukarıdadır. Kuru Mağara tümüyle fosilleşmiş bir yapıdadır. Sarkıt, dikit, sütun ve duvar damlataşları ile kaplıdır. Kız Mağarası da tümüyle fosilleşmiş bir yapıya sahip olmasına rağmen damlataşı birikimi yönünden fakirdir ve iki noktada altta bulunan Dupnisa Mağarası ile bağlantılıdır. Kuru Mağara ve Kız Mağarası, yağışlı dönemler hariç tüm yıl kuru olmasına rağmen, Dupnisa Mağarası bir göl ve yer altı deresine sahiptir (Nazik ve diğ., 1998). Dupnisa Mağarası, sistem içindeki en uzun ve en altta bulunan mağaradır. Taban kısmında kum ve çakıl yapıları bulunurken aynı zamanda zengin damlataşı yapıları da bulunmaktadır. Sarkıt, dikit, duvar ve perde damlataşları ile içi su dolu damlataşı havuzları da yer almaktadır (Şekil 3.2) (Nazik ve diğ., 1998).



Şekil 3.2: Dupnisa Mağara Sistemi (Nazik ve diğ., 1998).

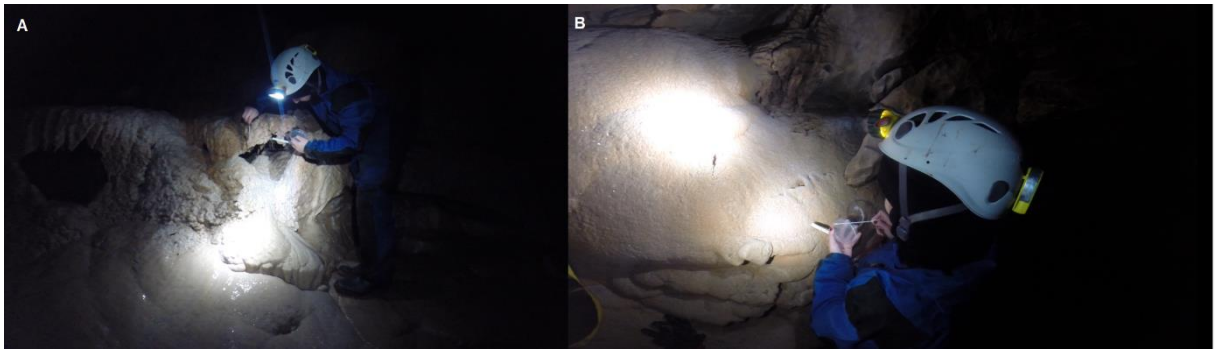
Dupnisa mağara sisteminin Kuru Mağara'sı, turistik olarak kullanıldığı gibi, Dupnisa Mağarası'nın bazı alanları amatör veya profesyonel mağaracıların ziyaretine açıktır. Turistik bir mağara olan Dupnisa mağara sistemi, mağara dışından akan bir nehir ile beslenmektedir. Çalışmamız kapsamında Dupnisa Mağarası'ndan örnek alınan noktalar turistik ziyaretçi girişlerinin olmadığı, profesyonel mağaracılar tarafından ziyaret edilen kısımlardır.

3.2. SU, TOPRAK VE YÜZEY ÖRNEKLERİNİN ALINMASI

Mikrobiyolojik örnekleme yapılan yerler Dupnisa Mağarası'nın içinden geçen nehir suyunun direkt etkilemediği, yarasalar tarafından gözle görünür kirliliğin oluşturulmadığı noktalardan alınmıştır. Dupnisa Mağarası'nda belirlenen 1 noktadan su, 1 noktadan toprak ve 6 farklı mağara oluşumundan yüzey örnekleri alınmıştır. Toprak örneği, mağaranın karanlık alan zonundan, su örneği ise karanlık alan zonundaki durgun bir su birikintisinden alınmıştır.
Su ve toprak örnekleri aseptik şartlarda steril örnek kaplarına alınmıştır (Şekil 3.3).

Şekil 3.3: Dupnisa Mağarası'nda belirlenen noktalardan su (A) ve toprak (B) örneğinin alınması.

Mağarada tespit edilen yüzey oluşumlarından steril eküvyon çubuğu ile alınan 6 farklı yüzey örneği, her bir yüzey için 3 tekrarlı olacak şekilde örnek alınan noktalarda SCA Agar (Nişasta Kazein Agar), AIA Agar (Aktinomiset İzolasyon Agar), R2A Agar (Reasoner's 2 Agar) ve TSA Agar (Triptik Soy Agar - ½ oranında hazırlanmış-) besiyerlerine ekilmiştir (Şekil 3.4). Su, toprak ve yüzey örneklerinin ekildiği besiyerleri en kısa sürede mikrobiyoloji laboratuvarına getirilmiştir.



Şekil 3.4: Dupnisa Mağarası'nda belirlenen noktalardan yüzey örneklerinin alınması A ve B.

3.3. ÖRNEKLEME ALANLARININ VE ALINAN SU ÖRNEĞİNİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

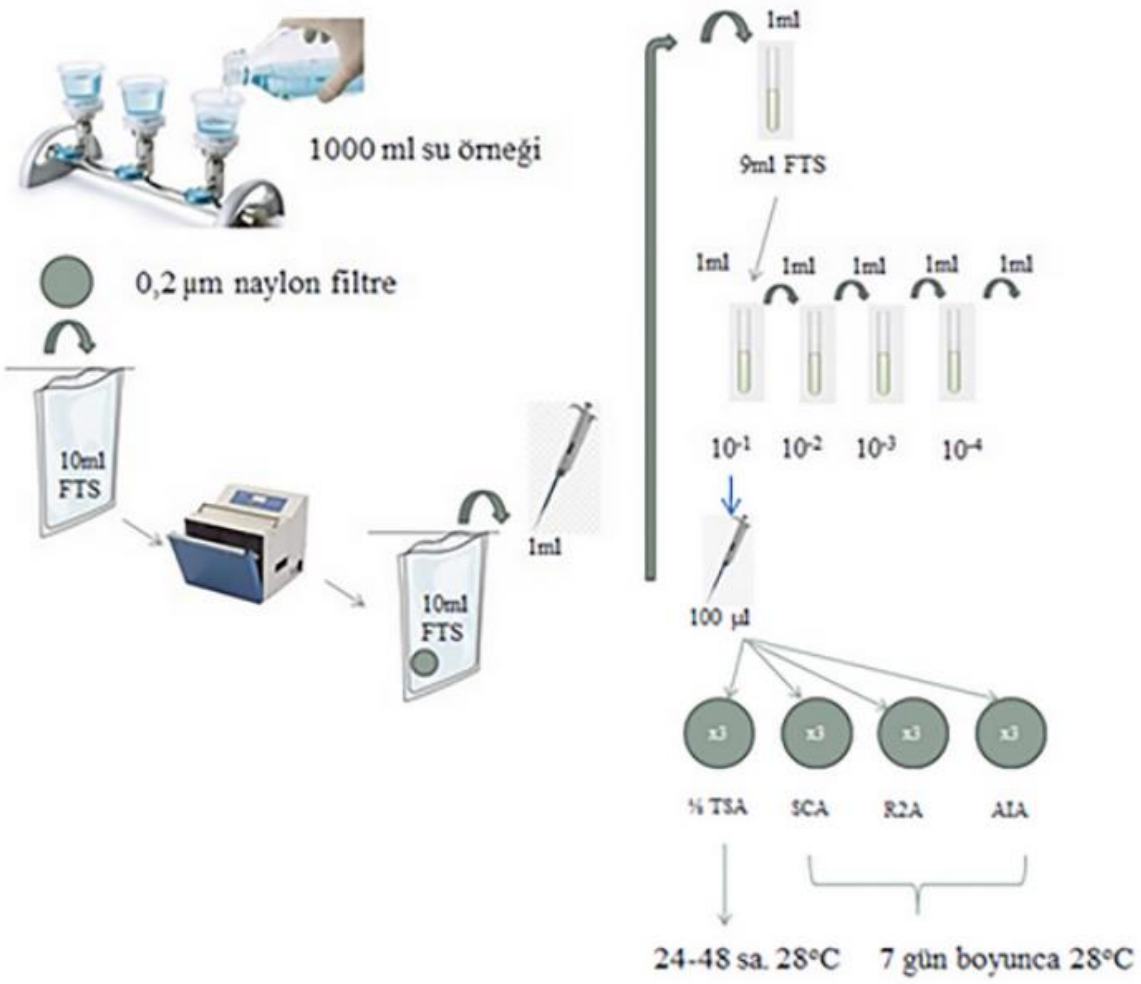
Örnekleme yapılan alanlara ait nem ve sıcaklık değeri, alınan su örneğinin ise sıcaklık, pH, nem, iletkenlik (mS), sertlik (ppt), çözünmüş madde miktarı (ppm) değerleri taşınabilir sıcaklık/nem ve pH/iletkenlik ölçer cihazları ile ölçülerek sonuçlar kaydedilmiştir (Hach Lange HQ40D)(Şekil 3.5).

Şekil 3.5: Su örneğinin alındığı noktadan fizikokimyasal değerlerin ölçümü.

3.4. BAKTERİYOLOJİK ANALİZLER

3.4.1. Su Örneğinin Bakteriyolojik Analizi

Su örneğinin bakteri analizi için izlenen yol Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

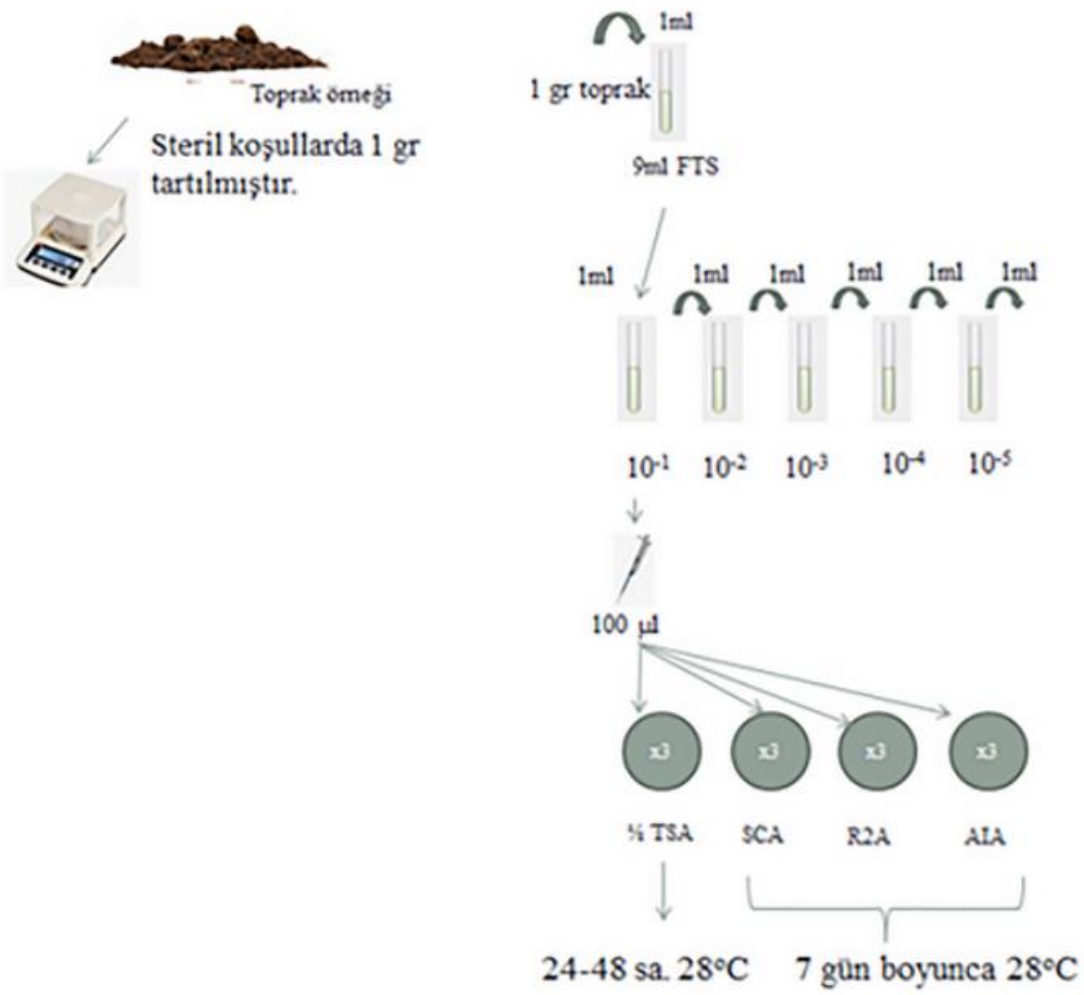


Şekil 3.6: Su örneğinin bakteriyolojik analizi.

Prosedüre göre hazırlanan her bir sulandırım tüpünden alınan 100 µl örnek, Şekil 3.6'da gösterilen dört farklı besiyerine yayma ekim yöntemi ile ekilmiş ve Petri kutuları inkübasyona bırakılmıştır. Kullanılan tüm farklı besiyerinde üreyen birbirinden farklı morfolojideki tüm koloniler azaltma ekim yöntemi ile saflaştırılmış ve tüm kolonilerin Gram özellikleri belirlenmiştir (Çandıroğlu, 2018).

3.4.2. Toprak Örneğinin Bakteriyolojik Analizi

Toprak örneğinin bakteri analizi için izlenen yol Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7: Toprak örneğinin bakteriyolojik analizi.

Prosedüre göre hazırlanan her bir sulandırım tüpünden alınan 100 µl örnek, Şekil 3.7'de gösterilen dört farklı besiyerine yayma ekim yöntemi ile ekilmiş ve Petri kutuları inkübasyona bırakılmıştır. Tüm besiyerinde üreyen koloniler azaltma ekim yöntemiyle saflaştırılmış ve tüm kolonilerin Gram özellikleri belirlenmiştir (Çandıroğlu, 2018).

3.4.3. Kültüre Edilebilir Heterotrofik Aerobik Bakterilerin Sayımı

Kültüre edilebilen heterotrofik aerobik bakterilerin sayımı amacıyla su ve toprak örnekleri R2A besiyerine ekilmiş ve 28^{o}C'de 7 gün boyunca inkübe edilmiştir. Süre sonunda 30-300 koloni içeren Petri kutuları değerlendirilmeye alınmıştır. Petri kutularından koloni sayımları yapılarak Dupnisa Mağarası'na ait heterotrofik aerobik bakteri sayısı belirlenmiştir (Reasoner ve Geldrich 1985).

3.4.4. Mağara Yüzey Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizleri

Dupnisa Mağarası yüzey oluşumlarından seçilen her bir yüzeyden, eküvyon çubukla alınan örneğin, belirlenen her bir besiyerine örnekleme sırasında ekimi yapılmıştır. . Örnek alınan her bir yüzeyin özellikleri Tablo 3.1'de belirtilmiştir. 50 µg/ml oranında hazırlanan her biri sikloheksimid anti-fungali eklenmiş SCA, AIA, R2A ve TSA (½) besiyerleri 28 ^{o}C' lik etüvde 5-30 gün inkübe edilmiştir.

Tablo 3.1: Örnek alınan her bir yüzeye ait özellikler.

İzolasyon Noktaları	Yüzey Şekli	Renk	Diğer açıklamalar
1. Yüzey	Damlataş	Sarı-Turuncu	Nemli, parlak yüzey
2. Yüzey	Damlataş	Siyahımsı	Kuru, parlak yüzey
3. Yüzey	Sarkıt	Turuncu, yer yer siyah renkli	Islak, parlak yüzey
4. Yüzey	Akmataşı	Açık kahverengi	Islak, parlak yüzey
5. Yüzey	Damlataş	Sarı-Turuncu	Az nemli, parlak yüzey
6. Yüzey	Dikit	Beyaz	Islak, parlak yüzey

Yüzey örnekleri için inkübe edilen Petri kutuları her gün kontrol edilerek üreyen koloniler takip edilmiştir. Morfolojik bakımdan birbirlerinden farklı koloniler seçilerek taze besiyerlerine (TSA(½), SCA, AIA ve R2A) azaltma ekim yöntemi kullanılarak saflaştırılmıştır. Saf olduğundan emin olunan her bir koloniden alınan örneklerin Gram özellikleri belirlenmiş ve kaydedilmiştir.

3.5.BAKTERİ İZOLATLARININ SAKLANMASI

Tüm örneklerden elde edilen izolatların 24 saatlik kültürleri, fosfat tampon kullanılarak sıvı hale getirilmiştir. Sıvılaştırılmış kültürden 400 µl alınarak içerisinde 100 µl gliserin bulunan 2 ml'lik eppendorf tüplere steril koşullarda eklenmiştir. Bu tüpler -20^{o}C ve -86^{o}C'de saklanmıştır.

3.6. BAKTERİLERİN KRİSTAL OLUŞTURMA YETENEKLERİNİN İNCELENMESİ

Yüzey örneklerinden saflaştırılan morfolojik ve kültürel özellikleri belirlenen Petri kutularındaki tüm izolatlar, kristal oluşturma yeteneklerinin incelenmesi amacıyla B4

besiyerine ekilmiş ve ekimden sonraki 1., 2., 3., 5., 7., 14., 20., 28., ve 40. günlerinde kontrol edilerek ışık mikroskobu altında Petri kutularındaki besiyeri üzerinde kristal yapıların olup olmadığı kontrol edilmiştir (Boquet ve diğ. 1973).

3.7. BAKTERİLERİN ÜREAZ ENZİMİ YETENEKLERİNİN İNCELENMESİ

Yüzey örneklerinden izole edilen tüm izolatlar, Christensen'in üreli broth besiyerine ekilmiş, 28^{o}C' lik etüvde 1-5 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresince her gün kontrol edilen besiyerlerinde renk değişimine dikkat edilmiş, kırmızı rengin meydana geldiği tüplere ait izolatlar üreaz pozitif olarak kaydedilmiştir.

3.8. DNA İZOLASYONU VE DİZİ ANALİZİ

B4 besiyeri üzerinde kristal yapıların gözlendiği her bir izolata ait DNA, DNA izolasyon kiti kullanılarak izole edilmiştir (Invitrogen PureLink Genomic DNA Mini Kit; Katalog No: K1820-01). DNA izolasyon kitinin yönergelerine göre izolasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.7.1. Genomik DNA İzolasyonu

Her bir izolata ait 24 saatlik taze kültür, her bir falkon tüpüne yaklaşık olarak 2x10^{9} bakteri hücresi yoğunluğu olacak şekilde toplanmıştır. Her bir falkon tüpü 14.000 rpm hızda yaklaşık 1-2 dakika santrifüj edilmiş ve süre sonunda falkon tüplerdeki süpernatant atılmıştır. Her bir tüpe 180 µl lizozim sindirim tamponu eklenmiş ve tüpler 1-5 sn. vortekslenmiştir. Tüpler, 37 ^{o}C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Süre sonunda kit ile birlikte verilen Proteinaz K solüsyonundan 20 µl alınarak her bir falkon tüpüne eklenmiş ve tüpler kısaca vortekslenmiştir. Her bir falkon tüpüne 200 µl kit ile birlikte verilen Genomik Lizis/Bağlanma tamponu eklenmiş ve kısaca vortekslendikten sonra 55 ^{o}C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Süre sonunda tüplere 200 µl %96-100 saflıkta ethanol eklenmiş ve tüpler kısaca alt-üst edilmiştir. Genomik Lizis/Bağlanma tamponu ve ethanol ile hazırlanan lizat, kit ile birlikte temin edilen spin kolonuna aktarılmış ve kolonlar oda sıcaklığında 1 dakika boyunca 10.000 *g*'de santrifüjlenmiştir. Süre sonunda santrifüjden çıkarılan kolonlar kit ile birlikte verilen yeni toplama tüplerine alınmış ve yıkama aşamasına geçilmiştir.

Yıkama aşaması: Yeni toplama tüplerine alınan kolonların üzerine 500 µl 1. yıkama solüsyonundan eklenerek 10.000 *g*'de 1 dakika santrifüjlenmiştir. Süre sonunda toplama

tüpünde kalan sıvı atılmış ve yeni bir toplama tüpü yerleştirilerek üzerine 500 µl 2. yıkama solüsyonundan eklenmiş ve yeniden 10.000 *g*'de 3 dakika santrifüjlenmiştir.

DNA elüsyonu: Santrifüj işleminden sonra kolonlar DNase/RNase içermeyen steril 1.5 ml'lik eppendorf tüplere alınmış ve her birine 100 µl hacminde, kit ile temin edilen Genomik Elüsyon Tamponu eklenmiştir. Tüpler 1 dakika kadar oda sıcaklığında inkübe edildikten sonra 1 dakika boyunca maksimum hızda santrifüjlenmiş ve süre sonunda kolonlar atılmış ve DNA elde edilmiştir.

3.7.2. 16S rDNA Gen Bölgelerinin Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) İle Çoğaltılması

DNA örneklerinin 16S rDNA gen bölgeleri geleneksel PZR yöntemi (BIORAD T100 Thermal Cycler) uygulanarak Tablo 3.2'deki primer dizileri kullanılarak çoğaltılmıştır.

DNA örneklerine ait konsantrasyon miktarları spektrofotometre (NanoDrop spektrofotometre-Thermo Scientific) cihazında ölçülmüş ve PZR reaksiyonu için kullanılacak her bir DNA, 10 ng/µl olacak şekilde sulandırılmıştır. Son hacmi 25 µl olan PZR reaksiyon karışımı için 1 µl DNA, 12.5 µl Master Mix (EmeraldAmp® MAX HS PCR Master Mix, Takara), 8.5 µl saf su, 1.5 µl 27F ve 1.5 µl 1492R Primerleri hazırlanmış ve Thermal Cycler cihazında

Tablo 3.3'teki PZR protokolü uygulanmıştır.

Tablo 3.2: PZR reaksiyonunda kullanılan primer dizileri.

Hedef	Primer	Sekans (5' Ucundan 3' Ucuna)
16S rDNA	27F	AGAGTTTGATCCTGGCTCAG
	1492R	GGTTACCTTGTTACGACTT

Tablo 3.3: PZR reaksiyonu için izlenen protokol.

Döngü		Sıcaklık	Süre
İlk Denatürasyon	1 döngü	94°C	30 sn.
Denatürasyon	30 Döngü	94°C	30 sn.
Bağlanma		58°C	30 sn.
Uzama		72°C	60 sn.
Son Uzama	1 döngü	72°C	10 dk.

3.7.3. 16S rDNA PZR Ürünlerinin Elektroforezi

Mikrodalga fırın yardımıyla çözülmüş %1'lik Agaroz jel uygun sıcaklığa geldiğinde nükleik asitlerin görünmesini sağlamak amacıyla 0,6 µl Gel Red boyası (Fisher Biotec) eklenmiştir. Daha sonra içerisinde tarak yerleştirilen agaroz jel tanklarına dökülmüş ve jelin donması için bir süre beklenmiştir. Süre sonunda taraklar dikkatli bir şekilde çıkarılmış ve jel elektroforez tankına yerleştirilmiştir. Elektroforez tankına uygun hacimde daha önce hazırlanmış 1X TBE tamponu eklenmiştir. Jel içinde ilk kuyuya DNA Ladder (HyperLadder^{TM} 100 bp, Bioline) devamındaki kuyulara ise çoğaltılan DNA'nın görünürlüğünü sağlaması amacıyla 1 µl DNA Loading Dye (Bioline) içeren toplamda 5 µl PZR son ürünü yüklenmiştir. Elektroforez düzeneği 100 volta ayarlanmış ve örnekler 30 dakika boyunca yürütülmüştür. Yürütme işlemi sonrası örnekler UV-Transilluminatör sisteminde görüntülenmiştir.

3.7.4. DNA Dizi Analizi

Jel elektroforezi sonrası bant görülen örnekler not edilmiş ve PZR son ürünü bulunan tüpler BM Laboratuvar Sistemleri (Ankara) firmasına dizi analizi için gönderilmiş ve dizi sonuçları alınmıştır (Applied Biosystems API3730XL DNA Analyzer/ USA).

Analiz sonrası alınan izolatlara ait 16S rDNA gen dizileri filogenetik yakınlığın belirlenmesi için NCBI BLAST veri tabanı (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST) kullanılarak sistemdeki kayıtlı dizilerle karşılaştırılmış ve en yakın türler belirlenmiştir.

