

DERLEME / REVIEW

BİYOSÜRFEKTANLAR VE BİYOTEKNOLOJİK ÖNEMİ

Tayfun KAYA¹, Ergin KARİPTAŞ², Belma ASLİM³

ÖZ

Biyosürfektanlar mikroorganizmalar tarafından sentezlenen biyo-yüzey aktif ajanlardır ve çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir. Biyosürfektanlar doğada kendiliğinden bozulabilirliği, yenilenebilirliği, toksik etkilerinin düşük olması, ekonomik olarak üretilebilir olması ve sentetik sürfektanların yerine kullanılabilirliği gibi birçok avantajlara sahiptir. Tehlikeli ve tehlikeli olmayan endüstriyel atıklar gibi birçok kirletici maddeler ekosistem ve canlıların sağlığı için ciddi bir tehdit olarak gösterilmektedir. Son yıllarda, biyosürfektanların sahip oldukları çeşitlilik; ziraat, halk sağlığı, gıda; atık dönüşümü ve çevre kirliliğinin kontrolü, topraktaki hidrokarbonların degradasyonu gibi birçok alanda uygulanabilirliği, bu maddelerin önemini artırmaktadır. Bu bileşikler sadece faydalı biyosürfektanlar ve biyoemülsiferler olarak değil, aynı zamanda antibiyotik ve biyo-kontrol ajanlar olarak da kullanılmaktadır. Mikrobiyal sürfektanların çoğunluğu glikolipidler, lipopeptitler veya lipoproteinler ve polimerik bileşenlerdir.

Bu derlemede, biyosürfektanlar üzerindeki son araştırmalar özetlenmekte; endüstriyel ve çevresel teknolojiler içindeki önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyosürfektan, Glikolipid, Ramnolipid.

BIOSURFACTANTS AND THEIR BIOTECHNOLOGICAL IMPORTANCE

ABSTRACT

Biosurfactants are biologically synthesized bio-surface-active agents and produced by diverse groups of microorganisms. They have many advantages such as the low toxicity, biodegradability, employability their chemically synthesized counterparts and environmental compatibility. Many contaminants, like hazardous and nonhazardous industrial wastes represent a serious threat to the health of the livings and ecosystems. In recent years, the enormous diversity of biosurfactants makes them an interesting group of materials for application in many areas such as agriculture, public health, food, waste utilization, and environmental pollution control such as in degradation of hydrocarbons present in soil. These compounds are not only useful biosurfactants and bioemulsifiers, are but also indicated as antibiotic and bio-control agents. The majority of microbial surfactants are glycolipids, lipopeptides or lipoproteins, and polymeric compounds.

This review summarizes recent researches on biosurfactants and emphasizes their importance in industrial and environmental biotechnologies.

Key words: Biosurfactant, Glycolipid, Rhamnolipid.

¹ Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Aşık Paşa Kampusü, Kırşehir.

² Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Aşık Paşa Kampusü, Kırşehir.

³ Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Teknik Okullar, Ankara.

1. GİRİŞ

Endüstride hammaddeler belirli bir amaca göre işlenirken bazı maddeler de atık olarak kalırlar. Bunlar daha sonra verildikleri alıcı ortamların yani havanın, toprağın, suyun dolayısı ile çevrenin kirlenmesine neden olduklarından ya yok edilmeleri ya da kirlilik yüklerinin azaltılması gerekir. Ancak ekonomik yönden değerlendirilmeleri ön planda olduğundan, çeşitli değerlendirme şekilleri son yıllarda büyük önem kazanmıştır (Sıdal, 1997). Atık maddelerin geri kazanımı çevre dostu teknolojilerin temel hedefi durumuna gelmiştir. Böylece hem endüstriyel atık maddelerin biyoteknolojik yöntemle geri kazanılarak tekrar ham madde olarak kullanılması gerçekleştirilecek, hem de tarım, kozmetik, sağlık, petrol endüstrisi ve çevre teknolojisi gibi alanlarda ekonomik olarak değerlendirilmesi sağlanmış olacaktır (Telefoncu, 1995).

Mikroorganizmalar tarafından üretilen sürfektanlara biyosürfektan (biyo-yüzey aktif madde) denir. Biyosürfektanlar; katı, sıvı ve gaz molekülleri arasındaki yüzey ve iç yüzey gerilimini azaltabilen yüzey aktif bileşiklerdir. Bu özellikleri nedeniyle modern endüstrinin hemen hemen her sektöründe kullanılmaktadır. Son 20 yılda sürfektan kullanımı Amerika Birleşik Devletlerinde % 300 artış göstermiştir. Bugün dünyada yıllık 3 milyon tondan fazla sürfektan üretilmektedir. Bu sürfektanların çoğu petrolden kimyasal yollarla elde edilmektedir (Banat vd., 2000). Çevre koruma bilincinin artması ve çevre koruma yasalarının yaptırımları sonucu, kimyasal yollarla üretilenler yerine mikroorganizmalar tarafından üretilen biyosürfektanlara olan ilgi daha da artmaktadır. Muhtemelen yakın gelecekte biyosürfektanlar, kimyasal sürfektanlara alternatif olacaktır (Kahyaoğlu 1999).

