

Artabel Gölleri (Gümüşhane) Sedimentlerinden İzole Edilen Aktinobakterilerin Antimikrobiyal Madde ve Endüstriyel Önemi Olan Enzimleri Üretme Kapasitelerinin Belirlenmesi

Kadriye ÖZCAN^{1*}

¹Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Giresun, Türkiye.

*^{ORCID}: <https://orcid.org/0000-0002-4913-6035>

Received date: 06.05.2019

Accepted date: 13.06.2019

Atf yapmak için: Özcan, K. (2019). Artabel gölleri (Gümüşhane) sedimentlerinden izole edilen aktinobakterilerin antimikrobiyal madde ve endüstriyel önemi olan enzimleri üretme kapasitelerinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(2), 166-173.

How to cite: Özcan, K. (2019). Determination of capacity of actinobacteria isolated from Artabel lakes (Gümüşhane) sediment to produce antimicrobial agents and enzymes of industrial importance. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 4(2), 166-173.

Öz: Bu çalışmada, Artabel göllerinden alınan sediment örneklerinden aktinobakteri izolasyonu gerçekleştirilmiş ve izolatların antimikrobiyal ve enzim üretme kapasiteleri araştırılmıştır. 5 farklı göl sedimentinden SCA, R2A, M6, SM3, AIA ve M1 besiyerileri kullanılarak toplamda 48 izolat elde edilmiştir. İzolatların, çapraz çizgi ekim ile antimikrobiyal aktivitesi, uygun besiyeriler kullanılarak hazırlanan petrielerde ise lipaz, amilaz, proteaz, pektinaz ve selüloz enzim üretim kapasiteleri belirlenmiştir. Tarama sonucunda izolatların %9,2'si antimikrobiyal ve %85,4'ü enzim aktivitesi göstermiştir. Bununla birlikte, %8,3'ü herhangi bir aktivite göstermemiştir. Antimikrobiyal aktivite yoğun olarak *C. albicans* (%64,6) üzerine gerçekleşirken, *S. thyphymurium*'a karşı aktivite tespit edilmemiştir. İzolatlar en fazla amilaz enzimini üretme eğilimine sahip bulunmuştur. Besiyeri ve aktif izolatlar arasındaki bağlantı incelendiğinde, SCA en fazla aktinobakterinin izole edildiği besiyeri bulunmuştur. Diğer taraftan SCA, *C. albicans* inhibisyonu yüksek olan izolatların elde edilmesini de sağlamıştır. Bu çalışmada, M6 ve SCA enzim üretimi, M1 ise antimikrobiyal aktivite taramalarında aktif izolatların elde edilmesi bakımından en etkili besiyeriler olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak Artabel göllerinden elde edilen aktinobakterilerin geniş spektrumda antimikrobiyal ve enzim üretim kapasitesine sahip olduğu bulunmuştur. Bu özellikleri nedeniyle endüstriyel veya farmakolojik öneme sahip bileşiklerin eldesinde kaynak olarak kullanılma potansiyelleri olduğu düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Aktinobakteri, antimikrobiyal aktivite, Artabel, enzim üretim kapasitesi, göl sediment.

Determination of Capacity of Actinobacteria Isolated From Artabel Lakes (Gümüşhane) Sediment to Produce Antimicrobial Agents and Enzymes of Industrial Importance

Abstract: In this study, actinobacteria were isolated from the sediment samples taken from Artabel lakes and, antimicrobial and enzyme production capacity of the isolates were investigated. A total of 48 isolates were obtained from 5 different lake sediments using SCA, R2A, M6, SM3, AIA and M1 media. The antimicrobial activity of the isolates by cross-line sowing and the enzyme production capacities on lipase, amylase, protease, pectinase, and cellulase were determined in the petri dishes prepared using suitable media. As a result of the screening, 9.2% of the isolates showed antimicrobial and 85.4% of the isolates enzyme activity. However, 8.3% of them did not exhibit any activity. While antimicrobial activity was intensely performed on *C. albicans* (64.6%), activity against *S. thyphymurium* was not detected. The isolates were mostly produce the amylase. When the relationship between the medium and active isolates was examined, the SCA was the medium in which the actinobacteria were most isolated. On the other hand, SCA also allowed to obtain isolates with high *C. albicans* inhibition. In this study, M6 and SCA were found to be the most effective medium for enzyme production and M1 for active isolates in screening antimicrobial activity. As a result, it was found that actinobacteria obtained from Artabel lakes have a wide spectrum of antimicrobial agents and enzyme production capacities. Because of these properties, it is considered that they have the potential to be used as a source for the extraction of industrial or pharmacologically important compounds.

Keywords: Actinobacteria, antimicrobial activity, Artabel, enzyme production capacity, lake sediment.

GİRİŞ

Aktinobakteriler, Gram pozitif, yüksek G+C içeriğine sahip ipliksi mikroorganizmalardır. Petrilerde çok farklı şekillerde ve renklerde bulunmalarının yanı sıra spor oluşturma meyilleri ile de ayırt edilebilirler. Koloni renkleri beyaz, pembeden yeşil ve gri tonlara varan çeşitlilikte görülebilir. Yine petride pudramsı, toz gibi dağılan spor oluşumları görmek mümkünse de daha sıkı koloniler, derimsi yapı veya batık oluşumu da görülebilir (Waksman, 1989). Aktinobakteriler karasal ve sucul habitatlarda doğal olarak bulunan mikroorganizmalardır (Das vd., 2014, Goodfellow ve Williams, 1983; Özcan vd., 2013; Abdelmohsen vd., 2014) ve organik moleküllerin parçalanması ve biyolojik aktif bileşiklerin sentezinden sorumludurlar (Naikpatil ve Rathod). Sahip oldukları özel yetenekleri sayesinde endüstride, antibiyotikler, vitaminler ve enzimler gibi farklı özellikteki birçok biyoaktif madde üreticileri konumunda olmaları sebebiyle ekonomik önemleri vardır (DeBoer vd., 2005). Aktinobakteriler günümüze kadar keşfedilen antitümöral, immünoşüpresif ajanlar, enzimler ve özellikle antibiyotikler gibi biyoaktif ikincil metabolitlerin neredeyse yarısının üretiminden sorumludur (Berdy, 2005; Cragg ve Newman, 2005; Mann, 2001; Oldfield vd., 1998; Peczniska-Czoch ve Mordarski, 1988; Strohl, 2004). Bilinen antibiyotiklerin büyük bir kısmı aktinobakterilerden elde edilmiştir (Kekuda vd., 2010).