3.9. KULLANILAN BESİYERLERİ VE REAKTİFLERİN HAZIRLANMASI

3.8.1. Starch Casein Agar (SCA) (Himedia, Hindistan)

Actinomycetes ve sakkarolitik deniz bakterilerinin izolasyonu için tercih edilmektedir.

Nişasta	10 gr
Kazein	0.3 gr
Potasyum nitrat (KNO_3)	2 gr
Dipotasyum hidrojen fosfat	2gr
Magnezyum sülfat heptahidrat ($MgSO_4.7H_2O$)	0.05gr

Sodyum klorür (NaCl)	2 gr
Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$)	0.02 gr
Demir II sülfat heptahidrat ($FeSO_4.7H_2O$)	0.01gr
Agar	18 gr

Supplement: Sikloheksimid (50 µg/ml)

Son durumda pH: 7.2 ± 0.2

1000 ml distile suya 63 g toz besiyeri eklenir. İyice karışması sağlandıktan sonra 15 dk. 121^{o}C'de otoklavda steril edilir. Otoklavdan çıkarıldıktan sonra soğumaya bırakılır. Eli yakmayacak duruma geldiğinde supplement eklenir ve steril Petri kutularına döküm yapılır.

3.8.2. Actinomycet İzolasyon Agar (AIA-G) (Condalab, İspanya)

Actinomycetes türlerinin su ve topraktan izolasyonu için kullanılır.

Sodyum kazeinat	2.0 gr
Asparajin	0.1 gr
Sodyum propiyonat	4.0 gr
Dipotasyum fosfat	0.5 gr
Magnezyum sülfat	0.1 gr
Demir sülfat	1.0 mg
Agar	15.0 gr

Supplement: Sikloheksimid (50 µg/ml)

Son durumda pH: 8.1 ± 0.2

1000 ml distile suya 21.70 g hazır toz besiyerinden eklenir. Üzerine 5 ml gliserol eklenir. 15 dk 121^{o}C'de otoklavda steril edilir ve steril Petri kutularına dökülür.

3.8.3. Reasoner's 2 Agar (R2A) (Oxoid, İngiltere)

Sudaki heterotrofik bakterilerin sayımı için kullanılmaktadır.

Maya ekstraktı	0.5 g
Proteoz pepton	0.5 g
Kazein hidrolizat	0.5 g
Glikoz	0.5 g
Nişasta	0.5 g
Di-potasyum fosfat	0.3 g
Magnezyum sülfat	0.024 g
Sodyum piruvat	0.3 g
Agar	15 g

Supplement: Sikloheksimid (50 µg/ml)

Son durumda pH: 7.2 ± 0.2

1000 ml distile suya 18.1 g hazır toz besiyerinden eklenir. 15 dk. 121^{o}C'de otoklavda steril edilir ve steril 90 mm'lik Petri kutularına dökülür.

Not: Bu besiyeri ile inkübasyon, 20°C veya 28°C'de 4-5 gün boyunca ya da 35°C'de 3 gün boyunca inkübe edilmesi tavsiye edilmektedir.

3.8.4. ½ Tryptic Soy Agar (½ TSA) (Oxoid, İngiltere)

Genel amaçlı kullanılan kültür besiyeridir.

Kazein peptonu	15 g /2
Soya unu peptonu	5 g /2
Sodyum klorür	5 g /2

Agar	13 ya da 15 g

Supplement: Sikloheksimid (50 μg/ml)

Son durumda pH: 7.3 ± 0.2 1000 ml besiyerine tüm malzemeler konulur ve 15 dk. 121^{o}C'de otoklavda steril edilir ve steril Petri kutularına dökülür.

3.8.5. B4 Agar

Bakterilerin kristal yapı oluşturma yeteneklerinin incelenebilmesini sağlar.

Kalsiyum asetat	2.5 g
Maya özütü	4 g
Glikoz	10 g
Agar	18 g

Son durumda pH: 8.1 ± 0.2 olarak ayarlanır. Besiyeri 15 dk. 121^{o}C'de otoklavda steril edilir ve 90 mm'lik Petri kutularına dökümü yapılır.

3.8.6. Üre Broth (Oxoid, İngiltere)

Pepton	1 g
Glikoz	1 g
Sodyum klorit	5 g
Disodyum fosfat	1.2 g
Potasyum dihidrojen fosfat	0.8 g
Fenol kırmızısı	0.004 g

Supplement: Steril edilmiş, %40'lık üre solüsyonu

9.47 g toz besiyeri tartılır. 1000 ml distile su içinde iyice çözünmesi sağlandıktan sonra besiyeri 15 dk. 121^{o}C'de otoklavda steril edilir. Besiyeri otoklav sonrası 45^{o}C'ye soğutulur ve

üzerine 50 ml/L hesabıyla %40'lık üre solüsyonu steril koşullarda eklenir ve steril Petri kutularına dökülür.

3.8.7. %40'lık Üre Solüsyonu (Merck)

Üre	40 g
Su (H_2O)	100 ml

3.8.8. Sikloheksimid

$C_{15}H_{23}NO_4$	281.35 $g \cdot mol^{-1}$

3.8.9. Lizozim Sindirim Tamponu Hazırlanması (25mM Tris-HCl, pH 8.0, 2.5mM EDTA, %1 Triton X)

Molekül ağırlığı 121.14 olan Trisma Base 0.30 g tartılarak 80 ml bidistile su ile çözülmüştür. Çözeltinin pH'ı 1M HCl kullanılarak ile 8.0'e ayarlanmıştır. Moleküler hacmi 372.24 olan EDTA 0.09 g tartılmış ve çözünme tamamlanana dek karıştırılmış ve çözelti üzerine 1 ml Triton X-100 eklenmiştir. Son hacim bidistile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan her bir tampon 15ml'lik falkon tüplere paylaştırılmış ve oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Steril koşullarda 20 mg/ml olacak şekilde lizozim tartılmış ve hazırlanan tampon çözeltiye eklenmiştir.

3.8.10. 10X TBE Hazırlanması (Stok Solüsyon)

10.8 g Tris Base, 5.5 g Borik Asit, 0.75 g EDTA, disodium salt, 100 ml distile su içerisinde çözülür ve son pH 8.3'e ayarlanır (1N HCl ile).

3.8.11. 1X TBE Hazırlanması

100 ml 10X TBE stok çözeltisi üzerine 900 ml distile su konularak hazırlanmıştır.

3.8.12. %1'lik Agaroz Jel Hazırlanması

100 ml Agaroz jel için, 1.2 gr Agaroz, 100 ml 1X TBE içinde mikrodalga fırın yardımıyla çözülmüştür.

4. BULGULAR

4.1 ÖRNEKLEME ALANLARINA AİT FİZİKOKİMYASAL ÖLÇÜM SONUÇLARI

Su örneğinin alındığı noktada hava sıcaklığı 10.8 ^{o}C ve nem % 91.5, toprak örneğinin alındığı noktada ise hava sıcaklığı 11.2 ^{o}C, nem %90 olarak olarak kaydedilmiştir.

Yüzey örneklerine ait noktalarda kaydedilen sıcaklık ve nem değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Yüzey örneklerine ait sıcaklık (^{o}C) ve nem (%) değerleri.

Ölçüm Değeri	Yüzey Örneklerinin Alındığı Ölçüm Noktaları					
	Yüzey 1	Yüzey 2	Yüzey 3	Yüzey 4	Yüzey 5	Yüzey 6
Sıcaklık (^{o}C)	10.8	10.6	10.6	10	9.5	9.5
Nem (%)	91.5	87.7	89.8	93.8	95.7	95.7

4.2 BAKTERİYOLOJİK ANALİZ SONUÇLARI

4.2.1 Toprak ve Su Örneğindeki Kültüre Edilebilen Heterotrofik Aerobik Bakteri Sayıları

Dupnisa Mağarası'ndan alınan su ve toprak örneklerine ait kültüre edilebilen heterotrofik aerobik bakteri sayıları sırası ile $1.2x10^{3}$ kob/ml ve $1.14x10^{6}$ kob/g olarak tespit edilmiştir.

4.2.2 Toprak ve Su Örneğinden İzole Edilen Bakterilere Ait Koloni ve Hücre Morfolojileri

Dupnisa Mağarası'ndan alınan toprak ve su örneğinden koloni morfoloji özellikleri farklı olan 324 bakteri izole edilmiştir.

Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
AIA	SA111	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+) Sporlu	Kokobasil
AIA	SA112	Kremsi	Düzgün kenar- Mat	Gr (+)	Kokobasil
AIA	SA113	Krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
AIA	SA114	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak, şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
AIA	SA115	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
AIA	SA116	Beyazımsı	Düzgün kenar	Gr (+) Sporlu	Çomak
AIA	SA117	Beyazımsı	Düzensiz kenar, ışınlı- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
AIA	SA118	Beyaz	Keskin kenar, düzensiz yayılım- Mukoid	Gr (+) Sporlu	Çomak
AIA	SA121	Sarımsı	Işınlı kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
AIA	SA122	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
AIA	SA131	Beyaz	Hafif düzensiz kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
AIA	SA211	Bulutsu beyazımsı	Keskin kenar, düzensiz yayılım- Opak	Gr (+)	Kok
AIA	SA231	Sarımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak
AIA	SA232	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	İnce, uzun filament
AIA	SA233	Krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kok
SCA	SS111	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
SCA	SS112	Sarımsı	Tırtıklı kenar- Opak	Gr (+)	Kısa Çomak
SCA	SS113	Beyazımsı, ortası kremsi	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kok

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
SCA	SS114	Krem, ortası sarımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
SCA	SS115	Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
SCA	SS116	Parlak sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kok
SCA	SS121	Kenarlar beyazımsı ortası sarımsı	Düzgün kenar- Mukoid, Şeffaf	Gr (+)	Uzun, ince çomak
SCA	SS122	Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kok
SCA	SS123	Beyazımsı, ortası sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kısa Çomak
SCA	SS124	Sarımsı	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Diplokok
SCA	SS125	Beyazımsı, ortası kremimsi	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kok
SCA	SS131	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak, şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
SCA	SS132	Beyazımsı, ortası sarımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
SCA	SS133	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid, parlak	Gr (+)	Kokobasil
SCA	SS134	Kenarlar beyazımsı ortası sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kıl şeklinde kısa çomak
SCA	SS211	Beyazımsı, ortası krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Uzun, saç şeklinde çomak
SCA	SS212	Beyazımsı, ortası krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
SCA	SS221	Beyazımsı	Tırtıklı kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
SCA	SS222	Beyazımsı kenar, ortası krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Tombul kokobasil
SCA	SS231	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+) Sporlu	Tombul kokobasil
SCA	SS232	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST111	Sarı	Düzgün kenarlı- Parlak	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	ST112	Orta kısım pembe, kenarlara doğru açık renk	Düzgün kenarlı- Şeffaf	Gr (+) Sporlu	Çomak
1/2 TSA	ST113	Beyazımsı	Düzgün kenarlı- Şeffaf	Gr (+) Sporlu	Çomak
1/2 TSA	ST114	Parlak sarı	Şekilsiz kenar	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	ST115	Açık sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	ST121	Pembemsi	Düzensiz kenar- Opak	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST122	Sarımsı / Beyazımsı	Düzgün kenar, ortası belirgin- Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil
1/2 TSA	ST123	Sarımsı /Krem	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (-)	Kok
1/2 TSA	ST124	Sarımsı	Dağınık kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST125	Sarımsı	Düzgün kenarlı- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	ST126	Altın sarısı	Çıkıntılı kenar- Parlak	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	ST127	Mor, orta kısım koyu	Düzgün kenarlı- Mat	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST128	Ortası koyu sarı	Dağınık kenar- Şeffaf	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	ST129a	Krem	Düzgün kenarlı- Parlak	Gr (+) Sporlu	Çomak

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	ST129b	Krem	Düzensiz kenar, ortası halka şeklinde- Şeffaf	Gr (+)	İnce, uzun çomak
1/2 TSA	ST129c	Portakal sarısı	Düzgün kenarlı- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	ST129d	Krem / Beyaz	Düzgün kenar, ortası nokta şeklinde- Parlak	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	ST129e	Mor	Düzgün kenarlı- Parlak	Gr (+)	Kısa çomak
1/2 TSA	ST211	Beyazımsı	Düzgün kenarlı, ortada halka şeklinde yapı- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	ST212	Beyazımsı	Dağınık kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	ST213	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid, Parlak	Gr (+)	Tombul kokobasil
1/2 TSA	ST214	Beyazımsı	Düzensiz kenar, ortası koyu- Parlak	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	ST215	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST216	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	ST217	Sarı	Kenarlar desenli - Mat	Gr (+)	Uzun, ince çomak
1/2 TSA	ST221	Mor	Kısmen düzenli kenar- Mat	Gr (+)	Büyük kok
1/2 TSA	ST222	Sarı	Dağınık kenar- Mukoid, Parlak	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	ST223	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kalın çomak
1/2 TSA	ST224	Mor, çepere doğru açık renk	Düzgün kenar	Gr (+)	İnce çomak

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	ST225	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+) Sporlu	İnce, kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	ST311	Bulutumsu beyaz	Düzensiz kenar- Parlak	Gr (+) Sporlu	İnce, kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	ST312	Krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	İnce, kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	ST313	Bulutumsu sarı	Düzensiz kenar- Parlak	Gr (+)	İnce, kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	ST321	Açık pembe	Düzgün kenar, ortası koyu halka- Parlak	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST322	Açık sarı	Düzensiz kenar- Parlak	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	ST323	Açık pembe	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kısa çomak
1/2 TSA	ST324	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak, uzun zincirler haline
1/2 TSA	ST325	Bulutumsu koyu sarı	Düzensiz kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST326	Renksiz	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST421	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid, Parlak	Gr (+) Sporlu	Uzun, ince çomak
1/2 TSA	ST422	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	ST431	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	ST432	Koyu sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3ST111	Açık sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	Küçük, ince çomak

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	3ST112	Pembemsi	Düzgün kenar- Opak, Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3ST113	Altın sarısı	Düzgün kenar- Parlak, Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3ST114	Beyazımsı bulutumsu	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3ST115	Sarı- Yeşil	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	3ST211	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3ST212	Açık sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3ST213	Renksiz	Düzgün kenar, bombeli- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3ST213	Turuncumsu sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	3ST215	Turuncumsu sarı, kenarlar beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid, parlak	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	3ST216	Sarımsı	Düzgün kenar, içi pütürlü- Şeffaf	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	3ST311	Turuncumsu	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3ST312	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3ST313	Sarımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	3ST314	Pembe / Turuncu	Düzensiz kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Çubuk çomak
1/2 TSA	3ST315	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	3ST316	Açık sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3ST317	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	3ST318	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	3ST319	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid, Opak	Gr (+) Sporlu	Kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	3ST411	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	İnce, kıl şeklinde çomak
R2A	SR111	Açık sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
R2A	SR113	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
R2A	SR114	Koyu krem	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Kok
R2A	SR122	Açık Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	İnce, kısa çomak
R2A	SR123	Pembemsi	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Kısa, tombul kokobasil
R2A	SR124	Sarımsı	Düzgün kenar- Parlak, Şeffaf	Gr (+)	Kok
R2A	SR131	Mor	Düzgün kenar- Şeffaf, Parlak	Gr (+)	Kısa çomak
R2A	SR132	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Tombul, küçük kokobasil
R2A	SR133	Koyu sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	İnce çomak
R2A	SR134	Pembemsi	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Tombul kokobasil
R2A	SR211	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
R2A	SR213	Açık sarı	Düzgün kenar- Mukoid, Opak	Gr (+)	İnce, kıl şeklinde çomak
R2A	SR214	Açık pembe	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Büyük kokobasil

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
R2A	SR215	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
R2A	SR216	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+) Sporlu	İnce çomak
R2A	SR222	Sarımsı	Düzgün kenar- Mukoid, şeffaf	Gr (+)	Kısa çomak
R2A	SR224	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid, parlak	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
R2A	SR225	Altın sarısı	Düzgün kenar- Mukoid, şeffaf	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
R2A	SR231	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid, şeffaf	Gr (+)	Kıl şeklinde kokobasil
R2A	SR232	Mor	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil
R2A	SR234	Pembe	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Tombul kokobasil
R2A	SR311	Altın sarısı	Düzgün kenar- Parlak, Şeffaf	Gr (+)	İnce, kısa çomak
R2A	SR312	Krem	Düzgün kenar- Mukoid, parlak	Gr (+)	İnce, kısa çomak
R2A	SR313	Krem	Düzgün kenar- Opak, Mukoid	Gr (+)	İnce çomak
R2A	SR314	Sarımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kok
R2A	SR321	Pembe	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR322	Açık sarı	Düzgün kenar- Parlak, Şeffaf	Gr (+)	İnce, uzun çomak
R2A	SR323	Altın sarısı	Düzgün kenar- Parlak, mukoid	Gr (+)	Uzun, ince çomak
R2A	SR331	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	İnce çomak
R2A	SR332	Pembe	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR233	Açık sarı	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	İnce çomak

Tablo 4.2 (devam): Su örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
R2A	SR334	Altın sarısı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+) Sporlu	İnce, uzun çomak
R2A	SR335	Koyu sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kıl şeklinde uzun çomak
R2A	SR431	Açık pembe	Düzensiz kenar- Parlak	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR432	Pembe	Düzgün kenar- Opak, Mukoid	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR433	Açık pembe	Tırtıklı kenar- Opak, Mat	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR434	Krem	Düzgün kenar- Opak, Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
R2A	SR421	Pembe	Düzgün kenar- Opak, Mukoid	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR422	Koyu pembe	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Küme halinde kok
R2A	SR423	Açık pembe	Düzgün kenar- Opak, Mukoid	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR411	Açık pembe	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+) Sporlu	Çomak
R2A	SR412	Açık sarı	Düzgün kenar- Mukoid, parlak	Gr (+)	Kokobasil

Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
AIA	TA111	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak
AIA	TA112	Krem	Düzensiz kenar- Mat, opak, pürtüklü	Gr (+)	Çomak
AIA	TA113	Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA114	Parlak koyu sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA115	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA116	Beyazımsı	Keskin kenar, düzensiz yayılım- Mukoid	Gr (+)	Çomak
AIA	TA117	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA121	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA122	Sarımsı	Hafif çıkıntılı kenar, halkalı- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA123	Sarımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kok
AIA	TA124	Krem / Beyaz	Düzgün kenar	Gr (+)	Çomak
AIA	TA131	Krem / Beyaz	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA132	Açık sarı, parlak	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kok
AIA	TA211	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Kokobasil
AIA	TA221	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kok

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
AIA	TA222	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Kok
AIA	TA223	Beyazımsı	Keskin kenar, düzensiz yayılım- Mukoid, opak	Gr (+)	Çomak
AIA	TA224	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
AIA	TA231	Krem / Beyaz	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kok
AIA	TA232	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
AIA	TA233	Krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun çomak
AIA	TA311	Beyaz	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
AIA	TA431	Bulutumsu beyaz	Hafif çıkıntılı kenar, mukoid	Gr (+)	Kokobasil
SCA	TS111	Beyazımsı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil
SCA	TS112	Krem / Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
SCA	TS113	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mat, Opak	Gr (+)	Uzun, saçak şeklinde filament
SCA	TS114	Beyazımsı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Dağınık çomak
SCA	TS121	Beyazımsı, ortası nokta şeklinde sarı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kok
SCA	TS132	Beyazımsı, ortası sarımsı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil
SCA	TS211	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	İnce çomak

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	TT111	Beyazımsı, ortası nokta şeklinde krem	Düzensiz kenar- Mat	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT112	Beyazımsı	Düzensiz kenar, ortası halka şeklinde- Şeffaf	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT113	Şeffaf kenar, ortası nokta şeklinde krem	Düzgün kenar	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT114	Krem, ortası bir ton daha koyu	Düzgün kenar- Mat	Gr (+)	Kalın, uzun çomak
1/2 TSA	TT115	Krem	Dağınık kenar- Mat	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT116	Krem	Dağınık kenar- Mat	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT117	Krem	Dağınık kenar- Mat	Gr (+)	Damla şeklinde büyük kok
1/2 TSA	TT119	Kenarlar şeffaf, ortası koyu sarı	Dağınık kenar	Gr (+)	Büyük, yuvarlak kok
1/2 TSA	TT119b	Altın sarısı	Dağınık kenar- Parlak	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	TT121	Krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun, tombul çomak
1/2 TSA	TT122	Pembe	Düzgün kenar- Mat	Gr (+)	Uzun, tombul çomak
1/2 TSA	TT123	Yeşilimsi	Dağınık kenar- Şeffaf	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT124	Parlak sarı	Düzgün kenar	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT125	Beyazımsı	Dağınık kenar- Opak	Gr (+)	Kısa, kalın büyük kokobasil
1/2 TSA	TT211	Kar beyaz	Düzensiz kenar- Opak, mat	Gr (+)	Tombul, kısa kokobasil
1/2 TSA	TT212	Krem / Sarı	Düzgün kenar, kenarlar şeffaf- Opak	Gr (+)	Kokobasil

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	TT213	Sarımsı / Kahverengi	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	İnce, uzun çomak
1/2 TSA	TT214	Sarımsı / Kahverengi	Dağınık kenar- Parlak	Gr (+)	İnce, kısa çomak
1/2 TSA	TT215	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT216	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT217	Altın sarısı	Düzgün kenar, ortası halka şeklinde- Şeffaf	Gr (+)	Kısa, ince çomak
1/2 TSA	TT218	Ortası koyu kahve kenarları beyaz	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	TT219	Ortası koyu kahve, noktalı	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	TT219a	Krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT219b	Şeffaf beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	TT219c	Beyazımsı	Dağınık kenar- Opak	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT219d	Beyazımsı, ortası koyu sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Tombul kokobasil
1/2 TSA	TT219e	Ortası kızılımsı koloni	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	TT219h	Altın sarısı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	İnce, kısa çomak
1/2 TSA	TT219i	Beyazımsı	Düzgün kenar, halka yapıda, kenarlar şeffaf	Gr (+)	Dağınık çomak
1/2 TSA	TT221	Ortası nokta şeklinde kırmızımsı, çevresi renksiz	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun filament

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	TT222	Beyazımsı	Dallaknmış kenar- Opak	Gr (+)	Kısa ve tombul küme halinde çomak
1/2 TSA	TT223	Krem	Düzgün kenar- Mat	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT225	Krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun, saç şeklinde filament
1/2 TSA	TT226	Kenarlar beyaz ortası kızılımsı nokta	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun, ince filament
1/2 TSA	TT227	Beyazımsı orta kısım, kenarlar şeffaf	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT228	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	İnce, kısa çomak
1/2 TSA	TT229	Krem / Beyaz, ortası sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	İnce, uzun filament
1/2 TSA	TT229a	Beyazımsı	Düzgün kenar, eliptik- Mat	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	TT229c	Beyazımsı, kenarlar bulutumsu	Düzensiz kenar, şeffaf	Gr (+)	Uzun, çubuk çomak
1/2 TSA	TT229d	Krem	Şekilsiz kenar- Opak	Gr (+)	Uzun, tombul çomak
1/2 TSA	TT229e	Beyazımsı, ortası sarı	Düzensiz kenar- Mat	Gr (+)	Kalın kokobasil
1/2 TSA	TT311	Sarımsı / Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	TT312	Krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	TT313	Krem, ortası koyu	Çıkıntılı kenar- Mat	Gr (+)	Boğumlu filament

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	TT314	Ortası beyazımsı bulutumsu, en ortası renksiz	Düzensiz kenar- Şeffaf	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	TT315	Beyazımsı	Düzensiz kenar- Opak, mat	Gr (+)	Büyük kokobasil
1/2 TSA	TT316	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	TT317	Krem rengi	Düzgün kenar- Mat	Gr (+)	"V" şeklinde çomaklar
1/2 TSA	TT318	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	TT319	Krem	Düzensiz kenar- Mat	Gr (+)	Uzun, ince filament
1/2 TSA	TT319a	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	TT321	Krem	Düzensiz kenar- Mat, opak	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	TT322	Bulutumsu beyazımsı	Düzensiz kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çubuk çomak
1/2 TSA	TT325	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak, sert	Gr (+)	Tombul kokobasil
1/2 TSA	TT326	Krem	Düzensiz kenar- Mat, opak	Gr (+)	İnce, uzun filament
1/2 TSA	TT327	Bulutumsu beyazımsı	Düzensiz kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çubuk çomak
1/2 TSA	TT328	Beyazımsı, ortası koyu	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	TT329	Beyazımsı	Düzensiz kenar, iç içe halka şeklinde, dış halka koyu	Gr (+)	Çubuk çomak
1/2 TSA	TT329a	Sarımsı	Düzgün kenar, boncuk benzeri- Parlak	Gr (+)	Kokobasil