2. SÜRFEKTANLAR (YÜZEY AKTİF MADDELER)

İngilizce “yüzey” anlamına gelen “surface” kelimesinden türemiş “surfactant” olarak kullanılan bu kelime, dilimize de benzer bir okunuşla sürfektan olarak geçmiştir (biltek, tubitak, 2007). Sürfektanlar; akışkanların hidrofobik-hidrofilik davranışlarını tamamen değiştirmekle birlikte birbiriyle temasta olan iki faz arasındaki yüzey ve ara yüzey gerilimini düşüren yüzey aktif ajanlardır. Sürfektan; sabunlar, deterjanlar, emülsiyon ve maddelerin içerisine nüfuz eden (penetrasyon) bileşiklerin ortak bir adı olarak düşünülebilir. Şekil 1’ de görüldüğü gibi sürfektanların pek çoğu, molekülün bir ucunda suyu çeken (hidrofilik) ve diğer ucunda suyu iten (hidrofobik) bir grup bulundurulur.

Sürfektanların biyolojik artılabirlikleri ile ilgili veriler birbirleriyle çelişmektedir. Sürfektanların bir kısmı düşük ayrışabilirlikleri nedeniyle biyolojik arıtmaya karşı dirençli yapıda iken, bir kısmı da biosit özellik göstermekte ve arıtma tesislerinde mikroorganizma aktivitesini engellemektedir. Sürfektanlar, sucul ortamda yaşayan çeşitli canlılar üzerinde akut ve/veya kronik toksik etkiye sahiptir. Bu durum ekosistem di-

namini önemli ölçüde etkilemektedir (Mezzanotte vd., 2003; Makkar ve Rockne, 2003; Liwarska-Bizokojc vd., 2005; Arslan-Alaton ve Erdiñç., 2006).

3. BİYOSÜRFEKTANLAR

Mikroorganizmalar farklı kimyasal özellikte ve moleküler ağırlıkta biyosürfektanlar üretmektedir. Düşük moleküler ağırlıklı sürfektanlar glikolipid yapısında bulunurken, yüksek moleküler ağırlıklı sürfektanlar ya kovalent bağlarla bağlanmış hidrofobik zincirler içeren polianyonik heteropolisakkaritler, ya da protein ve polisakkarit kompleksleridir (Desai ve Banat, 1997; Banat vd., 2000). Biyosürfektanların etkinliğinin içerdiği yapıların farklılığına bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Youssef vd., 2005).

Mikroorganizmalardan *Pseudomonaceae* familyasına ait bazı türler glikolipid yapısında ramnolipid denilen yüzey aktif bileşikler üretmektedir. Ramnolipid biyosürfektanları hücre duvarının yapısında buldukları zaman hidrokarbonlu bileşikleri periplazmik yüzeye nüfuzunu (penetrasyonunu) kolaylaştırmaları, ekstraselular olarak salındıklarında ise hidrokarbonlu bileşikler emülsifiye etme özellikleri ile tanınan biyosürfektanlardır. Ramnolipidler; özellikle makine sanayi, çevre teknolojisi, petrol endüstrisi, tarım, tıp ve kozmetik gibi alanlarda kullanılmaktadır (Sıdal 1997; Sıdal vd., 2001).

Biyosürfektanların ilgi çekici bazı özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- *Yüzey aktivitelerini değiştirme, ara yüzey ve yüzey gerilimini düşürme,*
- *Islatma ve yapışma (birleşme) etkisi,*
- *Yayılma etkisi,*
- *Hidrofilik ve hidrofobik etki,*
- *Metal tutulması,*
- *Anti mikrobiyal etki (Kosaric, 2001).*

3.1. Biyosürfektanların Sınıflandırılması

Biyosürfektanlar çoğunlukla kimyasal kompozisyon ve mikrobiyal orijinlerine göre sınıflandırılır. Genelde yapılarında peptit veya aminoasitlerin oluşturduğu yarı hidrofilik mono, di veya polisakkaritler; doymuş veya doymamış yağ asitlerinden oluşan yarı hidrofobik bileşikler yer alır. Biyosürfektanlar; glikolipidler, lipopeptitler ve lipoproteinler, fosfolipidler ve yağ asitleri ile polimerik ve partiküler biyosürfektanlar şeklinde 5 sınıfta ele alınır (Maneerat, 2005). Biyosürfektanların yapıları mikolik asit, glikolipid, polisakkarit lipid kompleksi, lipopeptid, fosfolipid veya mikrobiyal hücre yüzeyinin kendisi olabilir (Desai ve Banat, 1997; Banat vd., 2000). Bazı durumlarda biyosürfektanlar düşük molekül ağırlıklı moleküller ve yüksek moleküler ağırlıklı polimerler şeklinde ayrılabilir. Düşük molekül ağırlıklı biyosürfektanlar genelde glikolipid veya lipopeptiddir. Yüksek molekül ağırlıklı biyosürfektanlar amfipatik poli-sakkaritler, proteinler, lipopolisakkaritler, lipoproteinler veya biyopolimerlerin kompleks karışımlarıdır (Maneerat, 2005). Mikrobiyal sürfektanların önemli tipleri ve mikrobiyal kaynakları Tablo2’ de gösterilmiştir.

Tablo 2. Mikrobiyal sürfektanların önemli tipleri ve mikrobiyal kaynakları (Desai ve Banat, 1997; Maneerat, 2005).