Ticari olarak temin edilebilen enzimlerin kaynağı bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalardır. Bununla birlikte ticari olarak temin edilebilen enzimlerin büyük kısmı, mikroorganizmalar tarafından üretilir. Mikroorganizmalardan enzim üretimi, beslenme gereksinimi kolaylığı, hızlı büyüme vb. işlemlerinden dolayı araştırmacılar tarafından daha fazla rağbet görmektedir (Leisola vd., 2004). Endüstride biyoteknoloji ve biyomedikal alanlarında yaygın kullanılan enzimlerin pek çok *Actinomyces* suşu tarafından üretildiği bildirilmiştir (Divya vd., 2013).

Mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler, çok sayıda reaksiyon için potansiyel biyokatalizörler olarak kabul edilir. Mikrobiyal kaynaktan türetilen enzimler genellikle güvenli olarak kabul edilir ve çok çeşitli sıcaklık, pH, tuzluluk veya diğer aşırı koşullarda çalışırlar. Aktinobakteriler, metabolik yönlülükleri için iyi tanımlanmış ve tanınan en çeşitli mikroorganizma gruplarından biri olmakla beraber selüloz, kitin ve pektin gibi organik maddelerin ayrışmasında hayati bir rol oynarlar. Böylelikle karbon döngüsünde önemli bir rol oynarlar ve toprak yapısının korunmasına yardımcı olurlar (Priyadharsini ve Dhanasekaran, 2015; Kim, 2016).

Farmasötik ve ticari önemi olan aktinobakteriler ve onların ürettiği biyoaktif bileşenlerin farklı ekstrem bölgelerden çalışılması önemlidir. Çünkü içinde buldukları ortam mikroorganizmaların farklı sekonder metabolit üretimini teşvik etmektedir. Dolayısı ile farklı bölgelerden

aktinobakterilerin izolasyonu, daha önce elde edilmiş ürünlerden farklı özelliklerde biyoaktif metabolit eldesine yol açmaktadır. Bu çalışmada Artabel Tabiat Parkı içerisinde yaklaşık 2800-3000 m yükseklikte yer alan ve daha önce benzer bir çalışma yapılmamış 5 farklı gölden aktinobakteri izolasyonu, izolatların antibiyotik ve enzim üretim kapasitesi bakımından incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Sediment örneklerinin toplanması: Sediment örnekleri Artabel Gölleri Tabiat Parkı'nda yer alan 5 buzul gölden steril 50 mL hacimli falcon tüplere alınmıştır. Alınan örnekler soğuk zincirde laboratuvara taşınmış ve vakit kaybetmeden izolasyon işlemine geçilmiştir. Örnekler için bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Aktinobakterilerin izolasyonu: İzolasyon için aktinobakteriler için uygun olan ve sıklıkla kullanılan besiyeriler tercih edilmiştir. İzolasyon besiyeri olarak SCA (10 g nişasta, 0,3 g kazein, 2 g KNO₃, 0,05 g MgSO₄.7H₂O, 2 g K₂HPO₄, 2 g NaCl, 0,02 g CaCO₃, 0,01 g FeSO₄.7H₂O), M6 (4 g et özütü, 4 g pepton, 1 g maya özütü, 10 g glukoz, 10 g NaCl), M1 (10g nişasta, 4 g maya özütü, 2 g pepton), SM3 (10 g glukoz, 5 g pepton, 3 g tripton), R2A (15.2 g) ve AİA (22 g, 5 g gliserol) 1 L hacimde pH 7 olacak şekilde hazırlanmış, her besiyeriye nistatin (20 µg/mL) ve nalidiksik asit (50 µg/mL) eklenmiştir. Sediment örnekleri 10⁰-10⁻⁶ aralığında seyreltilmiş ve 15-21 gün 15°C sıcaklıkta inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda aktinobakteri kolonileri, izolasyon besiyerileri kullanılarak pasajlanmış ve saflaştırılmıştır. Saflık kontrolü Gram boyama yapılarak mikroskopik inceleme yoluyla yapılmıştır. Ayrıca izolatlar, morfolojik olarak seçimlerini sağlamak amacıyla SFM (soya mannitol agar; %20 mannitol ve %20 soya unu, pH 8) besiyeriye aktarılarak spor oluşturmaları teşvik edilmiştir ve gliserol stokları yapılarak -20°C'de muhafaza edilmiştir.

Antimikrobiyal aktivite taraması: Antimikrobiyal aktivite taramasında 4 Gram (+), [*Enterococcus faecium* DSMZ 13590, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, MRSA ATCC 43300], 5 Gram (-) [*Escherichia coli* ATCC 29998, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Salmonella typhimurium* CCM 5445, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Yersinia enterocolitica* ATCC 27729], ve 2 maya (*Candida albicans* DSMZ 5817, *Candida tropicalis* NRRL YB-366) kullanıldı. Kullanılan mikroorganizmalar standart test suşlarıdır.