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	TT329c	Beyaz	Düzensiz kenar, kirecimsi- Opak, mat	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT411	Krem, kenarlar renksiz	Düzgün kenar-Mat	Gr (+)	Uzun, saç şeklinde çomak
1/2 TSA	TT412	Sarımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	TT414	Krem, iç katman açık renk, tam ortası koyu nokta	Düzensiz kenar- Mat, opak	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	TT415	Pembe, kenarlar renksiz	Düzgün kenar- Mat	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	TT416	Beyazımsı, ortası krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	TT417	Bulutumsu beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Uzun çomak
1/2 TSA	TT421	Turuncu	Düzgün kenar- Opak, Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	TT422	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kıl şeklinde uzun çomak
1/2 TSA	TT423	Sarı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Uzun çomak
1/2 TSA	TT425	Koyu Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Küçük kok
1/2 TSA	TT426	Beyazımsı	Dağınık kenar- Şeffaf	Gr (+)	İnce, uzun çomak
1/2 TSA	TT427	Beyaz / Krem	Dağınık Kenar- Opak	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	TT428	Koyu Krem	Dağınık kenar- Kalkerli görünüm	Gr (+)	Uzun filament
1/2 TSA	3TT111	Krem	Düzgün kenar- Opak, mat	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
1/2 TSA	3TT112	Beyaz	Düzgün kenar- Opak, mukoid	Gr (+)	Tombul kokobasil

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	3TT113	Koyu krem	Tırtıklı kenar- Mat	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3TT211	Krem	Düzgün kenar - Mukoid, şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3TT212	Koyu sarı	Düzgün kenar- Mukoid, şeffaf	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	3TT213	Krem	Düzgün kenar- Opak, mat	Gr (+)	Büyük kok
1/2 TSA	3TT214	Krem	Işınlı kenar- Opak, mat	Gr (+)	İnce, kısa çomak
1/2 TSA	3TT215	Renksiz	Düzgün kenar, boncuk şeklinde- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3TT216	Pembemsi krem	Düzgün kenar	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3TT217	Açık sarı	Düzgün kenar- Parlak, şeffaf	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	3TT311	Krem	Dağınık kenar, Kalker görünüm	Gr (+)	Filament
1/2 TSA	3TT312	Koyu sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3TT313	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3TT314	Sarı	Düzgün kenar- Parlak, şeffaf	Gr (+)	İnce çomak
1/2 TSA	3TT315	Krem	Dağınık kalker görünümlü kenar- Mat	Gr (+)	Tombul çomak
1/2 TSA	3TT316	Beyaz	Dağınık kenar- Mat	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3TT317	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Dağınık kısa çomak
1/2 TSA	3TT318	Beyaz	Hafif dağınık kenar- Mat	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	3TT411	Koyu krem	Dağınık kalker görünümlü kenar- Mat	Gr (+)	Uzun filament

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
1/2 TSA	3TT412	Koyu turuncu / Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3TT413	Açık sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3TT414	Açık pembe	Dağınık kenar- Mat	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3TT415	Koyu sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
1/2 TSA	3TT416	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kok
1/2 TSA	3TT417	Koyu krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Uzun, saç şeklinde çomak
1/2 TSA	3TT418	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Uzun, çubuk çomak
1/2 TSA	3TT511	Turuncu / Pembe	Dağınık kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
1/2 TSA	3TT512	Kırmızı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
R2A	TR111	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Uzun, tombul çomak
R2A	TR112	Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kok
R2A	TR113	Krem	Düzgün kenar- Opak, mukoid	Gr (+)	Çomak
R2A	TR121	Krem	Düzgün kenar- Mukoid, opak	Gr (+)	Kokobasil
R2A	TR122	Beyazımsı bulutumsu	Kısmen düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
R2A	TR211	Kızılımsı	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Filament
R2A	TR212	Koyu krem	Düzgün kenar- Mukoid, opak	Gr (+)	Uzun çomak
R2A	TR221	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Uzun çomak
R2A	TR222	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Büyük kok

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
R2A	TR224	Krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Çomak
R2A	TR311	Krem	Tırtıklı kenar- Mat, Opak	Gr (+)	Büyük kok, kümelenmiş
R2A	TR312	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
R2A	TR313	Turuncumsu	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Çomak
R2A	TR315	Sarı	Düzgün kenar- Parlak, şeffaf	Gr (+)	İnce çomak
R2A	TR316	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çok küçük kok
R2A	TR321	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
R2A	TR322	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
R2A	TR323	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	İnce çomak
R2A	TR324	Açık sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kok
R2A	TR325	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kısa çomak
R2A	TR411	Beyaz	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil
R2A	TR412	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid, parlak	Gr (+)	Kokobasil
R2A	TR413	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	Uzun, saç şeklinde çomak
R2A	TR414	Koyu krem	Düzgün kenar- Mukoid, opak	Gr (+)	Uzun, saçak şeklinde çomak
R2A	TR415	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Uzun, ince çomak
R2A	TR416	Koyu krem	Düzgün kenar	Gr (+)	Uzun filament
R2A	TR417	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
R2A	TR421	Açık sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	İnce, uzun filament
R2A	TR422	Pembe	Düzgün kenar- Mat, Mukoid	Gr (+)	Uzun çomak
R2A	TR423	Beyazımsı /sarımtrak	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kok
R2A	TR424	Beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
R2A	TR425	Sarı	Işınsal kenar- Mukoid, şeffaf	Gr (+)	Kokobasil
R2A	TR426	Beyaz	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
R2A	TR427	Koyu krem	Düzgün kenar- Mat, Opak	Gr (+)	Uzun filament
R2A	TR428	Krem	Düzgün kenar- Mat, Opak	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak
R2A	TR511	Krem	Düzgün kenar- Mukoid, Mat	Gr (+)	İnce, uzun filament
R2A	TR521	Krem	Düzgün kenar- Mukoid, Opak	Gr (+)	Çubuk şeklinde çomak
R2A	TR522	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	İnce, kısa çomak
R2A	3TR411	Turuncumsu	Düzgün eliptik kenar- Mukoid	Gr (+)	Uzun çomak
R2A	3TR416	Turuncumsu	Düzgün kenar	Gr (+)	Uzun filament
R2A	3TR311	Açık sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kokobasil
R2A	3TR312	Pembemsi	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
R2A	3TR313	Açık pembe /beyazımsı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Çomak
R2A	3TR314	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (-)	Kokobasil
R2A	3TR211	Renksiz	Dağınık eliptik kenar- Şeffaf	Gr (+)	Büyük çomak

Tablo 4.3 (devam): Toprak örneğinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli
		Renk	Şekil / Koloni Görünümü		
R2A	3TR212	Beyaz	Düzgün kenar- Mukoid, Mat, Opak	Gr (+)	Uzun çomak
R2A	3TR213	Beyaz / Krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Çomak
R2A	3TR214	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, Parlak	Gr (+)	Kokobasil
R2A	3TR215	Koyu krem	Dağınık kenar- Mukoid	Gr (+)	Uzun çomak
R2A	3TR111	Krem	Düzgün kenar- Opak, mat	Gr (+)	Uzun, tombul çomak
R2A	3TR112	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kokobasil

Toprak ve su örneklerinden izole edilen bakterilere ait Gram boyanma yüzdeleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4: Toprak ve su örneklerine ait Gram özellikleri (%).

İzolasyon Noktaları	Gram (+)	Gram (-)	Gram (+) Sporlu
Toprak	93.9	0.5	5.5
Su	83.1	1.4	14.8

4.2.3 Mağara Yüzey Örneklerinden İzole Edilen Bakterilerin Koloni ve Hücre Morfolojileri

Dupnisa Mağarası'ndaki 6 farklı yüzeyden izole edilen 336 adet farklı morfolojik özelliklere sahip izolatlara koloni ve hücre morfolojilerine ait özellikler Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT111	Beyazımsı, kenarlar bulutumsu	Düzgün kenar-Mat	Gr (+)	Taş görünümlü büyük kok	-	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT112	Beyazımsı, ortası sarımsı	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kokobasil	+	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT113	Sarı	Kenar hafif çıkıntılı -Şeffaf	Gr (+)	Kısa çomak	-	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT114	Yeşilimsi	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kısa çomak	+	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT115	Renksiz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	İnce, dağınık çomak	-	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT116	Açık sarı, kenarlar renksiz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Çomak	+	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT121	Renksiz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT122	Beyazımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	YT123	Mor	Düzensiz kenar-Şeffaf	Gr (+)	Uzun filament	-	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT111	Altın sarısı	Düzgün kenar-Şeffaf, Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT112	Krem	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT113	Pembemsi Krem	Bulutumsu kenar, dağınık-Mat	Gr (+)	Tombul kokobasil	Gelişim yok	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT114	Hafif sarımsı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Küçük kokobasil	-	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT115	Krem rengi	Dağınık kenar, şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT116	Kızıl	Düzgün kenar-Mat	Gr (+) Sporlu	Kıl şeklinde çomak	Gelişim yok	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT117	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	+	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT118	Sarı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	İplik şeklinde ince çomak	+	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT119	Beyazımsı /krem	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT119a	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	İnce çomak	-	-
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	3YT119b	Turuncumsu	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (-)	Uzun çomak	+	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	2YT121	Krem	Düzgün kenar-Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kokobasil	+	+
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	2YT122	Sarımsı, ortası daha koyu	Düzgün kenar, içi noktalar halinde	Gr (-)	İnce, kıl şeklinde çomak	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	1.Yüzey (Damlataşı)	2YT111	Beyaz	Tırtıklı kenar, içi dalgalı- Opak	Gr (+)	Çomak	-	-
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS111	Beyazımsı, ortası krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Uzun çomak	+	+
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS112	Pembemsi	Düzgün kenar- Mat	Gr (-)	Uzun, saç şeklinde filament	+	-
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS113	Krem	Düzensiz kenar- Parlak	Gr (-)	Kokobasil	+	-
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS114	Beyazımsı bulutumsu, ortası krem	Düzensiz kenar	Gr (+)	Kokobasil	+	+
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS115	Beyazımsı- renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (-)	Kısa çomak	+	-
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS121	Krem	Düzgün kenar- Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	+
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS122	Ortası krem, kenarlar şeffaf	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (-)	Kok	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS123	Krem	Düzgün kenar, ışınlı - Mat, opak	Gr (-)	Beşgen ya da altıgen şekilde kümeli	+	-
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS124	Krem	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	+	-
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS125	Ortası krem, kenarlar şeffaf	Düzensiz kenar	Gr (+)	Kokobasil	+	+
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS126	Krem	Düzgün kenar- Opak, mat	Gr (+)	Uzun filament	-	-
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS131	Krem	Işınsal kenar- Mat- opak	Gr (-)	Kokobasil	+	+
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS132	Krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+) Sporlu	Çomak	+	+
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS133	Krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (-)	Kok	+	+
SCA	1.Yüzey (Damlataşı)	YS134	Kenarlar beyazımsı ortası krem	Düzensiz kenar	Gr (+)	Çomak	+	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA111	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak	Gr (-)	Kok	+	+
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA112	Ortası koyu sarımsı beyazımsı koloni	Dağınık kenar	Gr (+)	Kokobasil	-	-
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA113	Beyazımsı, bulutumsu	Düzgün kenar	Gr (+)	Büyük kok	+	-
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA114	Renksiz	Şekilsiz- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	+	-
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA115	Sarı- Beyaz	Düzgün kenar-Opak	Gr (-)	Çomak	+	-
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA116	Renksiz	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kok	-	-
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA117	Açık sarı	Oval, düzgün kenar	Gr (+)	Kok	-	+
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA121	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (-)	Kok	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA122	Beyazımsı	Kenarı iğne şeklinde dallanmış- Opak	Gr (-)	Beşgen ya da altıgen kümeli	+	-
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA132	Beyazımsı	Dağınık kenar- Mukoid	Gr (-)	Kokobasil	+	+
AIA	1.Yüzey (Damlataşı)	YA133	Krem, bulutumsu	Düzensiz kenar- Mukoid	Gr (+)	Kok	-	-
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR111	Sarımsı	Düzgün kenar- Opak	Gr (-)	Kok	-	-
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR112	Beyaz	Düzgün kenar- Opak	Gr (-)	Kok	+	-
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR113	Mor	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak	Gelişim yok	-
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR114	Sarımsı	Düzgün kenar- Opak	Gr (-)	Kok	-	+
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR115	Sarı ve mor renkli bir alan(karışık)	Dağınık kenar, opak	Gr (-)	Kokobasil	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR116	Renksiz	Dağınık kenar, Şeffaf	Gr (+)	Kok	-	-
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR121	Sarı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (-)	Kokobasil	Gelişim yok	-
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR122	Beyaz	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kokobasil	-	+
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR123	Sarımsı	Düzgün kenar, Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	+
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	YR124	Beyaz	Kenarlar dallanmış, ortası opak	Gr (-)	Kokobasil	+	+
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	2YR111	Beyaz	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kısa, tombul çomak	-	-
R2A	1.Yüzey (Damlataşı)	2YR112	Açık beyaz	Düzgün kenar	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT211	Ortası hafif sarı geneli renksiz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Tombul kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT212	Sarımsı	Pütürlü kenar-Şeffaf	Gr (+)	İnce çomak	-	+
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT213	Şeffaf Beyaz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT214	Yeşilimsi	Yayılmış düzensiz kenar-Opak	Gr (+)	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT215	Pembemsi	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Uzun filament	-	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT221	Sarı- Orta kısım koyu	Kalker görünümlü kenar-Opak	Gr (+)	Uzun filament	-	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT222	Beyazımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Dağınık tombul çomak	Gelişim yok	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT223	Beyazımsı	Yayılmış düzensiz kenar-Şeffaf	Gr (+)	Uzun çubuk çomak	-	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT224	Şeffaf sarı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (-)	İnce çomak	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT225	Sarımsı/ Beyazımsı- Ortası hafif sarı	Düzgün kenar	Gr (+) Sporlu	Çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT226	Beyazımsı/ Şeffaf	Düzgün kenar, pütürlü yapı- Opak	Gr (-)	Uzun, çubuk çomak	+	+
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT227	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak	-	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT228	Krem	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Çomak	-	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	YT229	Beyazımsı	Düzgün kenar, ortası dallı- Opak	Gr (+) Sporlu	Tombul kokobasil	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT211	Beyazımsı/Krem	Hafif ışınsal kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Uzun çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT212	Krem	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT213	Krem	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (-)	Kokobasil	+	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT214	Krem	Düzgün kenar- Parlak,Şeffaf	Gr (+)	Uzun çomak	-	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT215	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (-)	İnce, kısa çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT216	Krem	Hafif ışınsal kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Çomak	-	+
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT217	Krem	Düzgün kenar- Parlak, Mukoid	Gr (-)	Tombul çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT218	Krem	Tırtıklı kenar- Mat	Gr (+)	Uzun çomak	+	+
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	3YT219	Parlak sarımsı	Dağınık kenar, şeffaf	Gr (-)	Kok	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	2YT241	Krem	Hafif tırtıklı kenar- içi halka yapıda- Opak	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	2.Yüzey (Damlataşı)	2YT242	Beyazımsı	Düzgün kenar, dışında halka yapısı mevcut	Gr (+)	Çomak	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	2.Yüzey (Damlataşı)	YS211	Krem, ortası nokta şeklinde kızıl	Düzgün kenar	Gr (-)	Kokobasil	+	-
SCA	2.Yüzey (Damlataşı)	YS212	Krem	Düzgün kenar- Opak, mat	Gr (+)	Uzun filament	-	-
SCA	2.Yüzey (Damlataşı)	YS212	Koyu sarı	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Uzun filament	-	-
SCA	2.Yüzey (Damlataşı)	YS221	Sarı	Düzgün kenar- Mukoid	Gr (+)	Küçük kok	-	+
SCA	2.Yüzey (Damlataşı)	YS222	Sarımsı	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Çok uzun tombul çomak	+	-
SCA	2.Yüzey (Damlataşı)	YS223	Pembemsi	Düzgün kenar- Mukoid, mat	Gr (+)	Küçük kok	-	+
AIA	2.Yüzey (Damlataşı)	YA211	Krem	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+) Sporlu	Spiral şeklinde çomak	+	+
AIA	2.Yüzey (Damlataşı)	YA212	Krem	Düzgün kenar, içi halka şeklinde- Parlak, Şeffaf	Gr (-)	Kok	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
AIA	2.Yüzey (Damlataşı)	YA221	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	İnce filament	-	-
AIA	2.Yüzey (Damlataşı)	YA222	Krem	Düzgün kenar-Mat	Gr (+)	Çomak	+	+
AIA	2.Yüzey (Damlataşı)	YA231	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	-	-
AIA	2.Yüzey (Damlataşı)	YA232	Krem, kenarlar beyazımsı	Düzgün kenar-Mat	Gr (+)	Filament	+	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR211	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kok	+	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR212	Beyaz	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Uzun çomak	Gelişim yok	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR213	Beyazımsı /Gri	Çıkıntılı kenar, Opak	Gr (+)	Kısa, tombul çomak	+	+
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR214	Beyazımsı	Düzgün kenar-Mat	Gr (+)	Uzun filament	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR215	Renksiz, Şeffaf	Bir arada bulunan koloniler	Gr (-)	Kokobasil	+	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR216	Beyazımsı	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	+
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR217	Sarımsı	Düzgün kenar, Elips, Şeffaf, Parlak	Gr (+)	Kısa çomak	-	+
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR218	Kenarlar beyazımsı, ortası krem rengi	Düzgün kenar	Gr (+)	Kısa, tombul çomak	+	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR221	Sarımsı	Düzgün kenar, Parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR222	Sarı	Düzgün kenar, Şeffaf, Parlak	Gr (-)	Kokobasil	+	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR223	Sarımsı	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Filament	-	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR224	Koyu Sarı	Hafif tırtıklı kenar- Opak	Gr (+)	Çomak	Gelişim yok	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR225	Krem	Düzgün kenar-Opak	Gr (+) Sporlu	Çomak	-	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR226	Koyu Sarı	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Filament	-	+
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR227	Ortası koyu beyazımsı, kenarlar şeffaf renksiz	Düzgün kenar	Gr (+)	Çomak	+	+
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR228	Kızılımsı Kahverengi, kenarlar bir ton daha açık	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kok	+	+
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR229	Kızılımsı Kahverengi	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Uzun filament	-	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR229a	Beyazımsı	Tırtıklı kenar-Opak, Mat	Gr (+) Sporlu	Kok	-	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR229b	Ortası kırmızımsı kahve, kenarlar beyazımsı	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	İnce, uzun filament	-	+
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR229c	Renksiz, Şeffaf	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kok	-	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR229d	Beyazımsı	Kenarlar belirgin değil- Opak, Mat	Gr (+)*	Kokobasil	+	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR229e	Pembemsi	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	-
R2A	2.Yüzey (Damlataşı)	YR229f	Beyaz	Düzgün kenar- Opak ve mat	Gr (+)	Uzun çomak	-	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT311	Beyazımsı	Saçak- Opak	Gr (-)	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT312	Beyaz	Düzgün kenar, ortada halka yapı - Opak	Gr (+)	Uzun, tombul çomak	+	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT313	Yeşilimsi	Dağınık ve şekilsiz kenar	Gr (-)	Tombul Çomak	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT314	Beyazımsı	Çıkıntılı kenar- Opak	Gr (+)	Tombul çomak	-	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT315	Sarımsı, orta kısım daha koyu	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Tombul kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT316	Beyaz- sarımsı	Pütürlü kenar- şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT318	Sarı	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun, kıl şeklinde çomak	-	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT321	Beyazımsı	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Uzun, tombul çomak	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT322	Yeşilimsi	Düzensiz kenar- Opak	Gr (-)	Kısa, tombul çomak	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT323	Beyazımsı	Filament - Opak	Gr (+)	Çomak	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT324	Yeşilimsi	Düzgün olmayan şekil- Opak	Gr (-)	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT325	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	YT326	Yeşilimsi	Düzgün olmayan şekil- Opak	Gr (+)	Tombul çomak	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	3YT311	Sarımsı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (-)	Kokobasil	+	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	3YT312	Beyazımsı / Krem	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (-)	Kok	+	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	3YT313	Beyazımsı	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Tombul çomak	Gelişim yok	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	3YT314	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YT311	Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YT331	Sarımsı / Krem, ortası koyu	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Uzun filament	Gelişim yok	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YT332	Krem / Sarımsı	Hafif tırtıklı kenar- ortası halka yapıda- Şeffaf	Gr (+)	Çomak	+	+
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YT342	Renksiz	Düzgün kenar- şeffaf	Gr (-)	Kıl şeklinde kısa çomak	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YT341	Krem / Sarımsı	Düzgün kenar-şeffaf	Gr (-)	Kısa çomak	+	-
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YS341	Sarımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (-)	İnce çomak	+	-
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YS311	Sarımsı	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	Tombul kok	+	-
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	YS311	Krem, ortası koyu	Dağınık kenar, para biçiminde yassı	Gr (+)	Kısa çomak	-	-
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	YS312	Krem, ortası koyu sarı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (-)	Kokobasil	+	-
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	YS314	Koyu sarı	Tırtıklı Kenar-Opak, mat	Gr (+)	Kokobasil	+	+
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	YS315	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (-)	Kokobasil	+	+
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	YS331	Sarı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Küçük kok	+	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	3.Yüzey (Sarkıt)	YS332	Krem, ortası koyu	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	-	+
AIA	3.Yüzey (Sarkıt)	YA311	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf, parlak	Gr (+)	Dağınık kokobasil	-	-
AIA	3.Yüzey (Sarkıt)	YA312	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kıl şeklinde çomak	+	+
AIA	3.Yüzey (Sarkıt)	YA313	Pembemsi krem	Düzgün kenar-Mat	Gr (+)	İnce, uzun filament	-	-
AIA	3.Yüzey (Sarkıt)	YA321	Sarımsı krem	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kok	-	-
AIA	3.Yüzey (Sarkıt)	YA322	Krem / sarı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (-)	Kok	+	+
AIA	3.Yüzey (Sarkıt)	2YA311	Sarımsı	Düzgün kenar, içi halka şeklinde - Şeffaf	Gr (-)	Kısa çomak	+	+
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR311	Krem / Pembemsi	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kısa çomak	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR312	Beyazımsı	Düzgün kenar-Mat	Gr (-)	Filament	+	+
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR313	Kenarları beyazımsı ortası koyu krem, kenarlar açık renk	Düzgün kenar	Gr (+)	Uzun filament	+	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR314	Renksiz	Düzgün kenar, Elips - Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR315	Beyazımsı	Saçak şeklinde	Gr (+)	Uzun, tombul çomak	-	+
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR316	Beyazımsı, kenarlar şeffaf	Düzgün kenar	Gr (+)	Kok, boncuk şeklinde	-	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR317	Ortası sarımsı, kenarlar şeffaf renk	Düzgün kenar	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR318	Krem rengi	Tırtıklı kenar-Opak	Gr (+) Sporlu	Çomak	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR319	Beyazımsı, ortası daha koyu beyaz	Düzensiz kenar	Gr (+) Sporlu	Kok	+	+
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR321	Parlak sarı	Düzgün kenar, Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	+
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR322	Beyazımsı / Krem	Tırtıklı kenar, Opak	Gr (+)	Kalın çomak	-	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR323	Beyazımsı	Filament	Gr (+) Sporlu	Tombul çomak	+	+
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR324	Sarı	Dağınık kenar	Gr (+)	Uzun çomak	-	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR325	Beyazımsı	Saçak şeklinde, Opak	Gr (+)	Tombul çomak	+	+
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR326	Parlak Sarımsı	Düzgün kenar, Şeffaf	Gr (+)	Kok	Gelişim yok	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	YR327	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak	Gr (-)	Uzun, boğumlu çomak	+	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	2YR331	Sarı /krem	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	3.Yüzey (Sarkıt)	2YR311	Bulutumsu beyaz	Hafif çıkıntılı kenar, koloni ortası yuvarlak-Mukoid	Gr (+)	Kısa, tombul çomak	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT411	Beyazımsı	Kısmen düzgün kenar, kenarlar şeffaf-Opak	Gr (+) Sporlu	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT412	Beyaz	Düzensiz kenar-Opak	Gr (+)	Uzun, tombul çomak	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT413	Beyaz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Çubuk şeklinde çomak	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT414	Beyaz (ortası kenarlara göre daha koyu)	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kısa çomak	-	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT415	Yeşilimsi	Düzgün kenar-Opak	Gr (-)	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT416	Beyazımsı	Düzgün kenar-ortası koyu ve opak iken kenarlar şeffaf	Gr (+)	İnce, kısa çomak	Gelişim yok	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT421	Beyaz	Dağınık kenar- Opak	Gr (+) Sporlu	Kalın çomak	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT422	Beyaz	Saçak- Opak	Gr (-)	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT423	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Tombul kokobasil	-	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	YT424	Beyazımsı (ortası daha koyu)	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT411	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT412	Beyaz	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (-)	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT413	Renksiz	Düzgün kenar- Noktalar şeklinde çember halinde	Gr (+)	Kokobasil	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT414	Renksiz	Düzgün kenar- İçi noktalar şeklinde, Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT415	Beyazımsı	Düzgün kenar, tırtıklı- Opak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT416	Beyaz	Düzgün kenar	Gr (+)	Küme halinde, kok	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT417	Sarı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Uzun filament	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT418	Beyaz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT419	Krem	Düzgün kenar- Mukoid, Şeffaf	Gr (+)	Uzun çomak	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT419a	Sarı	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Kokobasil	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT419b	Beyaz	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Uzun çomak	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	3YT419c	Beyaz	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	2YT411	Krem	Bulutumsu kenar- Opak, Mat	Gr (+)	Uzun tombul çomak	-	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	2YT412	Sarımsı	Düzgün kenar- Parlak, Mukoid	Gr (+)	Uzun çomak	+	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	2YT441	Krem	Düzgün kenar- Parlak, Mukoid	Gr (-)	Tombul kok	+	+
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	2YT421	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Uzun, ince çomak	-	-
1/2 TSA	4.Yüzey (Akmataşı)	2YT422	Krem, ortası koyu kenarlar şeffaf	Bulutumsu kenar- Şeffaf	Gr (-)	Tombul kokobasil	+	-
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	2YS411	Krem	Tırtıklı kenar- Mat, opak	Gr (+)	Tombul, uzun sıralı çomak	+	+
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	2YS412	Krem	Düzgün kenar- Mukoid, opak	Gr (+)	Tombul, dağınık çomak	+	+
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS431	Krem	Düzgün kenar	Gr (+)	Kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS432	Koyu sarı	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (-)	Kokobasil	+	+
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS433	Beyazımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (-)	Kokobasil	+	+
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS434	Beyazımsı, içi pütürlü	Düzgün kenar	Gr (+)	Kokobasil	-	-
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS435	Krem	Düzgün kenar-Opak	Gr (-)	Uzun, saç şeklinde filament	+	-
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS436	Krem	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (-)	Kokobasil	+	-
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS437	Koyu krem	Dağınık kenar-Mat, Opak	Gr (+)	İnce, uzun filament	+	-
SCA	4.Yüzey (Akmataşı)	YS411	Pembemsi	Dağınık kenar-Mat, Opak	Gr (+)	Çok uzun tombul çomak	+	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA411	Sarımsı, ortası düğme şeklinde sarı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA412	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA413	Ortası krem kenarlar beyazımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+) Sporlu	Kok	+	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA414	Kenarlar beyaz ortası krem	Düzgün kenar	Gr (-)	Kokobasil	+	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA415	Renksiz, şeffaf	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil	+	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA416	Krem, ortası kızıl renkli nokta	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	Uzun filament	-	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA421	Sarımsı	Düzgün kenar-İçi halka şeklinde, şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA431	Beyaz / Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (-)	Kokobasil	+	-
AIA	4.Yüzey (Akmataşı)	YA432	Krem	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	Filament	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR411	Beyazımsı	Işın kenarlı-Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR412	Beyazımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR413	Pembemsi	Düzgün kenar-Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR414	Renksiz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR421	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR422	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR423	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	YR424	Beyazımsı	Dalgalı kenarlı, halkalı - Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	2YR411	Beyazımsı	Düzgün kenar-Parlak, şeffaf	Gr (+)	Kalın, uzun çomak	-	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	2YR412	Beyaz	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (-)	Büyük tombul kok	+	-
R2A	4.Yüzey (Akmataşı)	2YR413	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	İnce, uzunumsu çomak	+	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT511	Beyaz	İnce filament-Opak, Sert	Gr (+)	Tombul çomak	+	+
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT512	Beyaz	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT513	Beyaz	Dağınık kenar-Opak	Gr (+)	Çomak	+	+
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT514	Beyaz	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT521	Beyazımsı	Düzgün kenar-Parlak şeffaf	Gr (-)	Kok	+	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT522	Beyazımsı	Şekilsiz ve dağınık kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT523	Beyaz, kenarları şeffaf	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Çomak	+	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT524	Renksiz	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT525	Renksiz	Düzgün kenar-Parlak şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	YT526	Beyazımsı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	3YT511	Parlak Sarı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	3YT512	Beyaz	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Uzun çomak	+	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	3YT513	Sarımsı	Dağınık kenar-Mukoid	Gr (+)	Çomak	Gelişim yok	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	3YT514	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+) Sporlu	Çomak	+	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	3YT515	Açık sarı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Tombul kokobasil	Gelişim yok	+
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	3YT516	Parlak Sarı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	5.Yüzey (Damlataşı)	2YT511	Krem	Dallı kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kısa, tombul çomak	+	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	2YS511	Krem	Düzgün kenar-Parlak, şeffaf	Gr (-)	Kısa çomak	+	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS511	Krem	Düzgün kenar-Mukoid, opak	Gr (-)	Tombul Kok	+	+
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS512	Sarı	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS513	Krem, ortası daha koyu	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	-	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS514	Krem, ortası daha koyu sarımsı	Tırtıklı kenar-Mukoid	Gr (-)	Kısa çomak	+	+
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS515	Krem	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	Uzun filament	+	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS516	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kısa çomak	-	+
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS521	Sarımsı	Dağınık kenar-Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS522	Krem	Tırtıklı kenar-Mukoid	Gr (-)	Kokobasil	+	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS523	Koyu Krem	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	İnce, uzun filament	+	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS524	Açık krem rengi	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kısa çomak	-	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS531	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS532	Sarımsı	Işınsal kenar- Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS533	Koyu krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Yumurta şeklinde büyük kok	+	-
SCA	5.Yüzey (Damlataşı)	YS534	Koyu krem / Kahve rengi	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Uzun filament	-	+
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA511	Renksiz	Düzgün kenar- Parlak	Gr (-)	Kok	+	+
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA512	Beyazımsı	Bulutumsu kenar- Opak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA513	Renksiz	Düzgün kenar- Parlak	Gr (+)	Çomak	+	-
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA521	Krem, ortası nokta şeklinde bombeli beyaz	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Uzun filament	+	+
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA522	Sarı	Düzgün kenar, ortası halka şeklinde- Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA523	Beyazımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA524	Kahverengimsi, ortası kızıl nokta	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Uzun filament	+	+
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA525	Sarımsı	Düzgün kenar-Parlak, şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA526	Krem, kenarlar beyaz	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (-)	Uzun filament	+	-
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA531	Kahverengimsi, ortası kızıl nokta	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Uzun çomak	-	-
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA532	Ortası krem, kenarlar beyaz	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	Filament	-	+
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA533	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+) Sporlu	Kokobasil	-	-
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA534	Beyazımsı	Dağınık kenar	Gr (-)	Kokobasil	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
AIA	5.Yüzey (Damlataşı)	YA535	Sarımsı	Düzgün ışınlı kenar, içi halka şeklinde- Parlak, Şeffaf	Gr (-)	Kok	+	-
R2A	5.Yüzey (Damlataşı)	YR511	Parlak Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Kısa çomak	+	-
R2A	5.Yüzey (Damlataşı)	YR512	Beyazımsı	Şekilsiz kenar, Opak, Mat	Gr (+)	Kısa, tombul çomak	-	+
R2A	5.Yüzey (Damlataşı)	YR513	Beyazımsı	Düzgün kenar- Opak, Mat	Gr (-)	Kok	+	-
R2A	5.Yüzey (Damlataşı)	2YR511	Krem	Dallı kenar- Opak, mat	Gr (+) Sporlu	Uzun, kalın çomak	+	-
R2A	5.Yüzey (Damlataşı)	2YR512	Krem	Düzgün kenar- Mat, Opak	Gr (+) Sporlu	Uzun, kalın çomak	+	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT611	Sarı	Düzgün kenar- Opak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT612	Sarı (Kenar şeffaf, ortası koyu)	Dağınık kenar	Gr (+)	Kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT613	Beyazsımsı (Kenar şeffaf, ortası koyu)	Halka görünümlü kenar	Gr (-)	Kokobasil	+	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT614	Beyazımsı	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kok	-	+
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT615	Beyazımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT616	Beyaz	Düzgün kenar-Opak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT617	Beyazımsı	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT618	Renksiz	Düzgün kenar-Parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT619	Beyazımsı	Şekilsiz kenar-Opak	Gr (-)	Çomak	+	+
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT619a	Beyazımsı	Şekilsiz kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kok	Gelişim yok	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT619b	Koyu beyaz	Şekilsiz kenar-Mukoid	Gr (+)	Kokobasil	Gelişim yok	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	YT619c	Koyu sarı	Düzensiz kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	2YT611	Krem	Düzgün kenar-Mat, opak	Gr (+)	Tombul kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	2YT612	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Tombul kokobasil	-	-
1/2 TSA	6.Yüzey (Dikit)	2YT621	Altın sarısı	Düzgün kenar-Parlak, Mukoid	Gr (+)	Tombul kokobasil	-	-
SCA	6.Yüzey (Dikit)	2YS611	Krem	Düzgün kenar-Mukoid, parlak	Gr (+)	Kısa çomak	-	-
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS631	Koyu krem	Dağınık kenar-Mat	Gr (+)	Uzun filament	-	+
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS621	Sarımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Tombul kokobasil	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS622	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf, Parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	+
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS623	Pembemsi	Düzgün kenar	Gr (+)	Uzun filament	+	-
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS624	Krem	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kısa çomak	-	-
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS625	Krem, ortası koyu renk	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	Kısa çomak	-	+
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS626	Krem	Dağınık kenar-Mukoid	Gr (-)	Kısa çomak	+	+
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS611	Krem	Dağınık kenar-Mukoid	Gr (+)	İnce, saç şeklinde filament	-	-
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS612	Krem /sarımsı	Düzgün kenar-Mukoid	Gr (+)	İnce, saç şeklinde, iç içe geçmiş filament	+	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
SCA	6.Yüzey (Dikit)	YS613	Koyu krem	Düzgün kenar- Mat, opak	Gr (+)	Kokobasil	+	+
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA611	Sarımsı	Düzgün kenar, içi halka şeklinde- Şeffaf	Gr (+) Sporlu	Kokobasil	-	-
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA612	Krem	Düzgün kenar, kenarlar beyaz- Opak, mat	Gr (+)	Çomak	-	+
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA613	Sarımsı	Düzgün kenar- en dışta parlak halka- şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	+
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA614	Beyazımsı	Düzgün kenar- Şeffaf	Gr (+)	Çomak	+	-
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA621	Krem	Hafif dağınık kenar, mukoid	Gr (-)	Çomak	+	-
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA622	Krem	Düzgün kenar, kenarlar beyaz- Opak, mat	Gr (+)	Çomak	-	-