Biyosürfektan	Mikroorganizma
Glikolipidler	
Glikoz Lipidler	<i>Alcanivorax borkumensis</i> <i>Alcanigenes sp.</i>
Rannolipidler	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Pseudomonas sp.</i>
Trehalozlipidler	<i>Nocardia erythropolis</i> <i>Mycobacterium sp.</i> <i>Arthrobacter sp.</i>
Soforozlipidleri	<i>Torulopsis bombicola</i> <i>Torulopsis apicola</i> <i>Torulopsis petrophilum</i>
Hücre sel lipidler	<i>Ustilago zeaе, Ustilago maydis</i>
Lipopeptidler ve lipoproteinler	
Ornitin lipidler	<i>Myroides sp. SM1</i>
Peptid-lipid	<i>Bacillus licheniformis</i>
Serrawettin	<i>Serratia marcescens</i>
Viskosin	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Surfektin & Subtilisin	<i>Bacillus subtilis</i>
Gramisidinler	<i>Bacillus brevis</i>
Polimiksinler	<i>Bbacillus polymyxa</i>
Yağ asitleri, nötral lipidler ve fosfolipidler	
Yağ asitleri	<i>Corinebacterium lepus</i>
Nötral lipidler	<i>Nocardia erythropolis</i>
Fosfolipidler	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>
Polimerik sürfektanlar	
Emülsan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
Biodispersan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
Mannan-lipid-protein	<i>Candida tropicalis</i>
Liposan	<i>Candida lipolytica</i>
Karbohidrat – protein – lipid	<i>Pseudomonas nautica</i> <i>Yarrowina lipolytica</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Debaryomyces polymorphus</i>
Protein PA	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Partiküler biyosürfektanlar	
Vesiküller ve fimbria	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
Bütün hücre	Çeşitli bakteriler

Ayrıca, Brezilya’da Paca Nehri’nden izole edilen *Chromobacterium violaceum* suşundan *C. violaceum* UCP1471 satandart suşuna göre daha fazla, daha nitelikli ve aynı zamanda emülsifiyer özelliğe sahip biyosurfektan ürettiği bildirilmiştir (Antunes vd., 2006). Qingme ve arkadaşları (2006) tarafından yapılan çalışmaya göre, iyonik ışımaya maruz bırakılarak elde edilen mutant *Bacillus subtilis*’ten aşırı miktarda ve farklı kompozisyonda surfektin biyosurfektanı ürettiği belirtilmiştir (Qingme, 2006).

3.2. Biyosurfektanların avantajları

Biyosurfektanların benzer kimyasal olarak sentezlenen tipleri karşısında birçok avantajları vardır. Bunlardan bazıları:

- *Biyolojik olarak parçalanabilirler.*
- *Genellikle düşük toksik etkilidirler.*
- *Biyolojik uygulamalara uyumluluk gösterirler.* Dolayısıyla kozmetik, medikal ve işlevsel besin katkıları uygulamalarında kullanılabilirler.
- *Mevcut ham maddeden üretilebilirler.* Hidrokarbonlar, karbonhidratlar ve/veya lipidler, ayrı veya her birinin bileşimleri karbon kaynağı olarak kullanılabilirlerinden, üretimde uygulamalara bağlı olarak daha ekonomik bir üretim sağlanabilir.
- *Çevresel kirliliğin kontrolünde kullanılırlar.* Biyosurfektanlar kirlenmiş toprakların biyoremediasyonunda, endüstride sıvı fabrika atıklarının detoksifikasyonunda, biyodegradasyonunda ve yağların yayılımının kontrolünde verimli olarak kullanılabilirler.
- *Özgüldürler.* Biyosurfektanlar, spesifik işlevsel grupları ile kompleks organik moleküllerden oluşur, bu nedenle etkileri spesifiktir.
- *Etkinlikleri yüksektir.* Ekstrem sıcaklık, pH ve tuzluluk koşullarında kullanılabilirler (Kosaric, 2001; Wong vd., 2003; Sarubbo vd., 2006).

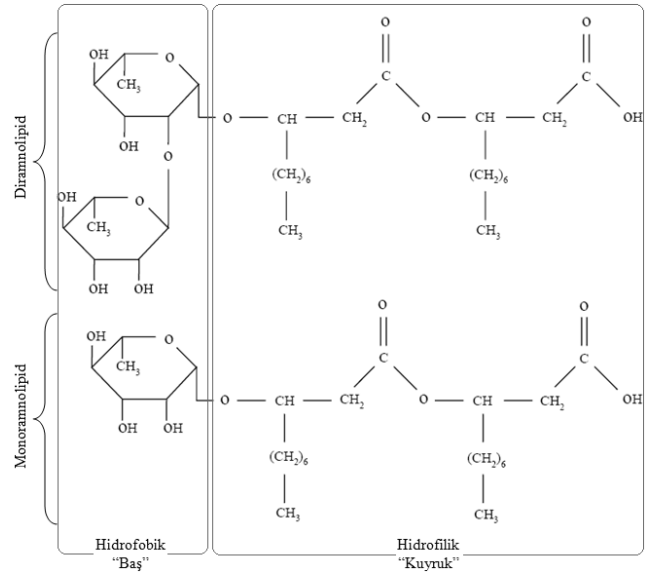
Üretim, kullanılan karbon kaynağına ve besiyerine göre değişiklik göstermekle birlikte (Bodour vd., 2003), çeşitli zirai atıklar (melas, peyniraltı suyu, kesilmiş süt, bitkisel yağlar, vb.) üretimde kullanılabilir (Mata-Sandoval vd., 1999; Nitschke vd., 2004; Rashedi vd., 2005; Guo-liang vd., 2005; Kahyaoglu ve Konar, 2006; Thaniyavarn vd., 2006; Raza vd., 2007). Bunun dışında lizozim enziminin katalizörliğünde damıtık palmye yağı kullanılarak da biyosurfektan sentezlenebileceği bildirilmiştir (Rahman ve Herawan, 2000).