Çapraz çizgi ekim ile antimikrobiyal aktivite taraması gerçekleştirildi. Öncelikle, Müller Hinton agar petrilerinin tam orta kısmına düz çizgi şeklinde aktinobakteriler inoküle edilip 6-7 gün 20°C'de inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda aktinobakterilere 90° açıyla

test organizmaları petriye çizildi ve 37°C'de bir gece inkübasyona bırakıldı (Selvameenal vd., 2009). Test organizmaların aktinobakterilere uzaklığı (inhibisyonu) cetvel yardımıyla ölçüldü.

Lipaz üretme yeteneklerinin incelenmesi:

İzolatların lipaz üretme yetenekleri tribütrin agar besiyeri (%0,3 maya özütü, %0,5 pepton, %1 tribütrin, %2 agar; pH 6) petrilere 5 günlük inkübasyon sonunda aktinobakteri kolonilerinin etrafında şeffaf zon oluşumu ve zonun ölçümü yoluyla belirlenmiştir (Rapp ve Backhaus, 1992).

Amilaz üretme yeteneklerinin incelenmesi:

İzolatların amilaz aktivitesi nişasta agar besiyeride (%1 nişasta, %0,3 NaCl, %0,1 KH₂PO₄, %2 agar) 7 günlük inkübasyon sonrasında petrilere %1'lik lügol eklenerek belirlenmiştir. Lügol besiyeriyi koyu renge boyamakta amilaz üretiminin olduğu bölgede şeffaf zon oluşmasını sağlamaktadır. Aktivitenin varlığı aktinobakterilerin etrafında oluşan şeffaf zon ölçülerek belirlenmiştir (Fossi vd., 2009).

Proteaz üretme yeteneklerinin incelenmesi:

İzolatların proteaz üretme yetenekleri, %1 kazein, %0,5 maya özütü, %2 agar içeren besiyeride 7 günlük inkübasyon sonunda aktinobakterilerin etrafında oluşan şeffaf zon ölçümü ile belirlenmiştir (Mohamedin, 1999).

Selüloz üretme yeteneklerinin incelenmesi:

İzolatların selüloz üretme aktivitesi karboksimetilselüloz (CMC) besiyeri (%1,0 CMC, %0,3 NaCl, %0,1 KH₂PO₄, %2,0 agar) 7 günlük inkübasyon sonunda belirlenmiştir. Petri yüzeyine %0,1'lik Congo red solüsyonu uygulanmış 10 dakika bekletilmiş, sonrasında 1M NaCl solüsyonu ile petri yıkanmış ve 20 dakika sonunda aktivite belirlenmiştir. Selüloz üretimi olan aktinobakterilerin etrafında bu süre sonunda şeffaf zon oluşmuş ve zon ölçülerek aktivite kaydedilmiştir.

Pektinaz üretme yeteneklerinin incelenmesi:

İzolatların pektinaz üretme kabiliyetleri %1 pektin, %0,3 (NH₄)₂HPO₄, %0,2 KH₂PO₄, %0,3 K₂HPO₄, %0,01 MgSO₄, %2 agar içeren besiyeride 7 günlük inkübasyon sonunda aktinobakteri kolonilerinin etrafındaki şeffaf zon ölçülerek belirlenmiştir (Nagaraju Ve Divakar, 2013).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Artabel Tabiat Parkı içerisinde yer alan 5 gölden toplanan sediment örneklerinden aktinobakteri izolasyonu yapılmıştır. İzolasyon için SCA, R2A, M6, SM3, AİA, M1 besiyerileri kullanılmıştır. Toplamda 48 aktinobakteri izole edilip saflaştırılmış ve sonraki çalışmalarda materyal olarak kullanılmıştır. İzolatların bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. İzolasyonda kullanılan besiyeriler içerisinde en fazla aktinomiset izolasyonu SCA besiyeride gerçekleştirilirken bunu M1 > M6 > R2A > AİA > SM3 takip etmiştir (Tablo 2). İzolasyon veriminin yüksek olması SCA besiyerinin kullanılan besiyeriler içerisinde en yüksek mineral içeriğine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Besiyerilere fungal büyümeyi engellemek

için nistatin, Gram (-) bakterileri baskılamak için nalidiksik asit kullanılmıştır. Benzer çalışmalarda da bu bileşikler aktinobakteri izolasyon verimini arttırmak için izolasyon besiyerilere eklenmiştir (Tan vd., 2006; Vimal vd., 2009).

Tablo1. İzolatlar ve izolasyon bilgileri

İzolat	İzolasyon besiyeri	Göl	Koordinatlar	Yükseklik (m)	Örnek derinliği (m)	Sıcaklık (°C)	pH
AR1	SCA	1	508084D 4469253K	2687	0,5-1	16	6,7
AR2	SCA	1	508084D 4469253K	2687	0,5-1	16	6,7
AR3	M6	1	508084D 4469253K	2687	0,5-1	16	6,7
AR4	SCA	1	508084D 4469253K	2687	0,5-1	16	6,7
AR5	SCA	1	508084D 4469253K	2687	0,5-1	16	6,7
AR6	SCA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR7	SCA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR8	SCA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR9	SCA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR10	M6	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR11	M6	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR12	M6	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR13	SCA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR14	SCA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR15	R2A	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR16	SM3	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR17	SCA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR18	AİA	2	507502D 4469494K	2763	0,5-1	14	6,9
AR19	M6	3	507258D 4468905K	2875	0,5-1	14,5	6,8
AR20	M6	3	507258D 4468905K	2875	0,5-1	14,5	6,8
AR21	M6	3	507258D 4468905K	2875	0,5-1	14,5	6,8
AR22	M1	3	507258D 4468905K	2875	0,5-1	14,5	6,8
AR23	AİA	3	507258D 4468905K	2875	0,5-1	14,5	6,8
AR24	M1	3	507258D 4468905K	2875	0,5-1	14,5	6,8
AR25	R2A	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR26	R2A	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR27	SCA	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR28	SCA	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR29	SCA	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR30	SCA	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR31	SCA	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR32	SM3	4	507154D 4468615K	2890	0,5-1	14,1	7
AR33	SCA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR34	SCA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR35	SCA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR36	SCA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR37	SCA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR38	SCA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR39	M1	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR40	M1	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR41	M1	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR42	M1	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR43	M1	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR44	M1	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR45	M1	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR46	SCA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR47	R2A	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9
AR48	AİA	5	506940D 4469137K	2930	0,5-1	15	6,9

Tablo 2. Sediment örnekleri izolat sayısı-izolasyon besiyeri ilişkisi.