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA623	Beyazımsı, ortası krem	Dağınık kenar-Şeffaf	Gr (+)	Çomak	+	+
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA631	Sarımsı	Düzgün kenar-Şeffaf, parlak	Gr (+)	Çomak	+	-
AIA	6.Yüzey (Dikit)	YA632	Sarımsı	Düzgün kenar-Parlak, şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	+	+
AIA	6.Yüzey (Dikit)	2YA611	Krem, orta koyu	Düzgün kenar	Gr (-)	Çomak	+	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR611	Beyazımsı	Düzgün kenar-Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR612	Krem Rengi	Düzgün kenar-Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR613	Beyaz	Düzgün kenar-Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kokobasil	-	-

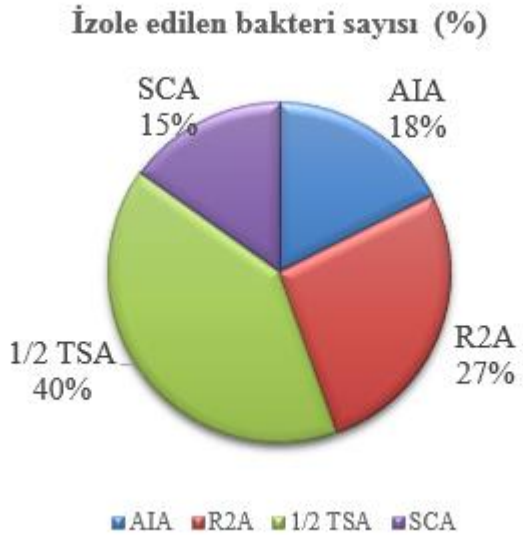
Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR614	Beyazımsı	Dağınık kenarlı, Opak, Mat	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR615	Parlak Beyazımsı	Düzgün Kenarlı, eliptik- Şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR621	Beyazımsı, ortası krem daha ortada beyaz nokta şeklinde	Düzgün kenar- Mat	Gr (-)	Kok, boncuk şeklinde	+	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR622	Renksiz	Düzgün kenar- Şeffaf, parlak	Gr (+)	Kısa çomak	Gelişim yok	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR623	Krem / Beyaz	Keskin özellikte düzgün kenarlı, Opak, Mat	Gr (+) Sporlu	Uzun filament	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR624	Krem / Beyaz	Düzgün kenar- Hafif parlak	Gr (+)	Uzun, tombul çomak	+	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR625	Şeffaf Beyaz	Şekilsiz kenar, Parlak	Gr (-)	Kok	+	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	YR626	Şeffaf Beyazımsı	Eliptik füzgün kenar, içi pütürlü	Gr (+)	İnce çomak	-	+

Tablo 4.5 (devam): Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin koloni ve hücre morfolojileri.

Besiyeri	Yüzey	Bakteri (İzolat kodu)	Koloni Morfolojisi		Gram Özelliği	Hücre Şekli	Kristal Üretme Yeteneği	Üreaz Varlığı
			Renk	Şekil				
R2A	6.Yüzey (Dikit)	2YR611	Sarı	Dalgalı kenar-Parlak, Şeffaf	Gr (+)	İnce, kıl şeklinde çomak	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	2YR612	Koyu krem	Düzgün kenar-Mat	Gr (-)	Kok	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	2YR613	Sarı	Düzgün kenar, içi halka yapıda - Parlak	Gr (+)	İnce, kıl şeklinde çomak	-	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	2YR621	Açık sarı	Düzgün kenar, içi halka yapıda-Parlak, şeffaf	Gr (+)	Kokobasil	-	+
R2A	6.Yüzey (Dikit)	2YR622	Sarımsı	Düzgün kenar-Parlak, Şeffaf	Gr (-)	Kokobasil	+	-
R2A	6.Yüzey (Dikit)	2YR623	Krem	Düzgün kenar-Parlak, mukoid	Gr (+) Sporlu	Çomak	-	-

Dupnisa Mağarası'ndan alınan 6 farklı yüzey örneği 4 farklı besiyerine ekim yapılmıştır. İzole edilen birbirinden farklı kolonilerin besiyerlerine göre izolasyon oranları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin besiyerlerine göre izolasyon oranları.

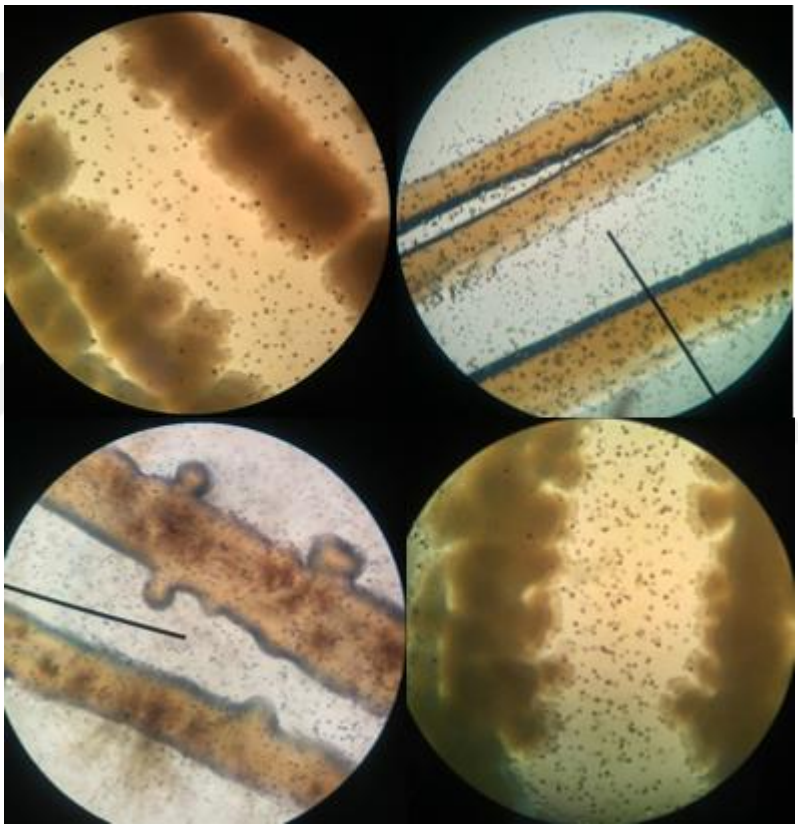
Dupnisa Mağarası yüzey örneklerine ait Gram boyama sonuçlarına göre 230 bakteri Gram (+) özellik gösterirken, 85 bakteri Gram (-) özellik göstermiştir. 21 adet bakteri ise spor oluşturan Gram (+) özelliktedir. Her bir yüzey için Gram özellikleri yüzdeleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Tüm yüzey örneklerinden elde edilen bakterilerin %67.3'ü üreaz (-), %32.7'si üreaz (+) özellik göstermiştir.

Tablo 4.6: Mağara yüzey örneklerine ait Gram ve üreaz özellikleri.

İzolasyon Noktaları	Gram ve Üreaz Özelliği %				
	Gram (+)	Gram (-)	Gram (+) Sporlu	Üreaz (+)	Üreaz (-)
1. Yüzey (Damlataşı)	62.3	34.4	3.3	39.3	60.7
2. Yüzey (Damlataşı)	73.3	16.7	10	31.7	68.3
3. Yüzey (Sarkıt)	66.7	27.7	5.6	44.4	55.6
4. Yüzey (Akmataşı)	68.4	26.3	5.3	24.6	75.4
5. Yüzey (Damlataşı)	68.8	31.4	7.8	29.4	70.6
6. Yüzey (Dikit)	77.6	16.8	5.6	26.4	73.6

4.3 MAĞARA YÜZEY ÖRNEKLERİNE AİT BAKTERİLERİN $CaCO_3$ ÜRETME YETENEKLERİNİN BELİRLENMESİ, ÜREAZ AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİLOGENETİK SINIFLANDIRMA

Mağara yüzeyinden izole edilen 336 izolat B4 besiyerlerine ekilmiş ve kristal üretip üretmedikleri ışık mikroskobu altında kontrol edilmiştir. Toplam 336 farklı izolattan 176 tanesinin kristal ürettiği görülmüştür. Kristal üretmeyen izolat sayısı 138 iken, besiyerinde gelişme göstermeyen izolat sayısı 22 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.5). B4 besiyerine ekilen bakterilerin oluşturduğu kristal yapılardan bazıları Şekil 4.2'te gösterilmiştir.

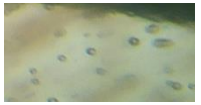
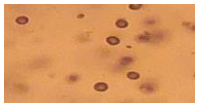
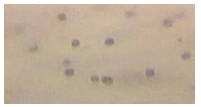
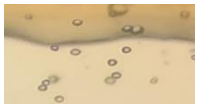
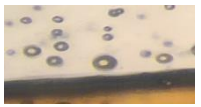
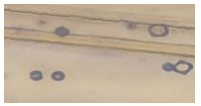


Şekil 4.2: Yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin oluşturdukları kristal yapıların ışık mikroskobu altındaki görüntüleri (4x büyütme).

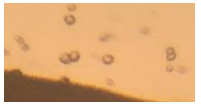
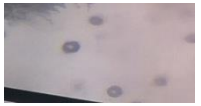
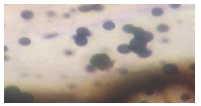
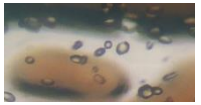
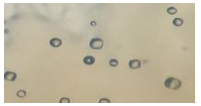
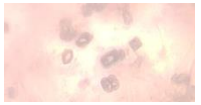
4.3.1 Yüzey Örneklerinden Elde Edilen Bakterilerin Kristal Özellikleri ve Filogenetik Yakınlıkları

Mağara yüzey örneklerine ait dizi analizi sonuçlarına göre birbirinden farklı 54 bakteri türü tespit edilmiştir. Yüzeylerden izole edilen ve kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

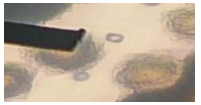
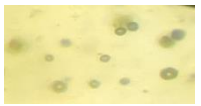
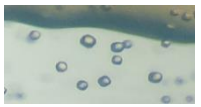
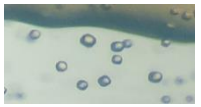
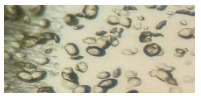
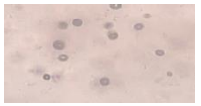
Tablo 4.7: Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YA132	1.Yüzey (Damlataşı)	*Achromobacter pestifer* strain LMG 3431 (NR_152016.1)	99.0	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	3		Küçük küre	+
YA111	1.Yüzey (Damlataşı)	*Klebsiella oxytoca* strain CBREL (KF303807.1)	99.5	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük küre	+
3YT117	1.Yüzey (Damlataşı)	*Staphylococcus cohnii* strain RCB1038 (KT261250.1)	99.9	*Firmicutes*	*Bacilli*	7		Küçük küre	-
YS123	1.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas sp.* 6A (DQ417331.1)	94.7	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Kırık Pirinç	-
2YT122	1.Yüzey (Damlataşı)	*Brevundimonas sp.* H203 (HQ622540.1)	99.3	*Proteobacteria*	*α- proteobacteria*	1		Küçük küre	-
YS132	1.Yüzey (Damlataşı)	*Alcaligenes sp.* J12 (DQ307029.1)	97.3	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	2		Büyük küre	+
YS115	1.Yüzey (Damlataşı)	*Achromobacter sp.* PD 20 (DQ377761.1)	98.9	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	1		Küçük küre ve kareler	-

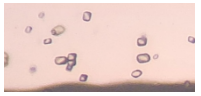
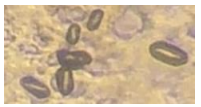
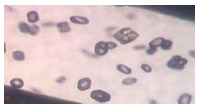
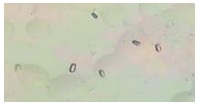
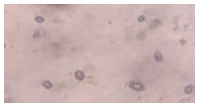
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
3YT119b	1.Yüzey (Damlataşı)	*Acinetobacter schindleri* strain T4 (KP314272.1)	100.0	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küre	+
YS131	1.Yüzey (Damlataşı)	*Lelliottia amnigena* strain Lmb019 (KT986089.1)	99.2	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küçük küre	+
3YT115	1.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus safensis* strain Md1-35 (MF581441.1)	98.6	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Kapsül	-
YA115	1.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas sp.* strain LJL3 (MG833329.1)	98.5	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	7		Büyük küre	-
YA121	1.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas azotoformans* strain WXCDD51 (KX762048.1)	93.9	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Oval büyük	-
YR124	1.Yüzey (Damlataşı)	*Variovorax sp*. strain Beta-43 (MH698893.1)	98.1	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	1		Küçük küre	+
YA122	1.Yüzey (Damlataşı)	*Lelliottia amnigena* strain FB96 (MH620752.1)	90.7	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Eliptik	-