Biyosurfektanlar hem biyoemülsifer hem de emülsifikasyon özelliğine (bazı biyosurfektan türlerinde % 100 emülsifikasyon aktivitesine (Plaza vd., 2005)) sahip olduğu belirtilmektedir (Thaniyavarn vd., 2006; Raza vd., 2007). Ancak biyoemülsiferler sık sık biyosurfektanlarla birlikte sınıflandırılmasına rağmen yüzey gerilimini azaltma kabiliyetine sahip değildirler (Desai ve Banat, 1997; Kahyaoglu, 1999).

Biyosurfektanların bu avantajlarının tersine bazı deniz yosunları üzerinde toksik etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Maneerat, 2005).

4. RAMNOLİPİD BİYOSURFEKTANLARIN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

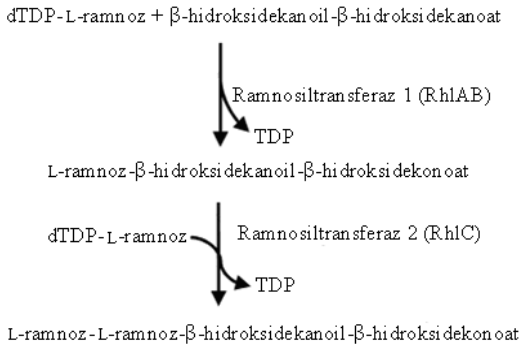
İlk defa Bergström ve arkadaşları (1946), daha sonra da Jarvis ve Johnson (1949) tarafından *Pseudomonas aeruginosa* kültürlerinden elde edilen ramnolipidler; genellikle yapısında ramnoz şekeri ve β -hidroksidekanoik yağ asitleri içeren biyosurfektanlar şeklinde tanımlanmıştır. Şekil 1’de gösterildiği gibi bir ramnolipidin yapısında bir beş karbonlu ramnoz şekeri ile yağ asidi bulunduran biyosurfektanlar monoramnolipid, iki ramnoz şekeri ile yağ asitleri bulunan biyosurfektanlar diramnolipid şeklinde isimlendirilmektedir (Lang ve Wullbrandt, 1999; EPA, 2003; Youssef vd., 2005). Ramnolipidlerde bulunan ramnoz şekerleri bileşiğe hidrofilik özellik kazandırırken, yağ asitlerine eklenen karbon molekülleri hidrofobik özelliği artırmaktadır. Bu özellikler ramnolipidlerin sağlamlığını ve hidrofobik bileşikler çözme kapasitesini etkilemektedir (Maier ve Soberon-Chavez, 2000).



Şekil 1. Ramnolipid biyosurfektanının kimyasal yapısı ve hidrofobik-hidrofilik kısımlar (Wang, 2003; Woods, 2004).

Glikolipid yapısındaki ramnolipid biyosurfektanları mikroorganizmaların büyüme ve durgunluk dönemlerinde üretilmekte ve hücreden kolaylıkla izole edilmektedir. dTDP (deoksi tiamin difosfat) şekerlerini aktifleştiren ekzo-enzimler merkezi metabolik yoldaki yağ asitleri tarafından sentezlenmektedir (Lang ve Wullbrandt, 1999). Mono ve diramnolipid olarak bilinen bu glikolipidler farklı iki ramnosiltransferaz enzimi içeren ardışık glikosiltransferaz reaksiyonları tarafından sentezlenmektedir. Monoramnolipidlerin sentezi *RhlAB* (ramnosiltransferaz 1) tarafından katalizlenir ve dTDP-L-ramnoz’u alıcı yağ asidi molekülüne, β -hidroksidekanoil- β -hidroksidekanoat, transfer eden bir glikosiltransferaz ile sürdürülür (Şekil 2). Ramnosil

taransferaz 1'i şifreleyen genleri operon düzenler. *RhaA* 888 nükleotid (295 aminoasit) içerir ve moleküller ağırlığı 32,5 kD olan bir protein şifreler. *RhlB* (47 kD) ramnosiltransferazın katalitik bir birimi olarak kabul edilir. Ochsner ve arkadaşları (1994) tarafından sitoplazmik membranda *RhlB*'nin stabilizasyonu için *RhlA* proteininin gerekli olduğu ileri sürülmüştür (Ochsner vd., 1994). Rahim ve arkadaşları (2001) tarafından *RhlC* (ramnosiltransferaz 2) diramnosiltransferaz sentezini katalizlediği belirtilmiştir (Şekil 2) (Rahim vd., 2001).



Şekil 2. *Pseudomonas aeruginosa*'da ramnolipidlerin biosentezi (Rahim vd., 2001).