Örnek	SCA	R2A	M6	SM3	AİA	M1	Toplam izolat sayısı
1	4	0	1	0	0	0	5
2	7	1	3	1	1	0	13
3	0	0	3	0	1	2	6
4	5	2	0	1	0	0	8
5	7	1	0	0	1	7	16
Toplam	23	4	7	2	3	9	48

Aktinobakteri izolatlarının antimikrobiyal aktivitesi hızlı sonuç almayı sağlayan çapraz çizgi ekim ile gerçekleştirilmiştir. Toplam 11 mikroorganizmaya karşı inhibisyon aktivite araştırılmıştır. Test organizmaların farklı özellikleri temsil etmesine özen gösterilmiştir. Kullanılan mikroorganizmalardan 5'i Gram (-), 4'ü Gram (+) bakteri ve 2'si mayadır. Sonuçlar Tablo 3'te görülmektedir. Sonuç olarak 48 izolatın 38 tanesi (%79,2) en az 1 test mikroorganizmaya karşı aktivite gösterirken 10 tanesi hiçbir test mikroorganizmaya karşı etkinlik göstermemiştir. 14 izolat sadece 1 test mikroorganizmaya karşı inhibisyon

göstermiştir. İzolatların en etkili oldukları organizma *C. albicans* olurken (%64.6), *K. pneumoniae*'ye sadece 1 izolat (AR33), *S. thyphymurium*'a karşı ise aktivite tespit edilmemiştir. İzolatların aktivitesi *C. albicans* > *E. faecium* > *E. faecalis* > *Y. enterocolitica* > *C. tropicalis* > MRSA = *S. epidermidis* = *P. aeruginosa* = *E. coli* > *K. pneumoniae* sıralamasıyla gerçekleşmiştir.

1. göl sedimentinden elde edilen izolatların tüm test organizma gruplarına aktivitesinin homojen dağılım sergilediği görülmüştür. 2. göl sedimentinden elde edilen izolatlarda ise *C. albicans* üzerine güçlü aktivite ve Gram (+) organizmalara Gram (-)'lerden daha yüksek etkinlik tespit edilmiştir. 3. ve 4 göl örneklerinin antimikrobiyal etkinlik profili benzerlik göstermiştir; anticandidal aktivitesi yüksek

ve zayıf *E. coli* inhibisyonu görülmüştür. 5. gölden elde edilen izolatlar ise Gram (+) organizmalar üzerine yüksek aktivite sergilemiş bunu Gram (-) ve mayalar takip etmiştir.

Göl sedimentlerinden izole edilen aktinobakterilerin farklı bakteriler üzerine antimikrobiyal aktivitesi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir ve toprak aktinobakterilerine benzer şekilde antimikrobiyal aktivite potansiyelleri yüksek olduğu rapor edilmiştir (Terkina vd., 2006; Passari, 2018; Calvillo-Medina vd., 2019; Bondarczuk ve Piotrowska-Seget, 2019). Ayrıca deniz sedimentlerinden izole edilen aktinobakterilerin antimikrobiyal aktivitesinin araştırıldığı önceki çalışmamızda da izolatların yoğun olarak *C. albicans* üzerine etki gösterdikleri belirlenmiştir (Özcan vd., 2013).

Tablo 3. İzolatların antimikrobiyal aktivitesi

İzolatlar	İnhibisyon (mm)											
	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. thyphymurium</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>Y. enterocolitica</i>	<i>E. faecium</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>S. epidermidis</i>	MRSA	<i>C. albicans</i>	<i>C. tropicalis</i>	
AR1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	10	
AR2	5	-	-	20	-	10	3	-	-	35	30	
AR3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	
AR4	-	-	-	-	5	-	-	-	-	14	-	
AR5	-	-	-	-	30	-	-	-	-	18	-	
AR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	
AR7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
AR8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	
AR10	-	-	-	-	5	-	-	-	-	15	-	
AR11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	
AR12	-	-	-	-	-	-	-	5	-	10	-	
AR13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
AR14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR15	10	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-	
AR16	20	-	-	-	-	17	20	-	-	16	20	
AR17	-	-	-	-	-	10	10	-	-	20	-	
AR18	-	-	-	-	15	-	-	-	-	10	-	
AR19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	
AR20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	
AR23	5	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	
AR24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	
AR28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	
AR30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	10	
AR31	5	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	
AR32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	
AR33	-	20	-	-	-	-	-	-	-	20	-	
AR34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	
AR35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	
AR37	-	-	-	-	-	-	-	30	-	14	-	
AR38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	6	
AR39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AR40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	
AR41	-	-	-	20	20	23	23	-	18	-	-	
AR42	-	-	-	-	25	18	21	18	24	-	-	
AR43	-	-	-	-	26	14	16	14	15	-	-	
AR44	-	-	-	10	15	18	19	-	2	16	-	
AR45	-	-	-	20	25	20	21	21	18	-	-	
AR46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	
AR47	-	-	-	-	-	5	7	-	-	30	27	
AR48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

-:aktivite tespit edilmedi.