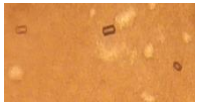
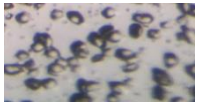
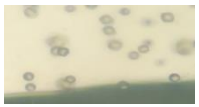
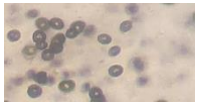
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YS113	1.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia grimesii* strain DSQ3 (HM217122.1)	97.7	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küçük Küre	-
YS112	1.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas granadensis* strain PF29 (MF838687.1)	99.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Küçük Kare	-
YS122	1.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia grimesii* strain DSQ3 (HM217122.1)	98.0	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük Küre	-
2YT121	1.Yüzey (Damlataşı)	Bacterium strain BS0593 (MK823781.1)	99.8	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	3		Büyük küre	+
YR115	1.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia grimesii* strain DSQ3 (HM217122.1)	97.9	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Büyük küre	+
YT112	1.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus sp.* DB38(2010) (HM566920.1)	88.8	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		Kapsül	+
YR112	1.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia proteamaculans* 568 (CP000826.1)	99.4	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük küre	-

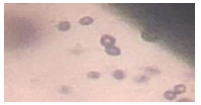
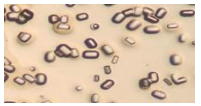
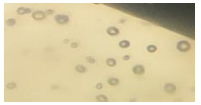
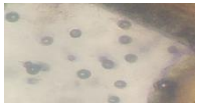
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YT122	1.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas poae* strain ESR6 (MN173419.1)	81.0	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küre	-
YT116	1.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus pumilus* strain R245 (KY807996.1)	92.1	*Firmicutes*	*Bacilli*	3		Dikdörtgen	+
YT114	1.Yüzey (Damlataşı)	*Viridibacillus arenosi* strain B-21 *(KJ671467)*	97.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Kapsül	+
YS133	1.Yüzey (Damlataşı)	*Lelliottia sp.* strain Gamma-59 (MH703490.1)	95.3	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	7		Altıgen, dörtgen prizma	+
YA232	2.Yüzey (Damlataşı)	*Streptomyces sp*. MV14 (FJ154606.1)	97.1	*Actinobacteria*	*Actinobacteria*	5		Elipsoidal	-
YR215	2.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas sp*. Era6 (JQ977151.1)	99.2	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	14		İnce uzun dörtgen	-
YR229d	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus sp*. SGE18(2010) (HM566704.1)	99.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Küçük pirinç kırığı	-

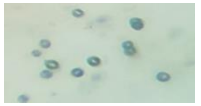
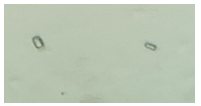
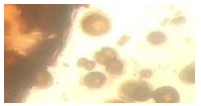
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YT225	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus zhangzhouensis* strain D10302 (MK070088.1)	98.9	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		İnce uzun çubuk	-
YR218	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain BPN401(CP031071.1)	97.8	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		Büyük küre	-
2YT241	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus cereus* strain DFT-5 16S (KY750689.1)	98.0	*Firmicutes*	*Bacilli*	3		Küre	-
YT213	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	98.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		İnce dikdörtgenler prizması	-
3YT215	2.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas putida* strain Atol3T (MN560132.1)	98.5	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Dörtgen prizma	-
YT224	2.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia grimesii* strain DSQ3 (HM217122.1)	97.3	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Küre, taş şeklinde	-
3YT217	2.Yüzey (Damlataşı)	*Brevundimonas sp*. U1369-101122-SW160 (JQ082144.1)	99.2	*Proteobacteria*	*α- proteobacteria*	14		İnce uzun dörtgen	-

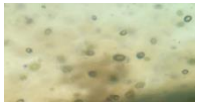
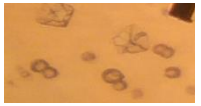
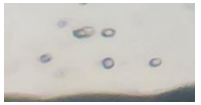
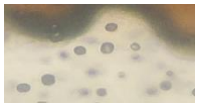
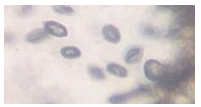
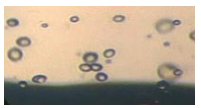
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YA211	2.Yüzey (Damlataşı)	*Carnobacterium maltaromaticum* strain PYCC 8218 (MN179346.1)	97.2	*Firmicutes*	*Bacilli*	2		Oval büyük	+
YR211	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacteria bacterium* strain VC-41 (MG545630.1)	99.3	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	3		Küçük küre	-
YR222	2.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas sp.* strain EvS-10 (MK371088.1)	99.5	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küçük eliptik	-
YR228	2.Yüzey (Damlataşı)	Bacterium strain BS0766 (MK823954.1)	99.2	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	14		Büyük, uzun dörtgen	+
YA212	2.Yüzey (Damlataşı)	*Achromobacter sp.* strain RATBA2 (MN055902.1)	99.6	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	3		Oval büyük	-
YR213	2.Yüzey (Damlataşı)	*Viridibacillus arvi* strain O27.1 (MN198089.1)	98.9	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Küçük küre	+
YR227	2.Yüzey (Damlataşı)	Bacterium strain BS0587 (MK823775.1)	98.8	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	2		Küçük küre	+

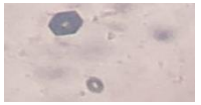
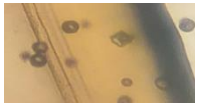
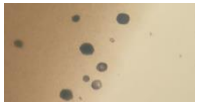
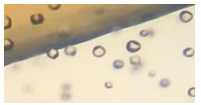
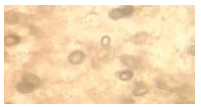
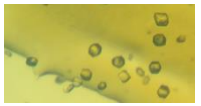
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YT214	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	99.0	*Firmicutes*	*Bacilli*	1		Altıgen, dörtgen prizma	+
YA222	2.Yüzey (Damlataşı)	*Bacterium sp*.b20A10-1 (DQ321634.1)	99.5	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	2		Oval büyük	+
YT226	2.Yüzey (Damlataşı)	*Brevundimonas sp*. TM2 (KC294108.1)	99.5	*Proteobacteria*	*α- proteobacteria*	7		İnce kırık pirinç	+
YS211	2.Yüzey (Damlataşı)	*Hafnia alvei* strain C10 (JF418158.1)	98.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	14		İnce, dikdörtgen çubuk	-
3YT213	2.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia sp*. 1D1416 (CP032738.1)	96.3	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	7		Dörtgen prizma	+
3YT219	2.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia sp*. 1D1416 (CP032738.1)	98.9	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	7		Küre, taş şeklinde	-
YR325	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	99.8	*Firmicutes*	*Bacilli*	3		Küçük küre	+

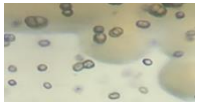
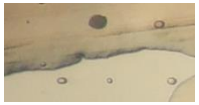
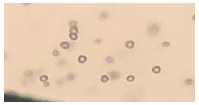
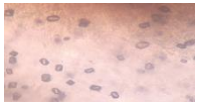
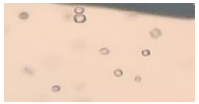
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
2YR311	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus pumilus* strain ZK1 (JQ773350.1)	96.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Küçük küre	-
2YT341	3.Yüzey (Sarkıt)	*Acinetobacter sp.* strain Ap6 (MH890513.1)	99.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Dörtgen prizma, küre	-
YA312	3.Yüzey (Sarkıt)	*Rhodococcus erythropolis* strain I-A-R-27 (KT922050.1)	97.9	*Actinobacteria*	*Actinobacteria*	2		Büyük küre	+
YS331	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus zhangzhouensis* strain D10302 (MK070088.1)	99.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	2		Büyük küre	+
YR323	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus sp.* SGE92(2010) (HM566795.1)	99.8	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Eliptik	+
YA322	3.Yüzey (Sarkıt)	*Acinetobacter sp.* C1(2013) (KF590559.1)	99.7	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küçük küre, diploid	+
2YT342	3.Yüzey (Sarkıt)	*Brevundimonas diminuta* strain 264AG7 (KF836539.1)	98.2	*Proteobacteria*	*α- proteobacteria*	3		Büyük küre	-

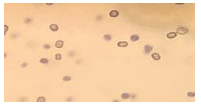
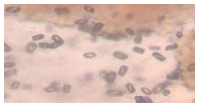
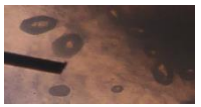
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YR327	3.Yüzey (Sarkıt)	*Lelliottia amnigena* strain A3sh83 (MK737297.1)	99.0	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Eliptik, altıgen	+
YS312	3.Yüzey (Sarkıt)	*Achromobacter pestifer* strain LMG 3431 (NR_152016.1)	98.3	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	2		Büyük küre	-
YT312	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus safensis* strain Rb7S3 (MH844959.1)	98.4	*Firmicutes*	*Bacilli*	2		Büyük küre	-
2YS341	3.Yüzey (Sarkıt)	*Brevundimonas sp*. H203 (HQ622540.1)	99.6	*Proteobacteria*	*α- proteobacteria*	1		Büyük küre	-
YT311	3.Yüzey (Sarkıt)	*Alcaligenes faecalis* strain ARD39 (KX023244.1)	92.3	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	5		Kapsül	+
2YS311	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus zhangzhouensis* strain D10302 (MK070088.1)	98.8	*Firmicutes*	*Bacilli*	1		Koloni içi büyük küre ve dörtgen	-
YT313	3.Yüzey (Sarkıt)	*Pseudomonas jessenii* strain S30_BP2TU (MK883111.1)	99.0	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Altıgen, dörtgen prizma	+

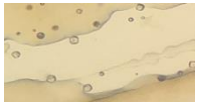
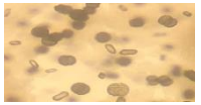
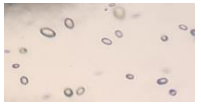
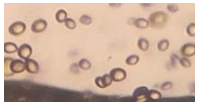
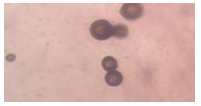
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
2YA311	3.Yüzey (Sarkıt)	*Acinetobacter sp.* C1(2013) (KF590559.1)	99.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Büyük elipsoid	+
2YT311	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus butanolivorans* strain SQ7-2 (MN235850.1)	99.5	*Firmicutes*	*Bacilli*	3		Büyük küre	-
YT322	3.Yüzey (Sarkıt)	*Serratia grimesii* strain DSQ3 (HM217122.1)	96.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küre	+
YT325	3.Yüzey (Sarkıt)	Bacterium XD-S (KU603608.1)	100.0	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	3		Küçük küre	+
YR313	3.Yüzey (Sarkıt)	*Streptomyces spororaveus* strain HBUM173231 (EU841667.1)	97.5	*Actinobacteria*	*Actinobacteria*	7		Dörtgen	-
3YT312	3.Yüzey (Sarkıt)	*Serratia proteamaculans* strain P4_BA1R (MK883049.1)	97.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Büyük küre	-
3YT311	3.Yüzey (Sarkıt)	*Serratia sp.* DM109 (JQ734475.1)	97.1	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küre	-

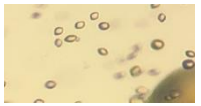
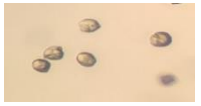
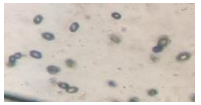
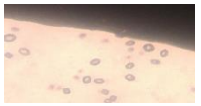
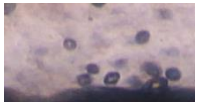
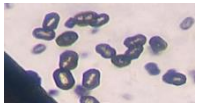
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YS315	3.Yüzey (Sarkıt)	*Lelliottia amnigena* strain Lmb019 (KT986089.1)	99.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Büyük küre	+
YS314	3.Yüzey (Sarkıt)	Bacterium het-w-10 (KC810252.1)	98.9	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	5		Büyük küre	+
YT321	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus sp.* DU146(2010) (HM567027.1)	98.8	*Firmicutes*	*Bacilli*	2		Küre	+
YR319	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	97.1	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Dikdörtgen prizma	+
YR312	3.Yüzey (Sarkıt)	*Pseudomonas sp.* strain zw56 (MH337968.1)	98.1	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Büyük eliptik	+
YT324	3.Yüzey (Sarkıt)	*Pseudomonas granadensis* strain PF29 (MF838687.1)	88.9	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küçük küre	+
YT323	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus zhangzhouensis* strain D10302 (MK070088.1)	99.3	*Firmicutes*	*Bacilli*	7		Büyük küre	+

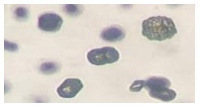
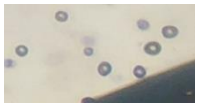
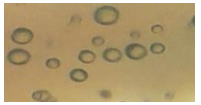
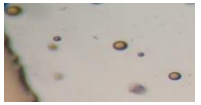
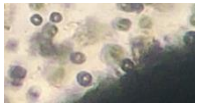
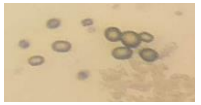
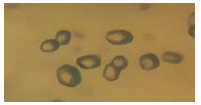
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YT326	3.Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	97.5	*Firmicutes*	*Bacilli*	1		Küre	-
YT424	4.Yüzey (Akmataşı)	*Pseudomonas baetica* strain S42_BP2TU (MK883123.1)	99.5	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Küçük küre	-
YT422	4.Yüzey (Akmataşı)	*Achromobacter piechaudii* strain 96 (KJ742566.1)	82.6	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	5		Büyük küre ve uzun dikdörtgenler prizması	+
3YT419b	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus zhangzhouensis* strain SML_M145 (MG937681.1)	99.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	1		Altıgen prizma	-
3YT417	4.Yüzey (Akmataşı)	*Streptomyces sp.* MH121 (FJ626648.1)	98.8	*Actinobacteria*	*Actinobacteria*	2		Kapsül	-
YA412	4.Yüzey (Akmataşı)	*Pseudomonas sp.* strain NMS5 (MN515078.1)	99.7	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Eliptik	-
3YT419a	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus sp.* (in: Bacteria) strain KW1 (MK064555.1)	98.9	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Büyük küre	+

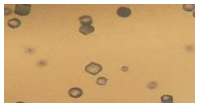
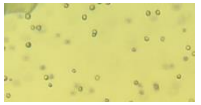
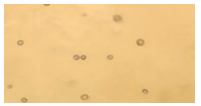
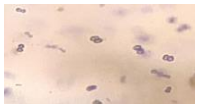
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
2YT422	4.Yüzey (Akmataşı)	*Pseudomonas sp.* strain M4_17 (MG758027.1)	99.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Elips, taş şeklinde	-
3YT419	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus sp.* (in: Bacteria) strain VI/7 (MH368455.1)	96.6	*Firmicutes*	*Bacilli*	2		Altıgen prizma	+
YS437	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus zhangzhouensis* strain OB005 (KY622967.1)	97.9	*Firmicutes*	*Bacilli*	20		Küre, diplo	-
YT415	4.Yüzey (Akmataşı)	*Hafnia alvei* strain FE20 (MH620746.1)	91.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Altıgen, dörtgen prizma	+
3YT416	4.Yüzey (Akmataşı)	*Rhodococcus sp.* ASDP3 (KU375116.1)	99.1	*Actinobacteria*	*Actinobacteria*	2		Altıgen, dörtgen prizma	+
YS436	4.Yüzey (Akmataşı)	*Serratia quinivorans* strain D73_SO3R (MK883176.1)	98.2	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Küçük küre	-
YS432	4.Yüzey (Akmataşı)	*Enterobacter sp.* UIWRF0456 (KR189655.1)	99.1	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Eliptik	+

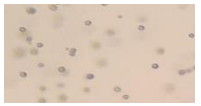
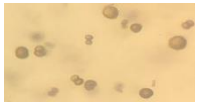
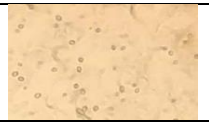
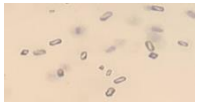
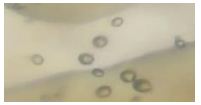
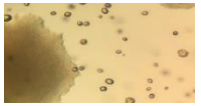
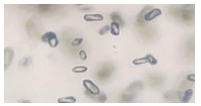
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YS433	4.Yüzey (Akmataşı)	*Enterobacter sp.* UIWRF0454 (KR189653.1)	99.7	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	5		Küre ve spheroid benzeri yapılar	+
YS435	4.Yüzey (Akmataşı)	*Achromobacter sp.* EC17 16S (KC128934.1)	86.3	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	2		Küçük küre	-
2YT441	4.Yüzey (Akmataşı)	*Serratia sp.* 1D1416 (CP032738.1)	97.7	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Büyük küre	+
3YT418	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	97.3	*Firmicutes*	*Bacilli*	3		Büyük küre	-
YA431	4.Yüzey (Akmataşı)	*Pseudomonas baetica* strain S42_BP2TU (MK883123.1)	99.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Küçük küre	-
2YS411	4.Yüzey (Akmataşı)	Firmicutes Man17 (JX436372.1)	98.6	*Firmicutes*	Tanımlanamayan Sınıf	14		Eliptik	+
YA414	4.Yüzey (Akmataşı)	*Pseudomonas stutzeri* strain KGS-8 (CP018050.1)	99.3	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Büyük eliptik	-

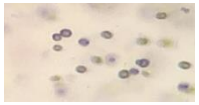
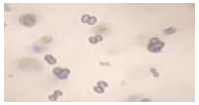
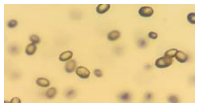
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YT412	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	99.2	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Dörtgen prizma	-
2YR412	4.Yüzey (Akmataşı)	*Psychrobacter faecalis* strain H5 (JF710999.1)	98.0	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Küre ve dörtgen prizma	-
YA421	4.Yüzey (Akmataşı)	*Pseudomonas sp.* strain zw31 (MH337942.1)	99.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Koloni içi büyük küre	-
YT413	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus cereus* strain LA322 (KY622401.1)	97.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	2		Küçük küre	-
YT421	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus safensis* strain Md1-35 (MF581441.1)	97.3	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		Orta boy küre	+
2YS412	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus sp*. SC42(2010) 16S (HM566572.1)	92.1	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		Küçük küre	+
YT411	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus cereus* strain ML272 (KC692201.1)	98.6	*Firmicutes*	*Bacilli*	7		Küçük küre, diplo	+

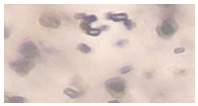
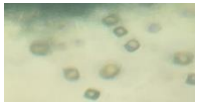
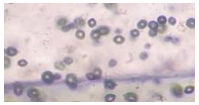
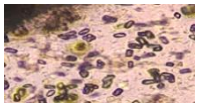
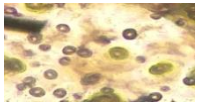
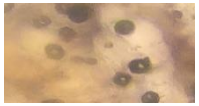
Tablo 4.8 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
3YT413	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus cereus* strain MCM1Y2 (MN309879.1)	96.4	*Firmicutes*	*Bacilli*	3		Küçük küre	+
3YT412	4.Yüzey (Akmataşı)	*Providencia sp.* strain N36-2-1 (MN696512.1)	98.3	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	5		Büyük küre	+
2YR413	4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus mycoides* strain BPN401 *(CP031071.1)*	99.7	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		Küçük küre	-
YT514	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus cereus* strain AHSM124 (MK074711.1)	96.0	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Uzun dikdörtgenler prizması	-
YA525	5.Yüzey (Damlataşı)	*Stenotrophomonas rhizophila* strain WWv256 (MH396739.1)	98.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük küre	-
2YR512	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain BPN401 (CP031071.1)	98.5	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Eliptik	-
YT511	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	99.3	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Uzun dikdörtgenler prizması	+

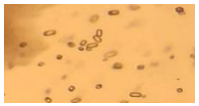
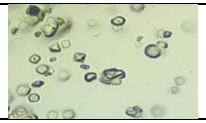
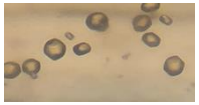
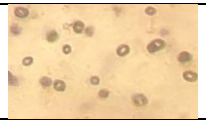
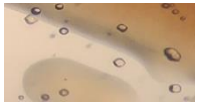
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YA524	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus safensis* strain MN149 (MK509927.1)	99.6	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Büyük küre	+
YT523	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	99.4	*Firmicutes*	*Bacilli*	2		Küçük dörtgen prizma	-
3YT512	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	99.2	*Firmicutes*	*Bacilli*	7		Küçük küre	-
YT513	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	98.9	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Küçük küre	+
3YT514	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus sp*. (in: Bacteria) strain Pg 22 (MK490762.1)	98.1	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		İnce uzun dörtgen	-
2YT511	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus mycoides* strain TS27 (MN710449.1)	98.4	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Büyük elips	-
YS514	5.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia quinivorans* strain D73_SO3R (MK883176.1)	98.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük küre	+

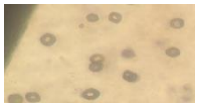
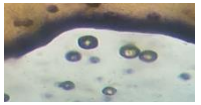
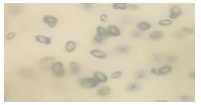
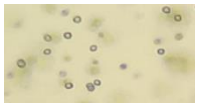
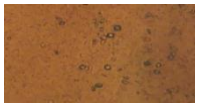
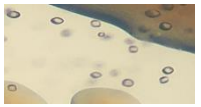
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YS533	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus zhangzhouensis* strain D10302 (MK070088.1)	98.5	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Uzun, dörtgen prizma	-
YA511	5.Yüzey (Damlataşı)	*Phyllobacterium ifriqiyense* strain WTB32 (MK240448.1)	97.0	*Proteobacteria*	*α- proteobacteria*	3		Küçük küre	+
YA521	5.Yüzey (Damlataşı)	*Streptomyces sp.* BF-9 (JN408757.1)	96.4	*Actinobacteria*	*Actinobacteria*	3		Küçük dörtgen	+
YA523	5.Yüzey (Damlataşı)	*Phyllobacterium zundukense* strain WTB7 (MK240435.1)	98.4	*Proteobacteria*	*α- proteobacteria*	5		Büyük küre	-
YA526	5.Yüzey (Damlataşı)	*Stenotrophomonas rhizophila* strain D81_CV1R (MK883184.1)	97.0	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	14		Uzun dörtgen	-
YA534	5.Yüzey (Damlataşı)	*Stenotrophomonas maltophilia* strain 262XG5 (KF818624.1)	98.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	14		Büyük küre	-
YA513	5.Yüzey (Damlataşı)	Bacterium spb20A10-1 (DQ321634.1)	97.3	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	2		Küçük küre	-

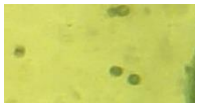
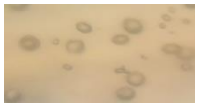
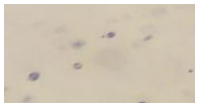
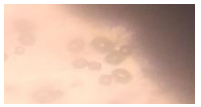
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
2YR511	5.Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus sp.* SGE18(2010) (HM566704.1)	100.0	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Eliptik	-
YR511	5.Yüzey (Damlataşı)	*Janthinobacterium lividum* strain V3 *(KU144682)*	99.1	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	14		Büyük küre	-
YA522	5.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas sp.* strain zw56 (MH337968.1)	99.1	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Büyük eliptik	-
YS511	5.Yüzey (Damlataşı)	*Tetrathiobacter sp.* QW23 (KF737370.1)	99.9	*Proteobacteria*	*β-proteobacteria*	14		Küçük kırık pirinç	+
YT521	5.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia sp.* 1D1416 (CP032738.1)	98.9	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Büyük küre	+
YS522	5.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia proteamaculans* 568 *(CP000826)*	97.5	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük küre	-
2YS511	5.Yüzey (Damlataşı)	*Stenotrophomonas sp*. strain JBYHD1-3 (KX645672.1)	98.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Büyük küre	-

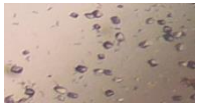
Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YR513	5.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia quinivorans* strain D73_SO3R (MK883176.1)	97.7	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Büyük küre	-
YS532	5.Yüzey (Damlataşı)	*Serratia quinivorans* strain D73_SO3R (MK883176.1)	96.4	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük küre	-
YA535	5.Yüzey (Damlataşı)	*Stenotrophomonas sp.* strain JBYHD1-3 (KX645672.1)	97.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	7		Büyük küre	-
YR624	6.Yüzey (Dikit)	*Bacillus sp.* strain ZLynn1000-10 (KY316444.1)	99.8	*Firmicutes*	*Bacilli*	14		Eliptik	-
YT613	6.Yüzey (Dikit)	*Pseudomonas sp.* strain ICMP 20917 (MK356472.1)	98.6	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Küçük küre	-
YS626	6.Yüzey (Dikit)	*Obesumbacterium proteus* strain DSM 2777 (CP014608.1)	98.1	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	20		Çok küçük küre	+
2YR622	6.Yüzey (Dikit)	*Pseudomonas koreensis* strain NFS-STR-2 (MF079350.1)	98.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Orta boy küreler	-

Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

Bakteri (İzolat kodu)	İzole Edildiği Bölge	Gen Bankasındaki En Yakın Mikroorganizma ve Aksesyon Numarası	Benzerlik (%)	Filum	Sınıf	İlk kristal oluturma (Gün)	Mikroskop Görüntüsü	Kristal Morfolojisi	Üreaz Varlığı
YS612	6.Yüzey (Dikit)	*Bacillus zhangzhouensis* strain D10302 (MK070088.1)	98.4	*Firmicutes*	*Bacilli*	20		Küçük dörtgen	-
YA614	6.Yüzey (Dikit)	*Bacterium strain* MTL5-65 (MH151241.1)	100.0	Tanımlanamayan filum	Tanımlanamayan sınıf	5		Küçük küre	-
2YA611	6.Yüzey (Dikit)	*Pseudomonas reinekei* strain LN32 (KC790246.1)	98.5	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	1		Küçük küre	-
YS613	6.Yüzey (Dikit)	*Bacillus sp.* 261ZG1 (KF831373.1)	97.6	*Firmicutes*	*Bacilli*	5		Kırık pirinç tanesi ve elips	+
YA621	6.Yüzey (Dikit)	*Pseudomonas sp.* WB19-09 (GU595355.1)	97.8	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	2		Büyük küre	-
YA623	6.Yüzey (Dikit)	*Rhodococcus sp.* AQ5-07 (CP046099.1)	99.7	*Actinobacteria*	*Actinobacteria*	1		Çok küçük küre	+
YR621	6.Yüzey (Dikit)	*Serratia quinivorans* strain D73_SO3R (MK883176.1)	99.3	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Büyük küre	-

Tablo 4.7 (devam): Kristal oluşturan bakterilerin özellikleri ve filogenetik olarak ilişkili olduğu bakteri türleri.