Yapılan biyolojik parçalanma testlerinde ramnolipidlerin kolay ve çabuk parçalandığı belirtilmiştir. Ramnolipidlerin omurgasız canlılar üzerinde yapılan testlerde toksik etkisinin çok düşük olduğu gösterilmiştir (Maier ve Soberon-Chavez, 2000).

Ramnolipid biosümfektanları düşük molekül ağırlıklıdır. Örneğin, *Pseudomonas aeruginosa* BOP 100 kültürleri tarafından sentezlenen ramnolipid biosümfektanlarının molekül ağırlığı pH 7,35'de 38 kD. ve pH 8,5'de 7 kD. olduğu bildirilmiştir (Mata-Sandoval vd., 1999). *Pseudomonas aeruginosa* kültürleri tarafından sentezlenen ramnolipidler topraklardaki hidrofobik bileşiklerin ortadan kaldırılmasında kullanılan, biosümfektanlar arasında yer almaktadır. Ramnolipidler; düşük yüzey gerilimine (30-32 mN/m), yüksek emülsiyon aktivitesine (10,4-15,5 U/ml filtrat), düşük kritik misel konsantrasyonuna (CMC) (5-65 mg/l) ve hidrofobik moleküllere karşı yüksek ilgiye sahip bileşiklerdir. Bu özellikler kirletilmiş topraklarda kirleticilerin tutulmasında ve ortadan kaldırılmasında optimum özellikler olarak sayılmaktadır (Mata-Sandoval vd., 1999).

Önemli bir ramnolipid üreticisi olan *Pseudomonas aeruginosa* bakterisinin insanlar için fırsatçı bir patojen olmasına rağmen aseptik çalışmalar bu dezavantajı ortadan kaldırmaktadır (Maier ve Soberon-Chavez, 2000).

5. BİYOSÜMFECTANLARIN KULLANIM ALANLARI

Mikrobiyolojik olarak elde edilen sümfektanların birçok alanda kullanılmaktadır (Tablo 1).

5.1. Biosümfektanların Metal Kirleticilere Karşı Kullanımı

Ramnolipidler; kanalizasyon ve atık sularındaki metallerin tutulmasında, ağır metallerle kirletilmiş toprakların temizlenmesinde, organik bileşiklerin parçalanmasında kullanılarak metallerin toksik etkisinin azaltılması; böylece ekosistemin korunması ve metal kirliliğinin azaltılması veya ortadan kaldırılmasında kullanılabilirliği belirtilmiştir (Maier vd., 2001; Mulligan vd., 2001). Ramnolipidlerin kadmilyum, kurşun, lantan, çinko, bakır gibi çeşitli metallerle karşı affinitesi yüksektir (Tan vd., 1994; Herman vd., 1997; Torrens vd., 1998; Herman vd., 2001). Benzer bir çalışmada, ramnolipidlerin % 12,6'lık petrol ve gres yağı ile kirletilmiş topraktaki çinko ve bakırın giderilmesinde kullanılabilirliği belirtilmiştir (Mulligan vd., 1999).

Doğada yaygın olarak bulunan çeşitli metal kirleticilere karşı sabit koşullar altında ramnolipidlerin bağlanma eğilimleri üzerine yapılan bir çalışma sonucunda $Al^{+3} > Cu^{+2} > Pb^{+3} > Cd^{+2} > Zn^{+2} > Fe^{+3} > Hg^{+2} > Ca^{+2} > Co^{+2} > Ni^{+2} > Mn^{+2} > Mg^{+2} > K^{+}$ olduğu görülmüştür. Buna göre ramnolipidlerin toprak ve suda bulunan civa, kadmilyum, kurşun gibi metal kirleticilere bağlandığı ve uygun koşullar altında toprak, göl, dere, akarsu, çay ve yer altı sularındaki metal kirleticilerin giderilmesinde başarılı bir şekilde kullanılabilirliği belirtilmiştir (Ochoa vd., 2001).

Trichloroethylene (TCE)'nin biosümfektan varlığında saf bimetalik Fe/Ni parçacıklarının değrede edilebileceği bildirilmiştir (Srinivas ve Vipulanandan 2005).

5.2. Biosümfektanların Organik Kirleticilere Karşı Kullanımı

Topraktaki bazı organik kirletici maddeleri temizlemek için basınçlı su kullanılmaktadır. Bu yöntem topraktaki biyolojik parçalanmayı yavaşlatmakta veya zorlaştırmaktadır. Bunun yerine ramnolipid gibi mikrobiyal sümfektanların kullanımı önerilmektedir (Maier vd., 2000).

Doğada organik kirletici bileşikler iki şekilde bulunmaktadır. Birincisi, petrol ve klorlanmış çözücüler gibi yoğun sıvı fazdaki (non-aqueous phase liquid=NAPL) kirleticilerdir. İkincisi poliaromatik hidokarbonlar (polycyclic aromatic hydrocarbon=PAH)'dır. Bazı organik maddeler suda çözünürken bazı maddeler suda çözünmemektedirler. Örneğin yoğun sıvı fazdaki kirleticilerin bulunduğu ortamlara biosümfektanlar ilave edildiğinde yoğun sıvılar arasındaki iç yüzey gerilimini azaltmakta ve çözünürlüğü arttırmaktadır (Maier vd., 2000).