Hücre dışı enzimler, kağıt, tekstil, deterjan, kozmetik, biyosensörler, eczacılık, tarım, biyolojik arıtma gibi çeşitli endüstrilerde geniş ölçekli uygulamalarda kullanılmaktadır. Ticari ve endüstriyel önemleri nedeniyle hücre dışı enzimlere ilgi her geçen gün daha da artmaktadır (Sharma, 2014; Mojsov, 2012; Ibrahim, 2012; Oliveira vd., 2009). Mikrobiyal enzimler düşük maliyet, yoğun üretim, stabilite ve kolay bulunabilirlikleri ve çevrecil özellikleri sebebiyle endüstriyel işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çevresel ortamdaki birçok bakteri çeşidi,

mevcut zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olmak için verimli hücre dışı enzimler üretmektedir (Mohan ve Charya, 2012). Aktinobakteri cinsleri arasında ise *Streptomyces*, *Cellulomonas* ve *Thermomonospora*, hücre dışı enzimlerin üretimi için yaygın olarak kullanılan gruplardır (Priya vd., 2011; Chen vd., 2013). Klasik yaklaşımda hücre dışı enzimlerin üretimi için potansiyeli olan türlerin belirlenmesi, spesifik substratlarla desteklenmiş farklı ortamlara mikroorganizmalar aşılansak yapılmaktadır. Bu durumda petride, mikroorganizmanın etrafında enzim tarafından

hidrolize bağlı olarak ortaya çıkan şeffaf zon ölçülür (Das vd., 2014; Kumar vd., 2013; Ramakrishnan ve Narayanan, 2013; Manivasagan vd., 2010). Bu çalışmada da izolatların enzim üretim kapasitesi, uygun besiyeriler içeren petrielerde lipaz, amilaz, proteaz, pektinaz ve selüloz aktivitesi araştırılarak belirlenmiştir (Tablo 4). Yapılan taramada, 41 izolatta (%85,4) en az bir enzim üretiminin gerçekleştiği, 7 izolatın ise hiçbir enzimi üretmediği belirlenmiştir. Aktif izolatlardan 9 tanesi sadece 1 enzim üretme yeteneğine sahipken 32'si en az 2 enzimi üretme kapasitesine sahip bulunmuştur. İzolatlar en fazla amilaz üretme kapasitesine (%68) sahipken bunu lipaz > selüloz > pektinaz > proteaz üretme kapasitesi izlemiştir. Antimikrobiyal aktivitesi bulunmayan AR1, AR23 ve AR31 enzim üretme kapasitesine sahip bulunurken enzim üretmeyen 7 izolatta (AR8, AR20, AR21, AR25, AR26, AR35, AR39) ise antimikrobiyal aktivite tespit edilmiştir. 4 izolatta (AR14, AR24, AR28, AR48) ise ne antimikrobiyal ne de enzim aktivitesine rastlanmamıştır.

İzolasyon bölgelerine göre izolatların enzim üretim kapasitesine bakılırsa 1. gölden elde edilen izolatların %80, 2. göl izolatlarının %92,3, 3. göl izolatlarının %66,7, 4. göl izolatlarının %91,7 ve 5. göl izolatlarının %93,75'i en az 1 enzim üretme kapasitesine sahip bulunmuştur.

Üretimi araştırılan enzimlerden amilazlar pişirme, ilaç, kağıt hamuru endüstrisinde kullanıldığı gibi deterjan sanayinde de bileşiklerin deterjanlığını arttırmak için kullanılmaktadır (Shigeri vd., 2009). Pektinazlar ise gıda endüstrisinde meyve suyu durultma işlemi ve tekstil endüstrisinde keten işleme sürecinde tercih edilmektedir (Janaki vd., 2016). *Streptomyces* türlerinden elde edilen proteazlar deri işlemede kıl gideriminin yanısıra farklı tarımsal atıkların işlenmesinde kullanılmaktadır (Bentley vd., 2002). Yine *Nocardioopsis* türlerinin ürettiği proteazlar, önemli endüstriyel enzimler olarak bilinir ve deri, fırınlama, tekstil, deterjan, bira fabrikası, peynir ve saç yıkama endüstrisinde yaygın olarak kullanılması potansiyeline sahiptirler (Gohel ve Singh, 2012). Bakteriler ve funguslar tarafından üretilen selülozlar, biyoetanol ve biyometan üretiminde, ligand bağlama çalışmalarında tekstil endüstrisinde, kağıt hamuru ve kağıt yapımında, deterjan, hayvan yemi ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (de-Souza, 2013; Gupta vd., 2012; Azzedine vd., 2013; Sukumaran vd., 2005). Bu çalışmada elde edilen izolatların, izole edildiği sediment ve tüm deneylerin gerçekleştirildiği sıcaklığın (15°C) düşük olması, birçok endüstride ihtiyaç duyulan düşük sıcaklıkta etkin enzim üretimine destek olabilecek çalışmalarda kullanılma potansiyeli barındırdığı tespit edilmiştir. Bu veriler yapılacak ileri çalışmalara yön verebilecek niteliktedir. Özellikle deterjan sanayinde düşük sıcaklıkta etkin ürünler oluşturmak için, bu sıcaklıklarda etkin olan enzimlerle ürünün desteklenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada göl sedimentlerinden izole edilen izolatların düşük sıcaklıkta ekstraselüler enzim üretim kapasitesi oldukça yüksek bulunmuştur.

Tablo 4. izolatların enzim üretim kapasitesi.