YT619	6.Yüzey (Dikit)	*Serratia sp.* 1D1416 (CP032738.1)	99.1	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	14		Küçük dörtgen prizma	+
YR625	6.Yüzey (Dikit)	*Serratia quinivorans* strain D73_SO3R (MK883176.1)	97.9	*Proteobacteria*	*γ-proteobacteria*	3		Küçük küreler	-

Mağara yüzeyinden elde edilen bakterilerinin %52.4' ünün B4 besiyerinde $CaCO_3$ kristalleri oluşturduğu tespit edilirken, %41.1'inin $CaCO_3$ kristalleri oluşturmadığı %6.5'inin ise B4 besiyerinde üremediği belirlenmiştir. Ayrıca yüzeyden izole edilen bu bakterilerin %32.7' sinin üreaz enzimine sahip olduğu, %67.3'ünün ise üreaz enzimine sahip olmadığı tespit edilmiştir.

İlk üç günde kristal oluşturan izolatların %62.9'unun üreaz (-) olduğu tespit edilmiştir. 5. ve 7. günlerde kristal oluşturan bakterilerin %56.9'u, 7. ve 14. günlerde kristal oluşturan bakterilerin %62.8'i ve 20. ve 28. günlerde kristal oluşturan bakterilerin 50 si üreaz (-) özellik göstermiştir. 20. ve 28. günlerde kristal oluşturan bakterilerin %50 si üreaz (-) özellik göstermiştir. 28-40. günler arasında ise kristal oluşturan izolat tespit edilmemiştir.

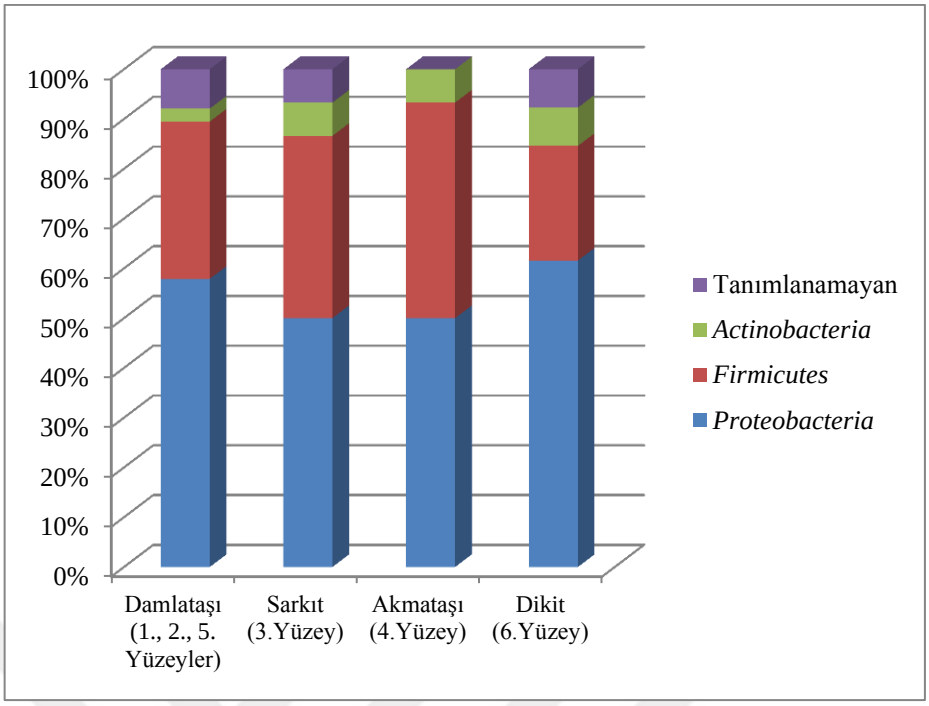
İzole edilen bakteri türlerinden *Bacillus cereus, Bacillus mycoides, Bacillus zhangzhouensis, Serratia proteamaculans* ve *Stenotrophomonas rhizophila*'nın izole edildikleri yüzey, ilk kristal oluşumun gözlendiği gün ve kristal morfolojileri konusunda kendi aralarında farklılık göstermektedir. Üretilen kristallerin şekilleri genellikle küre, kare, dikdörtgen, elips veya kapsül şeklinde görülürken, altıgen, diploid küre, kırık pirinç ve hatta spheroid benzeri yapılar olarak da görülmüştür.

Bu verilere göre *Bacillus mycoides, Bacillus zhangzhouensis* ve *Bacillus cereus* türlerinin bulundukları her bir yüzeyde farklı günlerde kristal oluşturmaya başladıkları görülmektedir. *Stenotrophomonas rhizophila*'nın aynı yüzeyde birbirinden farklı günlerde farklı şekillerde kristal ürettiği görülmüştür.

Dizi analizi yapılan izolatlar, 1-20 gün arası kristal üretme yeteneğine sahip olan izolatlardan seçilmiştir. Dizi analizi sonrası NCBI'den elde edilen verilere göre, toplam 6 yüzeyden 1-20 gün arası kristal üretme yeteneği olan bakterilerin filumları ve sınıfları Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Gönderilen örneklerin %6'sı tanımlanamamıştır.

Tablo 4.8: Yüzeyden izole edilen kristal oluşturan bakterilerin dahil olduğu filum ve sınıf yüzdeleri.

Filum	*Actinobacteria*	*Firmicutes*	*Proteobacteria*		
	%4.7	%32.7	%53.3		
Sınıf	*Actinobacteria*	*Bacilli*	*Alphaproteobacteria*	*Betaproteobacteria*	*Gamaproteobacteria*
	%4.7	%32.7	%4.7	%7.3	%41.3



Şekil 4.3: Farklı özellikteki yüzeylere ait kristal oluşturan bakterilerin dahil olduğu filum yüzdeleri.

Yüzey örnekleri dizi analizi sonuçlarına göre en baskın cinsler sırasıyla *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Serratia* olarak tespit edilmiştir.

Damlataşı, dikit, akmataşı ve sarkıt yüzeylerden izole edilen bakterilerin baskın olarak *Proteobacteria* filumu ve *Gammaproteobacteria* sınıfına ait olduğu belirlenmiştir.

Pseudomonas 1. ve 6. yüzeylerde en baskın cins olarak görülürken; 2., 3., 4. ve 5. yüzeylerde *Bacillus* cinsinin baskın olduğu görülmüştür.

Yüzey örnekleri dizi analizi sonuçlarına göre tüm örnek alınan yüzeylerin tümünde en baskın türler *Bacillus mycoides*, *Bacillus cereus* ve *Serratia quinivorans* olarak tespit edilmiştir. Baskın türler sarkıt yüzeyde ve damlataşı yüzeylerde *Bacillus mycoides*, akmataşı yüzeyde *Bacillus cereus,* dikit yüzeyde *Serratia quinivorans* olarak tespit edilmiştir.

Çalışmamız kapsamında yüzeylerden elde edilen bakteri türleri Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Dupnisa Mağarası yüzey örneklerinden izole edilen bakteri türleri ve sayıları.

Yüzey	Tür adı	Bakteri Sayısı
1.yüzey (Damlataşı)	*Achromobacter pestifer*	1
	Achromobacter sp.	1
	Acinetobacter schindleri *	1
	Alcaligenes sp.	1
	Bacillus pumilus	1
	Bacillus safensis	1
	Bacillus sp.	1
	Brevundimonas sp.	1
	Klebsiella oxytoca *	1
	Lelliottia amnigena	2
	Lelliottia sp.	1
	*Pseudomonas azotoformans**	1
	Pseudomonas granadensis	1
	*Pseudomonas poae**	1
	Pseudomonas sp.	2
	*Serratia grimesii**	3
	Serratia proteamaculans	1
	*Staphylococcus cohnii**	1
	Variovorax sp.	1
	*Viridibacillus arenosi**	1
2. yüzey (Damlataşı)	*Achromobacter sp.*	1
	Bacillus cereus	1
	Bacillus mycoides	3
	Bacillus sp.	1
	Bacillus zhangzhouensis	1
	Brevundimonas sp.	2
	*Carnobacterium maltaromaticum**	1
	Hafnia alvei	1
	*Pseudomonas putida**	1
	Pseudomonas sp.	2
	Serratia grimesii	1
	Serratia sp.	2
	Streptomyces sp.	1
	*Viridibacillus arvi**	1
3.yüzey (Sarkıt)	*Achromobacter pestifer*	1
	Acinetobacter sp.	3
	Alcaligenes faecalis *	1
	*Bacillus butanolivorans**	1
	Bacillus mycoides	3
	Bacillus pumilus	1

*Yalnızca tek bir yüzeyden izole edilebilen bakteri türü

Tablo 4.9 (devam): Dupnisa Mağarası yüzey örneklerinden izole edilen bakteri türleri ve sayıları.

Yüzey	Tür adı	Bakteri Sayısı
3.yüzey (Sarkıt)	*Bacillus safensis*	1
	Bacillus sp.	2
	Bacillus zhangzhouensis	3
	*Brevundimonas diminuta**	1
	Brevundimonas sp.	1
	Lelliottia amnigena	2
	Pseudomonas granadensis	2
	*Pseudomonas jessenii**	1
	Pseudomonas sp.	1
	*Rhodococcus erythropolis **	1
	Serratia grimesii	1
	Serratia proteamaculans	1
	Serratia sp.	1
	*Streptomyces spororaveus**	1
4.yüzey (Akmataşı)	*Achromobacter piechaudii**	1
	Achromobacter sp.	1
	Bacillus cereus	3
	Bacillus mycoides	3
	Bacillus safensis	1
	Bacillus sp.	3
	Bacillus zhangzhouensis	2
	Enterobacter sp.	2
	Hafnia alvei	1
	Providencia sp.	1
	Pseudomonas baetica	2
	Pseudomonas sp.	3
	*Pseudomonas stutzeri **	1
	*Psychrobacter faecalis**	1
	Rhodococcus sp.	1
	Serratia quinivorans	1
	Serratia sp.	1
	Streptomyces sp.	1
5.yüzey (Damlataşı)	*Bacillus cereus*	1
	Bacillus mycoides	6
	Bacillus safensis	1
	Bacillus sp.	2
	Bacillus zhangzhouensis	1
	Janthinobacterium lividum	1
	*Phyllobacterium ifriqiyense**	1

*Yalnızca tek bir yüzeyden izole edilebilen bakteri türü

Tablo 4.9 (devam): Dupnisa Mağarası yüzey örneklerinden izole edilen bakteri türleri ve sayıları.

Yüzey	Tür adı	Bakteri Sayısı
5.yüzey (Damlataşı)	*Phyllobacterium zundukense**	1
	Pseudomonas sp.	1
	Serratia proteamaculans	1
	Serratia quinivorans	3
	Serratia sp.	1
	*Stenotrophomonas maltophilia**	1
	Stenotrophomonas rhizophila	2
	Stenotrophomonas sp.	2
	Streptomyces sp.	1
	Tetrathiobacter sp.	1
6.yüzey (Dikit)	*Bacillus sp.*	2
	Bacillus zhangzhouensis	1
	*Obesumbacterium proteus **	1
	*Pseudomonas koreensis**	1
	*Pseudomonas reinekei**	1
	Pseudomonas sp.	2
	Rhodococcus sp.	1
	Serratia quinivorans	2
	Serratia sp.	1

*Yalnızca tek bir yüzeyden izole edilebilen bakteri türü

Dupnisa Mağarası yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin kristal ürettiği belirlenen ilk günün, türlere ve bu türlerin izole edildiği yüzeylere göre kıyası Tablo 4.10'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre ilk 3 günde kristal oluşumunun gözlendiği yüzeyler 1.ve 6. yüzeyler olmuştur.

Tablo 4.10: Yüzeye ait dizi analizi sonuçlarına göre kristalin ilk görüldüğü günlerin türlere göre karşılaştırılması.

Yüzey	Cins	Tür	Kristal ürettiği gözlenen ilk gün
1.Yüzey (Damlataşı)	*Pseudomonas*	*Pseudomonas azotoformans*	3
		Pseudomonas granadensis	1
		Pseudomonas poae	2
2. Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus*	*Bacillus zhangzhouensis*	14
		Bacillus mycoides	1 ve14
		Bacillus cereus	3
3. Yüzey (Sarkıt)	*Bacillus*	*Bacillus butanolivorans*	3
		Bacillus mycoides	1, 3 ve 5
		Bacillus pumilus	5
		Bacillus safensis	2
		Bacillus zhangzhouensis	1, 2, ve 7
4.Yüzey (Akmataşı)	*Bacillus*	*Bacillus cereus*	2, 3 ve 7
		Bacillus mycoides	3 ve 5
		Bacillus safensis	14
		Bacillus zhangzhouensis	1 ve 20
5. Yüzey (Damlataşı)	*Bacillus*	*Bacillus cereus*	5
		Bacillus mycoides	2, 5 ve 7
		Bacillus safensis	5
		Bacillus zhangzhouensis	5
6. Yüzey (Dikit)	*Pseudomonas*	*Pseudomonas koreensis*	1
		Pseudomonas reinekei	1

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Karbon (C), bütün organik bileşiklerin yapısında yer almaktadır. Atmosfer, okyanuslar, kara parçaları ve fosil yataklar olmak üzere dört büyük kaynak karbon döngüsüne katılmaktadır. Karbonat mineralleri, karbon döngüsü, ana ve iz elementlerin döngüsünde rol aldığı gibi atmosfer, okyanus ve kıtalar arası madde aktarımında da önemli rol oynamaktadır ve bu nedenle kalsiyum karbonat yapılarının nasıl oluştuğunu anlamak ve araştırmak birçok anabilim dalının konusu haline gelmiştir.

Mikroorganizmaların ürettiği metabolitler, ilaç ve gıda başta olmak üzere birçok alanda değer bulmuştur. Bu değerin ortaya çıkışı mikrobiyoloji ve biyoteknoloji biliminin ortak çalışması sayesindedir. Biyoteknolojik süreçlerden elde edilen son ürünler, endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaktadır ve son yıllarda kullanımı ve üretimi hızlı artış göstermiştir. Günümüzde kağıt, plastik, inşaat, tekstil, kağıt, cam, polimer, diş macunları, elyaf gibi çok yönlü sanayilerde kalsiyum karbonatın kullanımı hızla artmıştır. Bu nedenle doğada biyomineral olarak bulunan kalsiyum karbonatın üretilme mekanizmaları araştırılmaya değer hale gelmiştir (Keiko ve diğ., 2002).

Bakteriyel olarak indüklenen karbonat mineralizasyonu sayesinde, tarihi bina, anıt vb. yapıların onarımı (Ercole ve diğ., 2007), deniz ortamlarındaki yapıların sağlamlık ve dayanıklılıklarının iyileştirilmesi (Bansal ve diğ., 2016), metal kirliliğe sahip yer altı sularının ıslahı (Warren ve diğ., 2001), atmosferik CO_2'nin ayrıştırılması (Mitchell ve diğ., 2010), kumun ve kül tuğlaların güçlendirilmesi, kireçtaşı onarımı (Dhami ve diğ., 2012) gibi kazanımlar elde edilmeye çalışılmaktadır.

Mağaralar çoğunlukla erişilmesi zor ve oligotrofik koşullar altındaki mikrobiyal metabolizmalar ve mikroorganizma ilişkilerin incelenmesi için ideal yeraltı habitatlarıdır. Mikroorganizmaların $CaCO_3$ üreterek mağara oluşumlarına katkılarının olduğunun belirlenmesinden sonra bu konuda yapılan çalışmalar artmıştır (Ríos ve diğ., 2011; Tomova ve diğ., 2013).

Kültür temelli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen mağara çalışmalarında, mağara sıcaklıklarının ortalama 12^oC, nemlilik şartlarının ortalama %90 olduğu bildirilmiştir (Tomova ve diğ., 2013; Gaálová ve diğ., 2014). Çalışmamız kapsamında seçilen Dupnisa

Mağarası'nda örneklerinin alındığı noktalarda ortalama sıcaklık 10.6 ^{o}C ve ortalama %91.2 oranında nem değerleri tespit edilmiştir.

Dupnisa Mağarası'ndan izole edilen su, toprak ve yüzey izolatların Gram özellikleri ile koloni ve hücre morfolojileri incelenmiştir. Toprak örneklerinin %93.7'si ve su örneklerinin %93'ü, Gram (+) özellik göstermiştir. Çandıroğlu (2018), gerçekleştirdiği mağara çalışmasında su ve topraktan izole ettiği bakterilerin büyük çoğunluğunun Gram (+) bakteriler olduğunu belirtmiştir.

Çalışmamızda yüzeyden izole edilen bakterilerin %69.9'u Gram (+) özellik göstermiştir. Barış (2009), çalışmasında damlataşı oluşumunda rol oynayan bakterilerin Gram (+) olduğunu belirterek, Gram (-) bakteri izole edememelerinin sebebini, çalışmanın bir mikroflora çalışması olmasından ziyade mağaralardaki sarkıt, dikit benzeri yapılardan izolasyon yaptığını belirterek açıklamıştır. Bu sonucun aksine çalışmamız kapsamında damlataşı ve dikit yapılarının yüzeyinden Gram (-) bakteriler de izole edilmiştir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde İspanya'daki Altamira, Tito Bustillo ve İtalya'daki Grotta dei Cervi mağaralarında yüzey örneklerinden izole edilen Gram (+) bakterilerin oranının, Gram (-) bakterilerden daha fazla olduğu bildirilmiştir (Laiz ve diğ., 1999; Groth ve diğ., 1999; 2001). Buradan hareketle kültür temelli yöntemlerle izole edilen bakterilerin üstünlüğünün Gram (+) bakterilerde olduğu yorumu yapılmaktadır. Bastian ve Alabouvette (2009), yaptıkları çalışmada mağara yüzey örneklerinden izole ettikleri bakterilerin Gram (-) olan *Proteobacteria* filumuna ait olduğunu tespit etmiştir. Bakterilerin zorlu ortam koşullarında spor oluşturdukları bilinmektedir. Çalışmamızda ayrıca yüzey örneklerinden Gram (+) spor oluşturabilen bakteriler de tespit edilmiştir.

Bugüne dek mağaralarda çalışma yapan araştırmacılar, kültüre edilebilir heterotrofik bakteriler üzerinde çalışmaya yoğunlaşmış, bir çok mikroorganizmanın da moleküler teknikler kullanılarak tanımlanmasının gerekliliğinin altını çizmişlerdir (Northup ve Lavoie, 2001). Standart kültüre dayalı yöntemler, günümüzde tanımlanmış mikroorganizmaların yalnızca %1'inden daha azını temsil etmekte, moleküler çalışmaların yaygınlaşması gerektiği sıklıkla vurgulanmaktadır (Winogradsky, 1949; Northup ve diğ., 2000). Bunun bir sebebi olarak besiyerlerinin bakteriler için doğru besin kaynaklarını içermediği ya da bu besin kaynaklarının besiyerindeki oranlarının az ya da fazla olduğu tahmin edilmektedir (Amann ve diğ., 1995). Farklı bileşimlere sahip besiyerlerinin kullanılması ya da sonrasında tasarlanması,

daha fazla izolatın elde edilebilmesi için önem taşımaktadır. Tanımlaması yapılan bakterilerin özellikleri ve metabolizmaları araştırılarak geliştirilecek besiyerleri ile bakterilerin kültüre edilebilmesi sağlanabilecektir. Böylece bakterilerin değerli son ürünlerinin elde edilebilmesi mümkün olacak ve biyoteknoloji alanında kullanım potansiyeli de araştırılabilecektir. Gerek mikroorganizmaların metabolizmalarının araştırılması, gerekse son ürün potansiyellerinin belirlenebilmesi için kültür yöntemlerinin önemi günümüzde de vurgulanmaktadır (Kaeberlein, 2002). Bu nedenle çalışmamızda kültüre edilebilir olan mikroorganizmaları tanımlamak, çalışmamızın ana kapsamından birini oluşturmaktadır. Bu amaçla da birden fazla besiyeri kullanılarak olabildiğince fazla bakteri çeşitliliği elde etmek hedeflenmiştir.

Yüzeyden izole edilen bakterilerin mağara oluşumlarına katkılarını belirlemek için bakteriler B4 besiyerine ekilmiş, bu bakterilerin %41.1'inin B4 besiyerinde kristal oluşturmadığı, %6.5'inin B4 besiyerinde gelişim gösteremediği tespit edilmiştir. Barton ve Jurado (2007), yaptıkları çalışmadan osmotik basınç sebebiyle bu gelişmenin sağlanamadığını belirtmişlerdir. Çalışmamız kapsamında yüzeyden izole edilen ve kristal oluşturduğu tespit edilen en baskın üyelerin *Proteobacteria* (%53.3) filumuna ait olduğu görülmüştür. Bu filumu Gram pozitif olan *Firmicutes* (%32.7) ve *Actinobacteria* (%4.7) filumları izlemiştir. Kültür temelli yöntemlerle yapılan çalışmalarda mağara yüzey örneklerinden izole edilen bakterilerin çoğunlukla *Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes* filumlarına ait olduğu belirlenmiştir (Ikner ve diğ., 2007; Zhou ve diğ., 2007; Tomova ve diğ., 2013) .

Çalışmamızda yüzeylere dikit, sarkıt, akmataşı ve damlataşı yüzeyler olarak bakıldığında her bir yüzey tipinde baskın filumun *Proteobacteria* olduğu görülmüştür.

Yüzey örneklerinden en yüksek oranda izole edilen *Proteobacteria* filumu, mağara sediment, toprak, damlayan sular ve mağara yüzeyinden alınan örneklerde yaygın ve bol bulunan, biyojeokimyasal döngülerde anahtar rolü olan, kozmopolit bir bakteri grubu olarak kabul edilmektedir (Tomczyk-Żak ve Zielenkiewicz, 2016; Zhou ve diğ., 2007). Oligotrofik ortamlarda birçok biyokimyasal sürece katılan bu filum üyelerinin mağara topluluklarında kemolitotrofik aktiviteleri nedeniyle denitrifikasyon gibi olaylara katılan birincil üreticiler olabileceği tahmin edilmektedir (Tomczyk-Żak ve Zielenkiewicz, 2016). Ayrıca *Proteobacteria* bakteri topluluğunun kompozisyon ve oranlarının insan etkisinin fazla olduğu özellikle turizme açık mağaralarda yüksek olduğu belirlenmiştir (Ikner ve diğ., 2007; Shapiro ve Pringle, 2010; Northup ve diğ., 2003; Bastian ve Alabouvette, 2009). Juardo ve diğ.

(2010), özellikle *Serratia* ve *Pseudomonas* türlerinin mağaralarda çok miktarda izole edilmesinin dış kaynaklı bir kirlenmeyi (yarasa ve böceklerin dışkıları ile) işaret ettiğini bildirmiştir (Kampfer ve diğ., 2008).