Ramnolipidlerin yoğun fazdaki sıvıları çözebilme kapasitesi veya molar çözebilme oranı, heksadekan alkil-benzil-sülfonat gibi sentetik sümfektanların molar çözebilme oranından 20 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir (Maier vd., 2000).

Tablo 1. Sürfektan kullanımı ve etkileri (Kosaric, 2001).

Sürfektanların Kullanımı	Sürfektanların Etkisi
<i>Metal sanayinde</i>	-Yağlamada, ıslatmada, emülsifikasyonda, korozyon inhibisyonunda vs.
<i>Döküm endüstrisinde</i>	-Katkılı kalıpların serbest bırakılmasında, -Elektrolit temizlenmesinde, -Elektrolit kaplamasında, köpürmede ve ıslatmada,
<i>Kâğıt sanayinde</i>	-Reçine giderme, yıkamada, -Köpük giderimi, renk düzenlemesi ve yaymada, -Islatıcı ve düzeltici; kaplama ve renklendirici olarak,
<i>Boya ve koruyucu vernik İmalatında</i>	-Ezme boyunca boya maddelerinin ıslatılması ve dağılmasında, -Pigmentlerin ayrılması ve çökelmenin geciktirilmesi, lateksin stabilizasyonu, pigmentlerin dağılımı ve emülsiyonunda
<i>Parlatmada kullanılan madde ve balmumlarında</i>	-Emülsüfiye balmumları, emülsiyonların kararlılığında,
<i>Petrol üretimi ve ürünlerinde</i>	-Yağ emülsiyonu, katıların dağılımı
<i>Akışkan işleme çalışmalarında</i>	-Akışkanların temizlenmesinde sedimentlerin ve sulu çamurun dağılımı ve emülsiyonunda, -Ham petrolün de-emülsiyonu, ekipmanların korozyonunun önlenmesinde, -Taşkın işlemlerinde, tercih edilen ıslanmalarda, -Tirübün yağları ve yakıtların karterde korozyon inhibitörü ve çamur seyreltici deterjan olarak,
<i>Tekstil ürünlerinde ve sanayinde</i>	-Ham yün sağlamada emülsifer ve deterjan; ham ipeği dokumada kullanılan yapışkan maddenin su banyosunda dağılmasında; hidrofilik filamentlerin bükme makinesinde yağlama işleminde, -Islatmada, nüfuz etmede, çözülebilmede, emülsiyonda, boya düzeltmede, temizleme gücünde ve yayılmada, -Sonlandırmada durağan olmayan katkıları, yağlayıcılar, yumuşatıcı ve son ürünlerin oluşturulmasında emülsifikasyon ve ıslatmada,
<i>Tarımsal endüstrisinde</i>	-Depolama boyunca katılaşmanın önlenmesinde, -Pestisit solüsyonlarının emülsifikasyonunda ve toz pestisitlerin süspansiyon, dağılıma, ıslatılmasında; zehirlerin nüfuz etmesinde, püskürtülmesinde ıslaklığın artırılmasında,
<i>İnşaat alanında</i>	-Kum ve çakıl ile asfaltın bağlanmasını arttırmada,
<i>Elastik ve plastik sanayinde</i>	-Monomerlerin emülsifikasyonu ve çözünbilmesinde, -Islaklığın artırılması, bağın bağlama gücünün yükseltilmesinde, -Durağan olmayan ve ıslatıcı ajan olarak,
<i>Besin ve içecek sanayinde</i>	-Dezenfektan temizlemelerinde, -Pestisitlerin gideriminin arttırılmasında ve balmumu plaklarında, -Ağır koku gideriminde, kıvam kontrolünde, -İşlem süresinin düşürülmesi, yıkamanın iyileştirilmesinde, -Su ve sıcaklıktan dolayı sıçramasını önlemede,
<i>Endüstriyel temizlikte</i>	-Deterjan ve dezenfektanlarda, -Transferde kullanılan yüksek sıcaklıkta cihazlar ve buhar borularının asit temizliğinde korozyon inhibitörleri ve ıslatma ajanı olarak, -Kuru temizleme alanında,
<i>Deri sanayinde</i>	-Yağ gidermede emülsifer ve deterjan olarak, -Nüfuz etme ve ıslaklığın arttırılmasında, -Islaklığı ve birleşmeyi arttırma,

Topraktaki hegzadekanı gidermek için yapılan bir çalışmada; ramnolipidlerin hegzadekanın % 20'sini giderirken, sodyum dodesil sülfat (SDS) (Sigma) (çok az miktarda) ve Tween 80 (Calbiochem) gibi sentetik sürfektanlardan çok daha etkili olduğu belirtilmiştir (Bai vd., 1997).

Yapılan benzer bir çalışmada, ramnolipidlerin oktadekanı molar çözebilme oranı Triton X-114 sentetik sürfektanının molar çözebilme oranından 10 kat fazla olduğu ve Corexit 0600 sentetik sürfektanından da 5 kat fazla olduğu belirtilmiştir (Maier vd., 2000).