İzolatlar	Enzim aktivitesi (mm)				
	Amilaz	Proteaz	Pektinaz	Selüloz	Lipaz
AR1	-	-	-	-	-
AR2	18	-	-	15	**
AR3	-	20	-	-	****
AR4	10	-	12	24	-
AR5	15	-	12	29	*
AR6	-	-	12	23	-
AR7	-	20	20	23	*
AR8	20	-	-	-	-
AR9	-	-	15	-	**
AR10	32	-	-	-	**
AR11	25	-	10	-	-
AR12	14	15	-	-	-
AR13	10	-	-	-	*
AR14	-	-	-	-	-
AR15	10	-	-	-	-
AR16	10	-	-	18	*
AR17	19	-	-	16	**
AR18	15	-	-	-	-
AR19	-	20	-	-	-
AR20	-	-	-	22	*
AR21	-	25	-	-	-
AR22	-	20	-	-	****
AR23	-	-	-	-	-
AR24	-	-	-	-	-
AR25	-	-	30	12	*
AR26	-	-	23	10	-
AR27	30	20	-	-	****
AR28	-	-	-	-	-
AR29	15	-	15	-	*
AR30	16	-	35	-	-
AR31	-	-	-	-	-
AR32	15	10	-	-	-
AR33	-	-	15	-	*
AR34	-	-	-	-	*
AR35	25	15	-	-	****
AR36	10	23	-	-	-
AR37	18	-	-	-	-
AR38	-	-	-	-	*
AR39	10	-	10	-	**
AR40	10	-	-	-	-
AR41	20	-	-	13	-
AR42	21	-	-	18	-
AR43	21	-	-	20	-
AR44	18	-	-	18	-
AR45	17	-	-	20	-
AR46	18	-	-	33	-
AR47	18	-	-	-	*
AR48	-	-	-	-	-

*zayıf, **orta, ***kuvvetli, ****çok kuvvetli, -aktivite tespit edilmedi.

Antimikrobiyal aktivite-enzim üretim kapasite ile izolasyon besiyeri arasındaki ilişkiye bakıldığında en yüksek izolasyonun gerçekleştiği SCA besiyeri enzim üretim kapasitesi ve *C. albicans* inhibisyonu yüksek olan izolatların elde edilmesini sağlamıştır. M1, amilaz ve selüloz üretim kapasitesi yüksek ve geniş mikroorganizma spektrumunda etkili antimikrobiyal aktivite sergileyen izolatların elde edilmesini sağlamıştır. M6, homojen enzim üretim kapasitesi ve anticandidal aktiviteye sahip izolatların R2A ise pektinaz, selüloz ve amilaz etkinliği yüksek ve anticandidal aktivite sergileyen izolatların eldesini sağlamıştır. A1A, enzim üretim ve antimikrobiyal üretimi dar, SM3 ise enzim ve antimikrobiyal etkinliği homojen dağılan izolatların eldesinde başarılı olmuştur. Sonuç olarak bu çalışma için M6 ve SCA enzim üretimi, M1 ise antimikrobiyal aktivite taramalarında aktif izolatların elde edilmesi bakımından en etkili besiyeriler olarak tespit edilmiştir. Eldeki bu veriler ışığında, sayılan özelliklerden hangisi ile ilgili ileri çalışma yapılacak ise etkin olduğu belirlenen besiyeriler ile üretiminin yapılması tavsiye edilebilir.