Çalışmamızda ikinci baskın filum olarak belirlenen *Firmicutes* filumu üyesi bakteriler genellikle ekstrem koşullar altında yaşamaya adapte olmuş ve besin açısından fakir ekosistemlerde dayanıklı türlere sahiptir (Chen ve diğ., 2009). Endospor oluşturmaları nedeni ile uzun süre hayatta kalabilmektedirler (Slepecky, 1992). Barış (2009), çalışmasında mağara yüzey örneklerinden *Firmicutes* filumu üyelerinden *Bacillus cereus, Bacillus mycoides, Bacillus pumilus* türlerini izole etmiş ve bu türlerin kristal ürettiğini belirtmiştir. Çalışmamızda NBCI veri tabanında %99.9 oranında benzerlik gösteren ve 1. yüzeyden elde edilen *Firmicutes* filum üyesi *Staphylococcus cohnii*, Radaelli ve diğ., (2004) tarafından mağara ortamında zarar görmüş duvar resimleri üzerinden izole edilmiştir. *Staphylococcus cohnii* türünün bazı suşlarının patojen olduğu ve birçok antibiyotiğe karşı direçli olduğu gösterilmiştir (Fernandes ve diğ., 1996). Ancak mağarada yaşayan mikrobiyal potojenlerin tanımlanmasının sadece insan kaynaklı olmadığı, mağarada yaşayan yarasa ve böceklerle de ilgili olabileceği belirtilmiştir (Jurado ve diğ., 2010).

Çalışmamızda üçüncü baskın filum olarak belirlenen *Actinobacteria* filumu üyelerinin, metabolik çeşitlilikleri ve enzimatik yetenekleri sayesinde ilaç, çevre, kimya ve enerji sektörlerinde önemli çevresel ve biyoteknolojik potansiyelleri bulunmaktadır. Doğal antibiyotik kaynağı olarak betimlenmiş, çeşitli antiviral, antitümöral, immünolojik ve herbisidal aktiviteye sahip bir çok maddenin üreticisi konumunda olduğu bildirilmiştir (Lemriss ve diğ., 2003). *Actinobacteria* karbon döngüsüne aktif olarak katılan (Ivanova ve diğ., 2013) ve mağaralardaki biyomineralizasyon üzerinde önemli rol oynadıkları belirtilen filumdur (Zhou ve diğ., 2007). Barton ve diğ. (2001), *Actinobacteria* filumunun mağara duvarlarında kristal oluşumunda önemli rol oynadığını belirtmişlerdir. Barton ve diğ., (2007), *Actinobacteria* filumunun New Mexico'daki Carlsbad Caverns'taki bir oligotrofik kireçtaşı kaya yüzeyinin bakteriyel topluluğunun %60'ını temsil eden baskın filum olduğunu bulmuşlardır. *Actinobacteria* filumuna ait *Rhodococcus* ve *Streptomyces* cinsleri mağara ortamlarından izole edilebilen yaygın cinslerdir (Rodríguez-Nava ve diğ., 2008). Çalışmamız kapsamında bu filuma ait *Rhodococcus erythropolis* ve *Streptomyces spororaveus* olmak üzere 2 farklı tür tanımlanmıştır. Bu türlerin sırasıyla 2., 3. ve 14. günlerde besiyeri üzerinde kristal oluşturduğu görülmüştür. *Rhodococcus* cinsi bakteriler yüksek guanin ve sitozin (G +

C) içeriğinde sahip Gr (+) aktinomisetlerdir. Çeşitli çevrelerde kok ya da filament şekillerde bulunabilirler. Barış (2009), çalışmasında mağara örneklerinden *Rhodococcus erythropolis* türünü izole etmiş ve kristal ürettiğini belirtmiştir. Plette ve diğ. (1996), *Rhodococcus erythropolis*'in bir suşunun hücre duvarlarının karboksilik ve fosfatik bölgelerine Ca^{+2} iyonlarının bağlanabildiğini göstermiştir. Baskar ve diğ. (2018), *Rhodococcus* cinsi bakterilerin ürettikleri $CaCO_3$ kristallerini görüntülemiştir.

Çalışmamızda mağara yüzey örneklerinde kristal oluşturduğu görülen en baskın cinslerin *Bacillus, Pseudomonas* ve *Serratia* olduğu tespit edilmiştir. *Bacillus* türlerinin $CaCO_3$ üretiminde büyük rol oynadığı birçok çalışmada gösterilmiştir (Boquet ve diğ., 1973). Cacchio ve diğ. (2003)'nin yaptığı araştırmaya göre *Bacillus* cinsleri, alkali ortamda kalsiyum karbonat üretebilmektedir (Seifan ve diğ., 2016). Çalışmamız kapsamında en baskın türlerin *Bacillus mycoides* ve *Bacillus zhangzhouensis* olduğu görülmektedir. Baskar ve diğ., (2006) tarafından *Bacilus pumilus* türünün uygun sıcaklıkta aktivitesini arttırarak $CaCO_3$ ürettiği gösterilmiştir. Joshi ve Banerjee (2014), mağara sphelothemleri üzerinden izole ettikleri *Bacillus cereus*'un iğne şeklinde kristaller ürettiğini göstermiştir. Aynı çalışmada elde edilen tüm *Bacillus* suşlarının $CaCO_3$ üretme yeteneğinde olduğu, bununla birlikte üretilen $CaCO_3$'ün miktarında ve şekillerinde farklılıklar olduğu bildirilmiştir. Çalışmamız kapsamında izole edilen *Bacillus mycoides, Bacillus cereus* ve *Bacillus zhangzhouensis*'in farklı yüzeylerde farklı şekillerde kristal üretmesi bu yönüyle Joshi ve Banerjee (2014)'nin çalışmalarıyla paralellik göstermektedir. Bu sonuçlar da yüzeylerin mineral bakımından incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. İlginç bir şekilde çalışmamızda *Stenotrophomonas rhizophila* türü aynı yüzeyden izole edilmesine rağmen farklı kristal yapılar üretmiştir. Bu duruma besiyerine ait içerik, pH ve diğer olası etmenlerin neden olabileceği düşünülmektedir.

Araştırmalara göre, bakterilerin hücre yüzeyi mineralizasyon için önemli etkiye sahiptir. Bu özellik, hücre yüzeyleri birbirinden farklı özellikte olan Gram (+) ve Gram (-) bakteriler için farklılık gösterir. Bakterilerde bulunan EPS (ekzopolisakkarit) tabakası, kristal yapıların farklılaşmasında rol oynamaktadır. Bu nedenle oluşan kristal yapıların morfolojilerinin birbirinden farklı olduğu rapor edilmiştir (Kremer ve diğ., 2008; Cao ve diğ., 2016; Seifan ve diğ., 2016). Braissant ve diğ. (2003), yaptıkları çalışmada yalnızca EPS tabakası değil, ortamdaki aminoasit varlığının da kristal şekillerin farklılaşmasına neden olabildiğini ifade etmiş, ortama eklenen aminoasit ve ksantan ile fan şeklindeki kalsit yapılarının iğne şekline

dönüştüğünü göstermişlerdir. Bakterilerin direkt olarak etkilenebileceği pH, besiyeri içeriği, sıcaklık vb. ortam koşulları ve bakterilerin hücre dışına salgıladıkları polisakkarit yapıların biyokimyasal yapılarının farklılığı nedeniyle eşkenar dörtgen, prizma veya piramit benzeri değişik yapıların ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Nawarathna ve diğ. (2017), aynı cins bakterilerin kristal şekillerinin farklılaşmasını, ortamdaki poly-l-lysine miktarına dayandırmıştır. Ortamdaki poly-l-lysine miktarı arttıkça eşkenar dörtgen şeklindeki kristallerin elipsoidal kristallere dönüştüğünü göstermiştir. Barabesi ve diğ. (2006), *Bacillus subtilis* türü üzerinde kalsiyum karbonat üretiminden sorumlu olan genleri belirleyerek kalsiyum karbonat çökelmesinde oynadığı rolü araştırmış, bulunan genlerin asit-yağ metabolizması ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Aynı zamanda ortamın alkali şartlar taşımasının da mikroorganizmaların karbonat üretme mekanizmalarını etkilediği bildirilimiştir (Castanier ve diğ., 1999).

Long ve diğ., (2019) tarafından mağara kaya zemin üzerinden, De Leo ve diğ. (2012), mağara kayalarının yüzeylerinde bulunan beyaz - gri alanlardan *Streptomyces spororaveus* türü izole edilmiştir. Çalışmamız kapsamında bu bakteri türü 3.yüzey örneğinde görülen beyaz kireç benzeri oluşumların üzerinden izole edilmiştir. Bu yönüyle örneği verilen çalışmalardan elde edilen veriler ile benzeşmektedir.

Son yıllarda yaygın olarak toprak ve su örneklerinden izole edilen bakterilerin mikrobiyal $CaCO_3$ oluşumu konusunda çalışmalar yapılmaktadır. MICP konusunda çalışma yapan araştırmacılar bakterilerdeki üreaz enzimi varlığında ortamdaki pH artışının da etkisiyle ortamda bulunan Ca^{+2} iyonları varlığında $CaCO_3$ üretimi gerçekleşeceğini savunmaktadır (Hammes ve diğ., 2002). Özellikle biyoteknoloji alanında üreolitik bakteri olan *Bacillus* cinsi bakterilerin MICP konusunda büyük öneme sahip olduğu belirtilmektedir (Belliveau, 1991). Bu nedenle çalışmamızda tüm yüzeylerden izole edilen 336 izolatın üreaz özellikleri incelenmiş, %67.3'ünün üreaz enzimine sahip olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmamız kapsamında yüzeyden izole edilmiş ve kristal oluşturduğu tespit edilen ve isimlendirilen 150 izolatın %70'i üreaz (-) özellik göstermiştir. İlk 3 günde kristal üreten bakterilerin %62.9'u üreaz (-) özellik göstermiştir. Bu nedenle mağara yüzey mikroorganizmalarının $CaCO_3$ yapılarını oluşturmalarının, yalnızca üreaz enzimi varlığı ile açıklanamayacağı ortadadır. Barış (2009), damlataşları üzerinde yaptığı araştırmada, izolatlarından bazılarının üreaz aktivitesine sahip olmadığını belirtmiştir. Bu konuda çalışan araştırmacılar, üreoliz mekanizması haricinde bakterilerin metan oksidasyonu, fotosentez, sülfat indüksiyonu,

amonifikasyon ve denitrifikasyon olayları ile de $CaCO_3$ kristallerinin oluşabileceğini belirtmişlerdir (Reeburgh, 2007; Visscher ve diğ., 2000).

Metan oksidasyonu anaerobik bakteriler, fotosentez mekanizması ise siyanobakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle metan oksidasyonu ve fotosentez olayları, izole ettiğimiz üreaz negatif bakterilerin $CaCO_3$ üretme mekanizmaları ile değerlendirilememektedir (Zhu ve Dittrich, 2016).

Sülfat indüksiyonu mekanizması ile $CaCO_3$ üretimi sülfat indirgeyen bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bakteriler organik karbonu bikarbonata okside ederken sülfatın sülfüre indirgenmesini sağlamaktadır. HCO_3^- konsantrasyonunun artması ve ortamdaki Ca^{+2} ile $CaCO_3$ çökelmesini gerçekleşmektedir (Zhu ve Dittrich, 2016).

Denitrifikasyon bakterileri tipik olarak fakültatif anaeroblardır ve dentirifikasyonun *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Denitrobacillus*, *Thiobacillus*, *Pseudomonas*, *Spirillum*, *Micrococcus* ve *Achromobacter* (Kavazanjian ve Karataş, 2008) cinslerine mensup bakteriler tarafından gerçekleştirildiği bildirilmiştir. Çalışmamız kapsamında tüm yüzeylerden kristal oluşturduğu görülen *Alcaligenes, Bacillus, Pseudomonas* ve *Achromobacter* cinsleri izole edilmiştir. İzole edilen bu cinslerin büyük çoğunluğu üreaz negatif özellik göstermiştir. Bu nedenle bu cins üyelerinin $CaCO_3$ üretiminin denitrifikasyon mekanizması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

Aminoasitlerin amonifikasyonu, ortamdaki CO_3^{-2} ve NH_3 açığa çıkmasını sağlar (González-Muñoz ve diğ., 2010). NH_3'ün hidrolizi, hücrelerin etrafında OH^- üretir ve sonuç olarak kalsiti çökeltir (González-Muñoz ve diğ., 2010). Genellikle *Myxobacteria* cinsi üyelerinin denitrifikasyon prosesi ile organik materyalleri indirgemesi çevre mikrobiyolojisi için önemlidir (Omar ve diğ., 1995). Çalışmamız kapsamında bu cins üyelerinden herhangi bir bakteri izole edilememiştir.

Bakteriler, mağara ortamlarında kristal oluşturma potansiyellerinin yanı sıra mağara yapılarını aşındırmaları ile de dikkat çekmiştir. Bu nedenle araştırmacılar, mağara yapılarının oksidasyon süreçleri ile aşındırılmasının kalsiyum üretimini destekleyecek bir takım minerallerin ortaya çıkmasını sağlayan etmenlerden biri olduğu konusunda fikir belirtmişlerdir (Hose ve diğ., 2000; Northup ve diğ., 2000). Özellikle yüksek aşındırıcı olduğu bilinen hidrojen sülfürün (H_2S) oksidasyonundan türetilen sülfürik asitin mağara zeminlerine

damladıkları noktadaki kireçtaşlarının bu yolla çözüldüğü belirtilmektedir (Hose ve diğ., 2000). Engel ve diğ. (2004), yaptıkları deneysel çalışmada yüzeyde kolonize olan ve H_2S oksidasyonu yapan bakterilerin *Gammaproteobacteria* sınıfına ait bakteriler olduğunu ortaya koymuşlardır. Çeşitli araştırmacılar *Proteobacteria* filumu üyelerinin taşıdıkları *sqr* genleri sayesinde sülfür okside etme yeteneklerinin olduğundan bahsetmişlerdir (Griesbeck ve diğ., 2000; Pham ve diğ., 2008). Xia ve diğ. (2017), bazı *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerinin *sqr* ve *pdo* genlerine sahip olduklarını, düşük seviyelerde sülfürü okside edebilme yeteneklerinin olduğunu göstermişlerdir.

Çalışmamızda yüzeylerde en fazla baskın tür olarak tespit ettiğimiz *Bacillus* cinsi üreaz (-) bakterilerin ve çalışmamızda kristal ürettiği belirlenen *Gammaproteobacteria* filumuna mensup üreaz negatif *Pseudomonas, Serratia* ve *Acinetobacter* cinsi bakterilerin H_2S oksidasyonu yaparak bu aşındırma sürecine katılabileceği ihtimali düşünülmüştür. Hou ve diğ. (2018), aerobik ortam koşullarında *Psuedomonas putida*'nın sülfürü okside ettiğini göstermişlerdir. Xia ve diğ. (2015), toprakta yaşayan *Acinetobacter* ve *Pseudomonas* türlerinin H_2S'i metaboliz etmede öenmli rol oynadıklarını belirtmişlerdir. Çalışmamızda 2. yüzeyden üreaz negatif *Pseudomonas putida* ve 3. yüzeyden üreaz negatif özellik gösteren *Acinetobacter sp.* türleri izole edilmiştir. Bakterilerin ürettiği ekstraselüler polimerler, genellikle asidik olup metal iyonlarını bağlamakta ve ortamda korozyona neden olabilmektedir. Bu fikirden yola çıkan Northup ve diğ. (2000), demir ve manganez okside eden bakterilerin bazılarının karbonat çözünmesine yardımcı olabilecek bakteriler olduğunu ve bu bakterilerin mağara duvarlarını aşındırdıklarını belirtmişlerdir. Bu aşındırma sonucu ortaya çıkan Ca^{+2} iyonları, bakterilerdeki çeşitli $CaCO_3$ oluşturma mekanizmalarında ürün olarak kullanılabilmektedir.

Günümüzde çok sayıdaki araştırmacı, üreaz enzimi mekanizması olan bakteriler ile $CaCO_3$ üretimi çalışmalarına odaklanmıştır. Özellikle *Bacillus* türleri ile gerçekleştirilen MICP, öne çıkarılan mekanizma olmasına rağmen elde ettiğimiz veriler ışığında, tartışmamız kapsamında yer verdiğimiz farklı mekanizmaların mutlaka ön plana çıkarılması ve birçok mekanizmanın aynı anda düşünülmesi gerektiği yönünde bir yargıya varılmıştır.

Çalışmamız kapsamında bakterilerin besiyeri üzerinde ürettikleri $CaCO_3$ kristallerinin koloniden uzakta geliştiği görülmüştür. Meier ve Kastner (2017), in-vitro ortamda bakteriler tarafından oluşturulduğu görülen kristal yapıların, koloniden uzakta yer almasını ilginç olarak

yorumlamış, bunun bir sebebi olarak bakterilerin aynı anda ürettikleri bir protein olabileceği ve farklı mineral yüzeylerde tercihli bir kristal büyümenin tetikleneceği fikrini ortaya atmış, bu konuda daha fazla moleküler çalışma yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Çalışmamızda izolatların çoğunluğunun ilk 7 günde kristal yapılarını oluşturmaya başladıklarının tespit edilmesi ve en çok 2. ve 5. günlerde besiyerinde ilk kristal yapılarını oluşturmaya başlaması mağaralarda $CaCO_3$ üretme hızının nispeten yüksek olduğunu düşündürmektedir.

1.günde kristal üreten türler; *Brevundimonas sp., Achromobacter sp., Variovorax sp., Pseudomonas granadensis*'tir. Buradan hareketle bu türlerin kendileri için uygun ortamda bulunmaları neticesinde hızlı bir şekilde $CaCO_3$ üretecekleri yargısına varılmıştır.

Hızlı kristal oluşumun gözlendiği yüzeyler en çok 1. (damlataşı) ve 6. (dikit) yüzeylerden izole edilen bakteriler tarafından gerçekleştirilmiştir. Meier ve diğ. (2017), kalker kayaçlar ve su örneklerinden izole edilen aralarında *Lelliottia amnigena, Bacillus sp.* ve *Pseudomonas sp.*'nin de bulunduğu birkaç türün farklı içerikli besiyerlerinde gelişme hızlarını ve kristal morfolojilerini incelemiş ve bu bakterilerin en yüksek hızına sahip olduğunu belirtmiştir. Çalışmamız kapsamında 1.yüzeyden (damlataşı), *Lelliottia amnigena, Pseudomonas azotoformans, Pseudomonas granadensis, Pseudomonas granadensis* ve 6.yüzeyden (dikit) eşit oranda *Bacillus sp., Pseudomonas sp.* ve *Serratia quinivorans* türleri izole edilmiştir. Bu türlerin de kendileri için uygun ortamda bulunmaları durumunda hızlı bir şekilde $CaCO_3$ üretecekleri düşünülmektedir.

Mikroorganizmalar tarafından üretilen kalsiyum karbonatın endüstriyel ölçekte elde edilip özellikle çimentoların yapısına katılarak kendi kendini iyileştiren yapı kazanması fikri çeşitli araştırmacılar tarafından doğurulmuştur (Achal ve diğ., 2009; Li ve diğ., 2017; Seifan ve diğ., 2016). Ayrıca günümüzde, yapı için önemli olan çimentoların mikroorganizma açısından zenginleştirilmesi (Whiffin, 2004), mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimlerin dayanıklılığı (Li ve diğ., 2013; Dodia ve diğ., 2008) ve bu dayanıklı enzimlerin kimya endüstrisinde deterjanın yapısına katılması (Gupta ve diğ., 2002) gibi çalışmalar kaydedilmiştir. Bununla birlikte son yıllarda su kaynaklarının giderek tükenmesi ve arıtma tesislerinin önemi vurgulanmakta olup, mikroorganizma kaynaklı karbon presipitasyonunun biyomineralizasyon süreçleri işletilerek metal kirleticilerin etkisiz hale getirilebileceği ifade edilmiştir (Warren ve diğ., 2001, Fujita, 2008; Samer, 2015).

Çalışmamız kapsamında mağaradan izole edilen bakterilerin $CaCO_3$ üretme yetenekleri, üreaz aktiviteleri ve besiyeri üzerinde kristal üretme hızları araştırılmış ve bu bakterilerin cins / tür düzeyinde tanımlanması sağlanmıştır. Kristal oluşturduğu görülen bakterilerin mağara oluşumlarına katkısı ortaya çıkarılmış ve kalsiyum üretim hızının üreaz aktivitesi ile bağlantısı araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, besiyerinde ilk günlerde kristal üreten bakterilerin çoğunluğunun üreaz negatif özellik gösterdiği görülmüş, üreaz mekanizması haricinde $CaCO_3$ oluşumunu sağlayan diğer mekanizmaların da araştırılması gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmamız kapsamında tanımlaması yapılan bakterilerin dünya literatüründe gerek mağara duvarlarını aşındırarak gerekse kristal oluşturarark mağara yüzey oluşumlarına katkılarının olduğu görülmüştür.

Çalışmamız kapsamında izole edilen bakterilerin enzimatik, metabolik, ekolojik koşullarının değerlendirilmesi ile gelecekte çevresel izolatların ilaç, çevre temizliği, konstrüksiyon elemanlarının dayanıklılığı gibi alanlarda kullanılmasının planlanmasına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Achal, V., Mukherjee, A., Basu, C., Reddy, S., 2009, Strain improvement of *Sporosarcina pasteurii* for enhanced urease and calcite production, *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 36(7), 981-8.

Amann, I., Ludwig, W., Schleifer, H., 1995, Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation, *Microbiological Reviews*, 59(1), 143-69.

Bansal, R., Dhami, K., Mukherjee, A., Reddy, S., 2016, Biocalcification by halophilic bacteria for remediation of concrete structures in marine environment, *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 43(11), 1497-1505.

Barabesi, C., Galizzi, A., Mastromei, G., Rossi, M., Tamburini, E., Perito, B., 2006, *Bacillus subtilis* gene cluster involved in calcium carbonate biomineralization, *Journal of Bacteriology*, 189(1), 228-35.

Barış, Ö., 2009, *Erzurum ilindeki mağaralarda damlataşı oluşumunda etkili bakterilerin izolasyonu, karakterizasyonu ve tanısı*, doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Barton, A., Jurado, V., 2007, What's up down there: Microbial diversity in starved cave environments, *Microbe*, 2, 132-138.

Barton, A., Spear, R., Pace, R., 2001, Microbial life in the underworld: biogenicity in secondary mineral formations, *Geomicrobiology Journal*, 18, 359-368.

Baskar, S., Baskar, R., Chalia S., 2018, Calcite precipitation by *Rhodococcus sp*. isolated from Kotumsar cave, Chhattisgarh, India, *Current Science*, 114(5), 1063-1074.

Baskar, S., Baskar, R., Lee, N., Kaushik, A., Theophilus, P., 2008, Precipitation of iron in microbial mats of the spring waters of Borra Caves, Vishakapatnam, India: some geomicrobiological aspects, *Environmental Geology and Water Sciences*, 56, 237-243.

Baskar, S., Baskar, R., Mauclaire, L., McKenzie, J.A., 2006, Microbially induced calcite precipitation in culture experiments: Possible origin for stalactites in Sahastradhara caves, Dehradun, India, *Current Science*, 90(1), 58-64.

Bastian, F. ve Alabouvette, C., 2009, Lights and shadows on the conservation of a rock art cave: The case of Lascaux Cave, *International Journal of Speleology*, 38 (1), 55-60.

Belliveau, B., Starodub, M., Trevors, J., 1991, Occurrence of antibiotic and metal resistance and plasmids in *Bacillus* strains isolated from marine sediment, *Canadian Journal of Microbiology*, 37(7), 513–520.

Boquet, E., Boronate, A., Ramos-Cormenzana, A., 1973, Production of calcite (calcium carbonate) crystals by soil bacteria is a general phenomenon, *Nature*, 246, 527–529.

Braissant, O., Cailleau, G., Dupraz, C., Verrecchia, P., 2003, Bacterially induced mineralization of calcium carbonate in terrestrial environments: The role of exopolysaccharides and amino acid, *Journal of Sedimentary Research*, 73(3), 485–490.

Cacchio, P., Ercole, C., Cappuccio, G., ve Lepidi, A., 2003, $CaCO_3$ precipitation by bacterial strains isolated from a limestone cave and from a loamy soil, *Geomicrobiology Journal*, 20(2), 85–98.