Ramnolipidler, kontamine olmuş bölgelerde kirlenmeyi azaltan maddelere, terminal elektron tutuculara veya besin ve diğer temizleyici maddelere ilave edilerek kirlenmeyi azaltan maddelerin parçalanmasını arttıran ve çevrenin kendi kendini yenilemesini sağlayan bileşiklerdir (Miller, 1995). Bakterilerin hücre duvarındaki hidrofobik bileşiklerle ortamdaki hidrokarbonlu bileşiklere bağlanmaları arasında sıkı bir ilişkinin olduğu bilinmektedir. Zahang ve Miller (1995) ile Rahman ve arkadaşları (2002) tarafından yapılan çalışmalarının sonuçlarına göre, hidrokarbonlu bileşiklerin ramnolipidlerce tutulabileceğini ve tekrar kullanılabilirliğini belirtmişlerdir (Zahang ve Miller, 1995; Rahman vd., 2002). Petrol ve hidrokarbon biyodegradasyonunda önemli bir rol oynayan biyosürfektanların, biyoremediasyon uygulamaları içinde potansiyel bir madde olduğu bildirilmiştir (Makkar ve Rockne, 2003; Wong vd., 2003; Guo-liang, 2005; Zhang vd., 2005; Kumar vd., 2006; Song vd., 2006).

Bunlarla beraber ramnolipidin Gram⁻ bakteride (*Burkholderia*) lipopolisakarit (LPS) salınımını teşvik ettiği ve naftalin ile cadmiyum biyoremediasyonu artırabileceği bildirilmiştir (Sandrin vd., 2000).

5.3. Biyosürfektanların Biyolojik Mücadelede Kullanımı

Ramnolipid biyosürfektanları, *Pythium aphanidermatum*, *Phytophthora capsidi* ve *Plasmopora lactucae-radiciis* gibi patojenlerin zoosporlarına karşı etkili olduğu bildirilmiştir. Ramnolipid biyosürfektanlarının 5 mg/L ile 30 mg/L'e arasında değişen konsantrasyonlarında 1 dakikadan daha kısa bir sürede patojenlerin zoosporları içerisine girerek hareketlerini kısıtladığı ve lizis ettiği belirtilmiştir (Stangellini ve Miller, 1997; EPA, 2003; Souza vd., 2003).

Haferburg ve arkadaşları (1987) tarafından yapılan bir çalışmada, ramnolipidlerin tütün mozaik virüsü ve patates X virüsü ile enfekte edilmiş *Nicotiana glutinosa* yapraklarında biyolojik kontrol için kullanılabilirliği belirtilmiştir (Haferburg vd., 1987). *Pseudomonas fluorescens* 96.578 suşundan elde edilen lipopeptid yapısındaki tensin (viskosinamid) adı verilen biyosürfektan ve antibiyotik karakterli bileşiğin bitki patojenlerine karşı kullanılabilirliği bildirilmiştir (Nielsen vd., 2000).

Saccharomyces cerevisiae maya hücreleri üzerine *Pseudomonas* sp. S-17 kültürlerinin ürettiği PS biyosürfektanı ve sentetik bir biyosürfektan olan Triton X-100'ün maya hücrelerinin ayrımı, enzim aktiveleri ve protein salınımlarının hücre geçirgenliğine etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, biyosürfektanların hücre kültürlerinde büyüme kinetiklerini etkilemediği, Triton X-100'ün membran proteinlerini ve hücredeki polipeptitleri değiştirdiğini ve sonuçta TritonX-100 ve PS biyosürfektanlarının maya hücrelerinin içeriğini etkilemezken hücre yüzeylerinde benzer etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Vasileva-Tonkova vd., 2001).

5.4. Biyosürfektanların Sağlık ve Kozmetik Alanında Kullanımı

Kozmetik ve sağlık endüstrisinde kullanılan ürünlerin büyük bir bölümünde çeşitli sürfektanlar katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kontak lens solüsyonlarında, saçboyası ve bakımı ürünlerinde, deodorant, tırnak bakımı, ruj, göz maskaralarında, diş macunu ve diş temizleme ürünlerinde, bebek bakımı ürünlerinde, nemlendirici ve antiseptik ürünlerin yapısında çeşitli biyosürfektanlar kullanılmaktadır. Japonya'da Iwata şirketi ramnolipidleri kozmetik ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda kozmetik endüstrisinde lipozom ve emülsiyon yapımında ramnolipidlerin kullanımıyla ilgili patentler alınmıştır (Cameotra ve Makkar, 1998; Banat vd., 2000).

Lactobacillus sekonder metabolit ürünü biyosürfektanların üriner ve vajinal patojenlere karşı antagonistik bir etki gösterdiği, dolayısıyla probiyotik olarak görev aldığı belirtilmiştir (Reid, 2001).

Pseudomonas aeruginosa tarafından üretilen ramnolipidler ve *Bacillus subtilis* ile *Bacillus licheniformis* tarafından üretilen lipopeptitlerin biyoasidik ajan olarak tedavi amacıyla kullanılabilirliği belirtilmektedir (Banat vd., 2000).

Kaya ve arkadaşları (2006) tarafından *Aphanizomomenon flos-aquace*'dan elde edilen 2-Açiloksietilfosfonat'ın farmakoloji ve besin endüstrisinde kullanılabilirliği ve moleküldeki C-P bağının fosfataz enzimine karşı dirençli olduğu bildirilmiştir (Kaya vd. 2006). Benzer şekilde *Bacillus* türlerinden *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *B. pumilis*'dan elde edilen aktif döngüsel biyosürfektanların potansiyel olarak tıpta antimikrobiyal, antifungal, antiviral ve antitümör aktivitede; mide ülserinde; ürogenital enfeksiyonlarda ve akciğer immünolojik tedavisinde kullanılabilirliği bildirilmiştir (Rodrigues vd., 2006).