Sonuç olarak, Artabel Gölleri Tabiat Parkı'nda bulunan 5 buzul gölden alınan sediment örneklerinden aktinobakteri izolasyonu, izolatların antimikrobiyal ve endüstriyel öneme sahip ekstraselüler enzimleri üretme potansiyellerinin ilk kez araştırıldığı bu çalışmada 48 aktinobakteri izole edilmiştir. İzolatların %79,2'si en az bir test mikroorganizmaya karşı aktivite gösterirken %66'sı taranan enzimlerden en az ikisini birlikte üretmiş, %8,3'ünün ise ne antimikrobiyal ne de enzim ürettiği tespit edilmiştir. Düşük sıcaklığa uyumlu bir çevreden elde edilen bu izolatların ürettiği antimikrobiyal bileşik ve enzimlerin bu sıcaklık aralığındaki ürünlere ihtiyaç duyulan endüstri alanlarındaki ihtiyaca hitap edeceği düşünüldüğünden, bu ürünlerin kullanılma potansiyeli yüksektir. Mevcut haliyle bu araştırma ileri çalışmalara yön gösterici özelliktedir. Saflaştırma, enzim aktivite, stabilite, in vivo vb, denemeleriyle desteklenecek ileri çalışmalarda mevcut potansiyelin açığa çıkarılıp kullanıma sunulması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Abdelmohsen, U.R., Bayer, K. & Hentschel U. (2014).** Diversity, abundance and natural products of marine sponge-associated actinomycetes. *Natural Product Reports*, **31**, 381-399.
- Al-Askar, A.A. (2012).** Microbiological studies on the in vitro inhibitory effect of *Streptomyces collinus albescens* against some phytopathogenic fungi. *African Journal of Microbiology Research*, **6**, 3277-3283.
- Azzeddine, B., Abdelaziz, M., Estelle, C., Mouloud, K., Nawel, B., Nabila, B., Duchiron, F. & Said, B. (2013).** Optimization and partial characterization of endoglucanase produced by *Streptomyces* sp. B-PNG23. *Archives of Biological Sciences*, **65**, 549-558.
- Bentley, S.D., Chater, K.F., Cerdeno-Tarraga, A.M., Challis, G.L., Thomson, N.R., James, K.D., Harris, D.E., Quail, M.A., Kieser, H., Harper, D., Bateman, A., Brown, S., Chandra, G., Chen, C.W., Collins, M., Cronin, A., Fraser, A., Goble, A., Hidalgo, J., Hornsby, T., Howarth, S., Huang, C.H., Kieser, T., Larke, L., Murphy, L., Oliver, K., O'Neil, S., Rabinowitsch, E., Rajandream, M.A., Rutherford, K., Rutter, S., Seeger, K., Saunders, D., Sharp, S., Squares, R., Squares, S., Taylor, K., Warren, T., Wietzorrek, A., Woodward, J., Barrell, B.G., Parkhill J. & Hopwood, D.A. (2002).** Complete genome sequence of the model actinomycete *Streptomyces coelicolor* A3(2). *Nature*, **417**, 141-147.
- Berdy, J. (2005).** Bioactive microbial metabolites. *The Journal of Antibiotics*, **58**, 1-2.
- Bhat, M. (2000).** Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotechnology Advances*, **18**, 355-383.
- Bondarczuk, K. & Piotrowska-Seget Z. (2019).** Microbial diversity and antibiotic resistance in a final effluent-receiving lake. *Science of The Total Environment*, **650**(2), 2951-2961.
- Calvillo-Medina, R.P., Reyes-Grajeda, J.P., Moreno-Andrade, V.D., Barba-Escoto, L., Lucio, V.B., Jones, G.H. & Campos-Guillén, J. (2019).** Bacterial diversity based on a 16S rRNA gene amplicon data set from a high-altitude crater lake and glacial samples of the Iztaccihuatl volcanic complex (Mexico). *Microbiology Resource Announcements*, **8**, e01636-18.
- Chen, C.Y., Huang, Y.C., Wei, C.M., Meng, M., Liu, W.H. & Yang, C.H. (2013).** Properties of the newly isolated extracellular thermo-alkali-stable laccase from thermophilic actinomycetes, *Thermobifida fusca* and its application in dye intermediates oxidation. *AMB Express*, **3**, 1-9.
- Cragg, G.M. & Newman, D.J. (2005).** Plants as a source of anti-cancer agents. *Journal of Ethnopharmacology*, **100**, 72-9.
- Das, P., Solanki, R. & Khanna, M. (2014).** Isolation and screening of cellulolytic actinomycetes from diverse habitats. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, **15**(3), 438-451.
- DeBoer, W., Folman, L.B., Summerbell, R.C., Boddy, L., (2005).** Living in a fungal world: impact of fungi on soil bacterial niche development. *FEMS Microbiology Reviews*, **29**, 795-811.
- de-Souza, W.R. (2013).** "Microbial degradation of lignocellulosic biomass," in *Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass-Techniques, Applications and Commercialization*, A. Chandel, Ed., InTech.
- Fossi, B.T., Tavea, F., Jiwoua, C. & Ndjouenke, R. (2009).** Screening and phenotypic characterization of thermostable amylases producing yeasts and bacteria strains from some Cameroonian soils. *African Journal of Microbiology Research*, **3**(9), 504-514.
- Gohel, S.D. & Singh, S.P. (2012).** Purification strategies, characteristics and thermodynamic analysis of a highly thermostable alkaline protease from a salttolerant alkaliphilic actinomycete, *Nocardopsis alba* OK-5. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, **889**, 61-68.
- Goodfellow, M. & Williams, S. (1983).** Ecology of actinomycetes. *Annu Rev Microbiol.* **37**, 189-216.
- Gupta, P., Samant, K. & Sahu, A. (2012).** Isolation of cellulosedegrading bacteria and determination of their cellulolytic potential. *International Journal of Microbiology*, **2012**, 5 pages.