Cao, C., Jiang, J., Sun, H., Huang, Y., Tao, F., Lian, B., 2016, Carbonate mineral formation under the influence of limestone-colonizing actinobacteria: Morphology and polymorphism, *Fronier in Microbiology*, 7, 366.

Castanier, S, Le Métayer-Levrel, G., Perthuisot, P., 1999, Ca carbonates precipitation and limestone genesis – the microbiologist point of view, *Sedimentary Geology*, 126(1-4), 9-23.

Castanier, S., Le M'etayer-Levrel, G., Perthuisot, P., 2000, *Bacterial roles in the precipitation of carbonate minerals* Microbial sediments, In: Riding RE, Awramik SM (eds), 32–39, Springer, Heidelberg, ISBN: 978-3-662-04036-2.

Chanal, A., Chapon, V., Benzerara, K., 2006, The desert of Tataouine: an extreme environment that hosts a wide diversity of microorganisms and radiotolerant bacteria, *Environmental Microbiology*, 8, 514–25.

Chaparro-Acuña, S., Becerra-Jiménez, M., Martínez-Zambrano, J., Rojas-Sarmiento, A., 2018, Soil bacteria that precipitate calcium carbonate: mechanism and applications of the process, *Acta Agronómica,* 67 (2), 277-288.

Chen, Y., Wu, L., Boden, R., 2009, Life without light: microbial diversity and evidence of sulfur- and ammonium-based chemolithotrophy in Movile Cave, *ISME J*, 3, 1093-1104.

Chunxiang, Q., Ruixing, W., Liang, C., Jianyun, W., 2010, Theory of microbial carbonate precipitation and its application in restoration of cement-based materials defects, *Chinese Journal of Chemistry*, 28 (5), 847-857.

Cunningham, I., Northup, D., Pollastro, R., 1995, Bacteria, fungi and biokarst in Lechuguilla Cave, Carlsbad Caverns National Park, New Mexico, *Geo*, 25, 2-8.

Çandıroğlu, B., 2018, *Bir mağaradan izole edilen bakterilerin antimikrobiyal madde üretme yeteneği ve antibiyotik dirençliliği*, yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

De Leo, F., Iero, A., Zammit, G., Urzì, C., 2012, Chemoorganotrophic bacteria isolated from biodeteriorated surfaces in cave and catacombs, *International Journal of Speleology*, 41(2), 125-136.

De Muynck, W., De Belie, N., Verstraete, W., 2010, Microbial carbonate precipitation in construction materials: a review, *Ecological Engineering*, 36, 118–136.

DeJong, J., Mortensen, B., Martinez, C., Nelson, C., 2010, Bio-mediated soil improvement, *Ecological Engineering*, 36, 197–210.

Dhami, N., Mukherjee, A., Reddy, M., 2012, Improvement in strength properties of ash bricks by bacterial calcite, *Ecological Engineering*, 39, 31-35.

Dittrich, M., Sibler, S., 2010, Calcium carbonate precipitation by cyanobacterial polysaccharides, *Geological Society London Special Publications*, 336, 51–63.

Dodia, M., Rawal, C., Bhimani, H., Joshi, R., Khare, S., Singh, S., 2008, Purification and stability characteristics of an alkaline serine protease from a newly isolated *Haloalkaliphilic bacterium sp*. AH-6., *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 35(2), 121-31.

Dupraz, C., Reid, P., Braissant, O., Decho, W., Norman, S., Visscher, T., 2009, Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats, *Earth-Science Reviews*, 96(3), 141–162.

Engel, A., Stern, L., Bennett, P., 2004, Microbial contributions to cave formation: New insights into sulfuric acid speleogenesis, *Geology*, 32 (5), 369–372.

Ercole, C., Cacchio, P., Botta, L. A., Centi, V., Lepidi, A., 2007, Bacterially induced mineralization of calcium carbonate: The role of exopolysaccharides and capsular polysaccharides, *Microscopy Microanalysis*, 13(1), 42–50.

Fein, J., 2016, Advanced biotic ligand models: Using surface complexation modeling toquantify metal bioavailability to bacteria in geologic systems, *Chemical Geology*, 464, 133-135.

Fernandes, A., Perl, T., Herwaldt, L., 1996, *Staphylococcus cohnii*: a case report on an unusual pathogen, *Clinical Performance and Quality Healthcare*, 4(2), 107–109.

Folk, R, Chafetz, H., 1980, Quaternary travertine of Tivoli (Roma), Italy: bacterially constructed carbonate rock, *Geological Society of America*, 12(7), 428.

Fujita, Y., Taylor, J., Gresham, T., Delwiche, M., Colwell, F., Mc Ling, T., ve diğ., 2008, Stimulation of microbial urea hydrolysis in groundwater to enhance calcite precipitation, *Environmental Science & Technology*, 42(8), 3025-3032.

Gaálová, B., Donauerová, A., Seman, M., ve Bujdáková, H., 2014, Identification and ß-lactam resistance in aquatic isolates of *Enterobacter cloacae* and their status in microbiota of Domica Cave in Slovak karst (Slovakia), *International Journal of Speleology*, 43 (1), 69-77.

González-Muñoz, M., Rodriguez-Navarro, C., Martínez-Ruiz, F., Arias, J., Merroun, M., ve Rodriguez-Gallego, M., 2010, Bacterial biomineralization: new insights from *Myxococcus*-induced mineral precipitation, *Geological Society London Special Publications*, 336, 31–50.

Griesbeck, C., Günter, H., Schütz, M., 2000, Biological sulfide-oxidation: sulfide-quinone reductase (SQR), the primary reaction, In: Pandalai SG, editor. Recent research developments in microbiology, *India: Research Signpost*, 4, 129–203.

Grossart, H., Gust, G., 2009, Hydrostatic pressure affects physiology and community structure of marine bacteria during settling to 4000 m: an experimental approach, *Marine Ecology Progress Series*, 390, 97–104.

Groth, I., Schumann, P., Laiz, L., Sanchez-Moral, S., Canaveras, J., ve Saiz-Jimenez, C., 2001, Geomicrobiological study of Grotta dei Cervi, Porto Badisco, Italy, *Geomicrobiology Journal*, 18, 241-258.

Groth, I., Vettermann, R. Schuetze, B., Schumann, P., Saiz-Jimenez, C., 1999, Actinomycetes in karstic caves of northern Spain (Altamira and Tito Bustillo), *Journal of Microbiological Methods*, 36(1-2), 115–122.

Gulecal-Pektas, Y., Temel, M., 2017, A Window to the Subsurface: Microbial diversity in hot springs of a sulfidic cave (Kaklik, Turkey), *Geomicrobiology Journal*, 34(4), 374-384.

Gupta, R., Beg Q., Lorenz P., 2002, Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 59(1), 15–32.

Gupta, G., Srivastava, S., Khare S., ve Prakash V., 2014, Extremophiles: An overview of microorganism from extreme environment, *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology*, 7(2), 371-380.

Güher, H., 2000, A faunistic study on the freshwater cladocera (*Crustacea*) species in Turkish thrace (Edirne, Tekirdağ, Kırklareli), *Turkish Journal of Zoology*, 24(3), 237-243.

Hammes, F., Verstraet, W., 2002, Key roles of pH and calcium metabolism in microbial carbonate precipitation, *Environmental Science & BioTechnology*, 1: 3–7.

Hauptmann, A., Stibal, M., Bælum, J., Sicheritz-Pontén, T., Brunak, S., Bowman, J., Hansen, L., Jacobsen, C., Blom, N., 2014, Bacterial diversity in snow on North Pole ice floes, *Extremophiles : life under extreme conditions*, 18(6), 945-51.

Høeg, O., 1942, The Downtonian and Devonian flora of Spitsbergen: Norges Svalbard-og Ishavs-*Undersøkelser Skrifter,* 83, 228.

Hose, L., Palmer, A., Palmer, M., Northup, D., Boston, P., Duchene, H., 2000, Microbiology and geochemistry in a hydrogen-sulphide-rich karst environment, *Chemical Geology*, 169, 399-423.

Hou, N., Xia, Y., Wang, X., Liu, H., Liu H., Xun, L., 2018, H_2S biotreatment with sulfide-oxidizing heterotrophic bacteria, *Biodegradation*, 29(6), 511–524.

Ikner, L., Toomey, R., Nolan, G., Neilson, J., Pryor, B., Maie, R., 2007, Culturable microbial diversity and the impact of tourism in kartchner caverns, Arizona, *Microbial Ecology*, 53(1), 30–42.

Ivanova, V., Tomova, I., Kamburov, A., Tomova, A., Vasileva-Tonkova E., Kambourova M., 2013, High phylogenetic diversity of bacteria in the area of prehistoric paintings in Magura Cave, Bulgaria, *Journal of Cave and Karst Studies*, 75(3), 218–228.

Joshi, S., Banerjee S., 2014, Ultra structural analysis of calcite crystal patterns formed by biofilm bacteria associated with caves peleothems, *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 2, 217–223.

Jurado, V., Porca, E., Cuezva, S., Fernandez-Cortes, A., Sanches-Moral, S., Saiz-Jimenez, C., 2010, Fungal outbreak in a Show Cave, *Science of the Total Environment*, 408(17), 3632-3638.

Kaeberlein, T., Lewis, K. ve Epstein, S., 2002, Isolating "uncultivable" microorganisms in pure culture in a simulated natural environment, *Science*, 296, 1127–1129.

Kampfer, P., Nienhuser, A., Packroff, G., Wernicke, F., Mehling, A., Nixrof, K., Fiedler, S., Kolauch, C., Esser, M., 2008, Molecular identification of coliform bacteria isolated from drinking water reservoirs with traditional methods and the Colilert-18 system, *The International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211(3-4), 374-384.

Kavazanjian, E. ve Karatas, İ., 2008, Microbiological Improvement of the Physical Properties of Soil, *International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, 11-16 Aug., Arlington Virginia, Missouri University of Science and Technology, 1.

Keiko, S., Tomohiko, Y., Masami, T., 2002, Synthesis of aragonite from calcined scallop shell at ambient temperatures and their morphological characterization by FE-SEM. *Shigen-to-Sozai*, 118(8), 553–558.

Kremer, B., Kazmierczak, J., Stal, L., 2008, Calcium carbonate precipitation in cyanobacterial mats from sandy tidal flats of the North Sea, *Geobiology*, 6(1), 46–56.

Laiz, L., Groth, I., Gonzalez, I. ve Saiz-Jimenez, C., 1999, Microbiological study of the dripping waters in Altamira Cave (Santillana del Mar, Spain), *Journal of Microbiological Methods*, 36(1-2), 129-138.

Lanan, M., Rodrigues, P., Agellon, A., Jansma, P., Wheeler, E., 2016, A bacterial filter protects and structures the gut microbiome of an insect, *The ISME Journal*, 10, 1866–1876.

Lemriss, S., Laurent, F., Couble, A., Casoli, E., Lancelin, J., Saintpierre-Bonaccio, D., Rifai, S., Fassouane, A. ve Boiron, P., 2003, Screening of nonpolyenic antifungal metabolites produced by clinical isolates of actinomycetes, *Canadian Journal of Microbiology*, 49(1), 669–674.

Li Y., Niu D., Zhang L., Wang Z., Shi G., 2013, Purification, characterization and cloning of a thermotolerant isoamylase produced from *Bacillus sp.* CICIM 304., *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 40(5), 437-46.

Li, M., Zhu, X., Mukherjee, A., Huang, M., Achal, V., 2017, Biomineralization in metakaolin modified cement mortar to improve its strength with lowered cement content, *Journal of Hazardous Materials*, 329, 178–184.

Long, Y., Jiang, J., Hu, X., Zhou, J., Hu, J. ve Zhou, S., 2019, Actinobacterial community in Shuanghe Cave using culture-dependent and -independent approaches, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, 153.

Lowenstam, H. ve Weiner, S., 1989, *On Biomineralization*, Oxford University Press, Newyork, 336.

Mann, C., Nelson, W., 1989, Microbialitic structures in Storr's Lake, San Salvador Island, Bahamas Islands, *Palaios,* 4, 287–293.

Meier, A., Kastner A., Harries D., Wieczorek M., Majzlan J., Büchel G., Kothe E., 2017, Calcium carbonates: induced biomineralization with controlled macromorphology, *Biogeosciences,* 14, 4867–4878.

Métayer-Levrel, L., Castanier, G., Orial, G., Loubière, J., Perthuisot, J., 1999, Applications of bacterial carbonatogenesis to the protection and regeneration of limestones in buildings and historic patrimony, *Sedimentary Geology*, 126(1), 25-34.

Milli Park Servisi, "Mağara Jeolojisi", https://www.nps.gov/grba/learn/nature/cave-geology-in-depth.htm, [Son erişim tarihi: 28 Kasım 2019].

Mitchell, A., Dideriksen, K., Spangler, L., Cunningham, A., Gerlach, R., 2010, Microbially enhanced carbon capture and storage by mineral-trapping and solubility-trapping, *Environmental Science & Technology,* 44(13), 5270-5276.

Montaño-Salazar, M., ve diğ., 2017, Isolation and Potential Biocementation of Calcite Precipitation Inducing Bacteria from Colombian Buildings, *Current Microbiology,* 75(3), 256–265.

Moore, G., 1952, Speleothem—a new cave term, *National Speleological Society*, 10(6), 2.

Morita, R.,1980, Calcite precipitation by marine bacteria, *Geomicrobiology Journal,* 2(1), 63-82.

Murai, R., ve Yoshida, N., 2013, *Geobacillus thermoglucosidasius* endospores function as nuclei for the formation of single calcite crystals, *Applied and Environmental Microbiology*, 79(9), 3085–3090.

Nawarathna, T., Nakashima, K., Kawasaki, S., 2017, Enhancement of microbially induced carbonate precipitation using organic biopolymer, *International Journal of Geomate*, 14(41), 7-12.

Nazik, L. ve diğ., 1998, *Dupnisa Mağara Sistemi (Demirköy-Kırklareli) Araştırma Raporu Mimari ve Elektrifikasyon Uygulama Projesi,* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, 5-17.

Nazik, L., ve Bayarı, S., 2018, Mağara Zengini Ülke: Türkiye, *Mavi Gezegen*, 24, 7-10.

Nealson, K., Inagaki, F., Takai, K., 2005, Hydrogen-driven subsurface lithoautotrophic microbial ecosystems (SLiMEs): do they exist and why should we care? *Trends Microbiology*, 13(9), 405-410.

Northup, D. ve Lavoie, K., 2001, Geomicrobiology of Caves: A review, *Geomicrobiology Journal*, 18, 199–222.

Northup, D., Dahm, C., Melim, L., Spilde, M., Crossey, L., Lavoie, K., Mallory, L., Boston, P., Cunningham, K., ve Barns, S., 2000, Evidence for geomicrobiological interactions in Guadalupe caves, *Journal of Cave and Karst Studies*, 62(2), 80-90.

Northup, D., Barns, S., Yu, L., Spilde, M., Schelble, R., Dano, K., Crossey, L., Connolly, C., Boston, P., Natvig, D., Dahm, C., 2003, Diverse microbial communities inhabiting ferromanganese deposits in Lechuguilla and Spider Caves, *Environmental Microbiology*, 5(11), 1071-1086.

Omar, N., Martínez-Cañamero, M., González-Muñoz, M., Arias, J., ve Huertas, F., 1995, Myxococcus xanthus' killed cells as inducers of struvite crystallization. Its possible role in the biomineralization processes, *Chemosphere*, 30(12), 2387–2396.

Paksuz, S., Özkan, B., Postawa, T., 2007, Seasonal Changes of Cave-dwelling Bat Fauna and Their Relationship with Microclimate in Dupnisa Cave System (Turkish Thrace), *Acta Zoological Cracoviensia*, 50 A (1-2), 57-66.

Palmer, A.N., 1991, Origin and morphology of limestone caves, *Geological Society of America Bulletin*, 103, 1-21.

Päßler, F., Jarochowska, E., Bestmann, M., Munnecke, A., 2018, Distinguishing between biologically induced and biologically controlled mineralization in fossil organisms using electron backscatter diffraction (EBSD), *Geophysical Research Abstracts*, 6,16.

Pedley, H. M., Rogerson, M., 2010, Tufas and speleothems: unravelling the microbial and physical controls, *Geological Society of London*, 148(4), 684.

Pektas, G., 2016, Bacterial diversity and composition in Oylat Cave (Turkey) with combined Sanger/Pyrosequencing approach, *Polish Journal of Microbiology*, 65(1), 69–75.

Pektaş, G., Temel, M., 2017, A Window to the Subsurface: Microbial Diversity in Hot Springs of a Sulfidic Cave (Kaklik, Turkey), *Geomicrobiology Journal*, 34(4), 374-384.

Pham, V., Yong, J., Park, S., Yoon, D., Chung, W., Rhee, S., 2008, Molecular analysis of the diversity of the sulfide : quinone reductase (sqr) gene in sediment environments, *Microbiology*, 154(10), 3112–3121.

Plette, A., Benedetti, M., van Riemsdijk, W., 1996, Competitive binding of protons, calcium, cadmium, and zinc to isolated cell walls of a gram-positive bacterium, *Environmental Science & Technology*, 30(6), 1902–1910.

Portillo, M., Jimenez, S., Gonzalez, M., 2009, Molecular characterization of total and metabolically active bacterial communities of "white colonizations" in the Altamira Cave, Spain, *Research in Microbiology*, 160, 41-47.

Qian, C., Wang, R., Cheng, L., ve Wang, J., 2010, Theory of microbial carbonate precipitation and its application in restoration of cement-based materials defects, *Chinese Journal of Chemistry*, 28(5), 847–857.

Radaelli, A., Paganini, M., Basavecchia, V., Elli, V., Neri, M., Zanotto, C., De Giuli Morghen, C., 2004, Identification, molecular biotyping and ultrastructural studies of

bacterial communities isolated from two damaged frescoes of St Damian's Monastery in Assisi, *Letters in Applied Microbiology*, 38, 447–453.

Rastogi, G., Ranade, R., Yeole, Y., Gupta, K., Patole, S., Shouche, S., 2009, Novel methanotroph diversity evidenced bymolecular characterization of particulate methanemonooxygenase A (pmoA) genes in a biogas reactor, *Microbiological Research* 164(5), 536-544.

Reasoner, D.J. ve Geldreich, E.E., 1985, A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water, *Applied Environmental Microbiology*, 49, 1-7.

Reeburgh, W., 2007, Oceanic methane biogeochemistry, *Chemical Reviews*, 107(2), 486-513.

Ríos, A., Bustillo, M., Ascaso, C., Carvalho, M., 2011, Bioconstructions in ochreous speleothems from lava tubes on Terceira Island (Azores), *Sedimentary Geology*, 236(1-2), 117-128.

Rivadeneyra, M., Delgado, R., P´arraga, J., Ramos- Cormenzana, A., Delgado, G., 2006, Precipitation of minerals by 22 species of moderately halophilic bacteria in artificial marine salts media: influence of salt concentration, *Folia Microbiologica*, 51, 445-453.

Rodríguez-Nava, V., Zoropoguy, A., Laurent, F., Blaha, D., Couble, A., Mouniée, D., Boiron, P., 2008, La nocardiose, une maladie en expansion, *Antibiotiques*, 10, 115-127.

Samer, M., 2015, *Biological and Chemical Wastewater Treatment Processes*, https://www.intechopen.com/books/wastewater-treatment-engineering/biological-and-chemical-wastewater-treatment-processes, [Ziyaret Tarihi: 15.01.2019].

Sand, W., 1997, Microbial mechanisms of deterioration of inorganic substrates—a general mechanistic review, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 40, 183–190.

Sarda, D., Choonia, S., Sarode, D., Lele, S., 2009, Biocalcification by Bacillus pasteurii urease: a novel application, *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnolog*, 36(8), 1111–1115.

Seifan, M., Samani, A., Berenjian, A., 2017, New insights into the role of pH and aeration in the bacterial production of calcium carbonate ($CaCO_3$), *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(8), 3131–3142.

Seifan, M., Samani, A., Berenjian, A., 2016, Bioconcrete: next generation of self-healing concrete, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(6), 2591–2602.

Selvi, B., 1999, *Ballıca Mağarası (Tokat) Alg Florası,* Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Shapiro, J., Pringle, A., 2010, Anthropogenic influences on the diversity of fungi isolated from caves in Kentucky and Tennessee, *The American Midland Naturalist*, 163, 76-86.

Shoji, R., Folk, R.L., 1964, Surface morphology of some limestone types as revealed by electron microscopy, *Journal of Sedimentary Petrology*, 34(1), 144-155.

Slepecky, R., Hemphill, H., 1992, *The genus Bacillus—nonmedical*, The Prokaryotes, In: Balows, A, Tru¨per, HG, Dworkin, M, Harder, W, Schliefer, K-H (Eds.), 1.2.16, 4, Springer Verlag, NY, 1663.

Stabnikov, V., Jian, C., Ivanov, V., Li, Y., 2013, Halotolerant, alkaliphilic urease-producing bacteria from different climate zones and their application for biocementation of sand, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(8), 1453–1460.

Stocks-Fischer, S., Galinat, K., Bang, S., 1999, Microbiological precipitation of $CaCO_3$, *Soil Biology Biochemistry*, 31(11), 1563-1571.

Tok, E., 2016, *The Bacterial and Archeal Biodiversity of Insuyu Cave*, doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.

Tomczyk-Żak, K., Zielenkiewicz, U., Microbial Diversity in Caves, 2016, *Geomicrobiology Journal*, 33(1), 20-38.

Tomova, I., Lazarkevich, I., Tomova, A., Kambourova, M., Vasileva-Tonkova, E., 2013, Diversity and biosynthetic potential of culturable aerobic heterotrophic bacteria isolated from Magura Cave, *International Journal of Speleology*, 42(1), 65-76.

Visscher, P., Reid, P., Bebout, B., 2000, Microscale observations of sulfate reduction: Correlation of microbial activity with lithified micritic laminae in modern marine stromatolites, *Geology*, 28(10), 919-922.

Warren, L., Maurice, P., Parmar, N., Ferris, F., 2001, Microbially mediated calcium carbonate precipitation: implications for interpreting calcite precipitation and for solid-phase capture of inorganic contaminants, *Geomicrobiology*, 18(1), 93-115.

Went, F., 1969, Fungi associated with stalactite growth, *Science*, 166(3903), 385-386.

Whiffin, S., 2004, *Microbial $CaCO_3$ Precipitation for the production of Biocement* , Thesis (PhD), Murdoch University.

Winogradsky, S., 1949, *Microbiologie du sol: problèmes et méthodes*, Masson, Paris.

Wiseschart, A., Mhuanthong, W., Thongkam, P., Tangphatsornruang, S., Chantasingh, D., Pootanakit, K., 2018, Bacterial diversity and phylogenetic analysis of type II polyketide synthase gene from Manao-Pee Cave, Thailand, *Geomicrobiology.*, 35(6) 518–527.

Xia, F., Zhang, H., Wei, X., 2015, Characterization of H_2S removal and microbial community in landfill cover soils, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 18906-18917.

Xia, Y., Lü, C., Hou, N. ve diğ., 2017, Sulfide production and oxidation by heterotrophic bacteria under aerobic conditions, *ISME J.*, 11(12), 2754–2766.

Yavuzatmaca, M. ve diğ., 2012, Ostracoda (Crustacea) from freshwater caves in the western Black Sea region of Turkey, *Cave and Karst Science*, 39(2), 53-58.

Yücel, S. ve Yamaç, M., 2010, Selection of streptomyces isolates from Turkish karstic caves against antibiotic resistant microorganisms, *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23(1), 1-6.

Zamarren, Dania V., Inkpen, R., May, E., 2009, Carbonate Crystals Precipitated by freshwater bacteria and their use as a limestone consolidant, *Applied and Environmental Microbiology*, 75(18), 5981–5990.

Zhou, J., Gu, Y., Zou, C., Mo, M., 2007, Phylogenetic diversity of bacteria in an Earth-Cave in Guizhou Province, Southwest of China, *The Journal of Microbiology*, 45(2), 105-112.

Zhu, T., Dittrich, M., 2016, Carbonate precipitation through microbial activities in natural environment, and their potential in biotechnology: A Review, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 4, 4.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Merve Dilek GÜLCÜ
Doğum Yeri	Bakırköy
Doğum Tarihi	01.01.1991
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0538 332 97 42
E-Posta Adresi	merveglc@gmail.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	12.07.2013

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji
Programı	Biyoloji

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Anabilim Dalı Adı
Programı	Program Adı

Makale ve Bildiriler