- Ibrahim, N.A., El-Shafei, H.A., Abdel-Aziz, M.S., Ghaly, M.F., Eid, B.M. & Hamed, AA. (2012).** The potential use of alkaline protease from *Streptomyces albidoflavus* as an eco-friendly wool modifier. *The Journal of the Textile Institute*, **103**, 49-498.
- Janaki, T., Nayak, B.K. & Ganesan, T. (2016).** Antifungal activity of soil actinomycetes from the mangrove *Avicennia marina*. *Journal of Medicinal Plants Research*, **4**, 05-08.
- Kekuda, P., Shobha, K. & Onkarappa, R. (2010).** Fascinating diversity and potent biological activities of Actinomycete metabolites. *Journal of Pharmacy Research*, **3**, 250-256.
- Kim, S.K., (2016).** *Marine Enzymes Biotechnology: Production and Industrial Applications*. Academic Press, Busan, 78, 608-739.
- Kumar, R., Showkat, A.L., Sajad, A., Sasmita, P., Nitu, K., Devendra, K. & Priyanka, N. (2013).** Cellulolytic activity of actinomycetes isolated from Areraj region, Bihar. *International journal of current discoveries and innovations*, **2**, 92-96.
- Manivasagan, P., Gnanam, S., Sivakumar, K., Thangaradjou, T., Vijayalakshmi, S. & Balasubramanian, T. (2010).** Isolation, identification and characterization of multiple enzyme producing actinobacteria from sediment samples of Kodyakarai coast, the Bay of Bengal. *African Journal of Microbiology Research*, **4**, 1550-1559.
- Mann, J. (2001).** Natural products as immunosuppressive agents. *Natural Product Reports*, **18**, 417-30.
- Mohamedin, A.H. (1999).** Isolation, identification and some cultural conditions of a protease-producing thermophilic *Streptomyces* strain grown on chicken feather as a substrate. *International Biodeterioration and Biodegradation*, **43**, 13-21.
- Mohan, G.M., & Charya, M.A.S., (2012).** Enzymatic activity of freshwater actinomycetes. *International Research Journal of Pharmacy*, **3**, 193-197.
- Mojsov, K., (2012).** Microbial cellulases and their applications in textile processing. *International Journal of Marketing and Technology*, **2**, 12-29.
- Nagaraju, E.V. & Divakar, G. (2013).** Screening and Isolation of Pectinase producing Bacteria from Various Regions in Bangalore. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, **4 (1)**, 151-154.
- Naikpatil, S.V. & Rathod, J.L. (2011).** Selective isolation and antimicrobial activity of rare actinomycetes from mangrove sediment of Karwar. *Journal of Ecobiotechnology*, **3(10)**, 48-53.
- Oldfield, C., Wood, N.T., Gilbert, S.C., Murray, F.D. & Faure, F.R. (1998).** Desulphurisation of benzothiophene and dibenzothiophene by actinomycete organisms belonging to the genus *Rhodococcus*, and related taxa. *Antonie Van Leeuwenhoek*, **74**, 119-32.
- Oliveira, C.A., Alves, V.M.C., Marriel, I.E., Gomes, E.A., Scotti, M.R., Carneiro, N.P., Guimara, C.T., Schaffert, R.E. & Sa, N.M.H. (2009).** Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. *Soil Biology and Biochemistry*, **41**, 1782-1787.
- Özcan, K., Aksoy, S.Ç., Kalkan, O., Uzel, A., Hames-Kocabas, E.E. & Bedir, E. (2013).** Diversity and antibiotic-producing potential of cultivable marine-derived actinomycetes from coastal sediments of Turkey. *Journal of Soils and Sediments*, **13(8)**, 1493-1501.
- Özcan, K. & Çorbacı, C. (2017).** *Streptomyces* sp. K22 ve K30 Suşlarından Lipaz ve Proteaz Enzim Üretimi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, **7(2)**, 128-135.
- Özcan, K., Uzel, A. & Bedir, E. (2015).** Anti-Microbial Activity of Chloramphenicol from *Streptomyces* sp.10CM9, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **195**, 1736-1739.
- Passari, A.K., Yadav, M.K. & Singh, B.P. (2018).** *In vitro* evaluation of antimicrobial activities and antibiotic susceptibility profiling of culturable actinobacteria from fresh water streams. *Indian Journal of Experimental Biology*, **56**, 665-673.
- Pecznska-Czoch, W. & Mordarski, M. (1988).** *Actinomycete enzymes*. In: Goodfellow M, Williams ST, Mordarski M, editors. *Actinomycetes in Biotechnology*. London:Academic, 219-83.
- Prakash, D., Nawani, N., Prakash, M., Bodas, M., Mandal, A., Khetmalas, M. (2013).** *Actinomycetes: A Repertory of Green Catalysts with a Potential Revenue Resource*. *Hindawi Publishing Corporation Bio Med Research International*, 1-8.
- Priya, C.S., Jagannathanv, N. & Kalaichelvan, P.T. (2011).** Production of chitinase by *Streptomyces hygroscopicus* VMCH2 by optimisation of cultural conditions. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, **2**, 210-219.
- Priyadharsini, P. & Dhanasekaran, D. (2015).** Diversity of soil allelopathic Actinobacteria in Tiruchirappalli district, Tamilnadu, India. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **14**, 54-60.
- Ramakrishnan, J. & Narayanan, M. (2013).** Studies on xylanase producing thermophilic *Streptomyces* sp from compost soil. *International Journal of Pharm Tech Research*, **5**, 1386-1392.
- Rapp, P. & Backhaus, S. (1992).** Formation of extracellular lipase by filamentous fungi, yeasts and bacteria. *Enzyme and Microbial Technology*, **14**, 938-943.
- Selvameenal, L., Radhakrishnan, M. & Balagurunathan, R. (2009).** Antibiotic pigment from desert soil

- actinomycetes; biological activity, purification and chemical screening. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **71**(5), 499-504.
- Sharma M. (2014).** Actinomycetes: source, identification, and their applications. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **3**, 801-832.
- Shigeri, Y., Matsui, T. & Watanable, K. (2009).** Decomposition of intact chicken feathers by a thermophile in combination with an acidulocomposting garbage- Treatment process. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **73**, 2519-2521.
- Solanki, R., Khanna, M. & Lal, R. (2008).** Review article entitled -Bioactive compounds from marine actinomycetes. *Indian Journal of Microbiology*, **48**, 410-431.
- Solanki, R., Lal, R. & Khanna, M. (2011).** Antimicrobial activities of actinomycetes from diverse ecological habitats in Delhi and its adjoining states. *Indian Journal of Microbial World*, **13**, 233-240.
- Strohl, W.R. (2004).** *Antimicrobials*. In: Bull AT, editor. Microbial Diversity and Bioprospecting. USA: ASM Press, 336-55.
- Sukumaran, R.K., Singhania, R.R. & Pandey, A. (2005).** Microbial cellulases-production, applications and challenges, *Journal of Scientific and Industrial Research*, **64**(11), 832-844.
- Tan, G.Y., Ward, A.C. & Goodfellow, M. (2006).** Exploration of Amycolatopsis diversity in soil using genus-specific primers and novel selective media. *Systematic and Applied Microbiology*, **29**(7), 557-569.
- Terkina, I.A., Parfenova, V.V. & Ahn, T.S. (2006).** Antagonistic activity of actinomycetes of Lake Baikal. *Applied Biochemistry and Microbiology*, **42**, 173-176.
- Vimal, V., Rajan, B.M. & Kannabiran, K. (2009).** Antimicrobial activity of marine actinomycete, Nocardioopsis sp. VITSVK5(FJ973467). *Asian Journal of Medical Sciences*, **2**, 57-63.
- Waksman, A.S. (1989).** *Actinomycetes*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi 89, İzmir, 328s.

***Corresponding author's:**

Kadriye ÖZCAN

Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Giresun, Türkiye

✉E-mail: kadriye.ozcan@giresun.edu.tr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4913-6035>