Uysal ve Türkman (2004) tarafından yapılan çalışmada biyosürfektan kullanımı ile 2,4-Diklorofenol'ün (2,4-DKF) ayrışmasının hızlandığı (%99,7-99,8 artırım verimliliği) ortaya konmuştur. (Dünya Sağlık Örgütü içme suyundaki klorofenol miktarını 1 mg/L olarak belirlemiştir.) Aynı çalışmada arıtım sistemlerine biyosürfektan ilavesinin arıtımı ve bakteriyel gelişmeyi arttırdığı belirtilmiştir.

Ancak rhamnolipidin gözle temasında tahrişe neden olduğu bildirilmiştir (EPA, 2003).

6. SONUÇ

Biyosürfektanlar; mikolik asit, glikolipid, polisakkaritlipid kompleksi, lipoprotein veya fosfolipid yapısında olan hidrofobik bir kuyruk ile hidrofilik bir baş kısmı bulunduran ve mikrobiyal yollarla elde edilen biyo-yüzey aktif maddelerdir. Mikroorganizmalar tarafından sekonder metabolit olarak üretilen biyosürfektanlar deterjanların temizleyici kısımlarını oluştururlar.

Biyosürfektan üretiminde; üretim miktarını artırma, daha ucuza mal etme ve kullanımının yaygınlaştırılmasına ilişkin çalışmaların günümüzde olduğu gibi gelecekte de artan bir hızla sürdürüleceği şüphesizdir.

Günümüzde endüstriyel ölçekte, başta temizlik olmak üzere birçok alanında kullanılmak üzere çoğunlukla sentetik süर्फektanların üretimi gerçekleştirilmektedir. Süर्फektanların üretiminde belirli kimyasalların kullanılma zorunluluğu, üretim maliyetinin yüksek oluşu ve canlılar için toksik etkileri sentetik süर्फektanların dezavantajları arasında sayılabilir.

Biyosürfektanların üretimi sentetik süर्फektanlara göre günümüzde henüz arzu edilen düzeyde değildir. Biyosürfektan üretiminde atık madde kullanılarak üretim maliyetinin düşürülebilmesi, ekstremler koşullarda kullanılabilirliği, çok düşük toksik etkileri ve performans açısından sentetik türleri ile arasında fark olmaması gibi özellikleri nedeniyle üretimin miktarının artırılacağı şüphesizdir. Ayrıca mevcut atıkların kullanılabilmesi sayesinde günümüz dünyasının en önemli sorunlarından çevre kirliliğinin azaltılmasına da katkıda bulunulacaktır. Mikrobiyal kaynaklı ekonomik biyosürfektan üretiminde mikroorganizmaların gelişimleri için belirli sıcaklık, pH, uygun besi yeri koşullarının temini üzerinde durulması gereken unsurlardır.

KAYNAKLAR

- Antunes, A. A., Silva M. L. R. B., da Silva C. A. A., ve Campos-Takaki G. M., (2006), Characterization of *Chromobacterium violaceum* isolated from Paca River, Pernambuco, Brazil, *Revista de Biologia E Ciências da Terra, Especial*, No:1, 29-39.
- Arslan-Alaton, İ. ve Erdinç E. (2006), Effect of photochemical treatment on the bio-compatibility of a commercial nonionic surfactant used in the textile industry, *Water Research*, 40, 18, 3409-3418.
- Bai, GY., Brauseau ML. ve Miller RM. (1997). Biosurfactant Enhanced Removal of Residual Hydrocarbon from Soil. *Journals Cont. Hydrol.* 25, 157-170.

- Banat, I.M., Makkar R.S. ve Cameotra, S.S. (2000). Potential Commercial Applications of Microbial Surfactants, *Applied Microbiol Biotechnol.* 53, 495-508.
- Bergström, S., Theorell H., Davide H., 1946, Metabolic product of *Pseudomonas pyocyanea*, rhamnolipid, active against *Mycobacterium tuberculosis*, *Arkiv Kemi, Mineral. Geol.* A23(13), 1-15.
- Bodour, A. A., Drees K. P. ve Maier R. M. (2003). Distribution of Biosurfactant-Producing Bacteria in Undisturbed and Contaminated Arid Southwestern Soils. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (6),3280-3287.
- Cameotra, S.S., Makkar, RS. (1998), Synthesis of Biosurfactants in Extreme Conditions, *Applied Microbiology Biotechnology*, 50: 520-529.
- Christofi, N. ve Ivshina I.B. (2002). Microbial surfactants and their use in field studies of soil remediation. *Journal of Applied Microbiology.* 93, 915-929.
- Desai, J.D. ve Banat I.M. (1997). Microbial Production of Surfactants and Their Commercial Potential. *American Society for Microbiology.* 61, 47-64.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2003), Rhamnolipid Biosurfactant; Notice of Filing a Pesticide Petition to Establish a Tolerance for a Certain Pesticide Chemical in or on Food, *Federal Register*, 68(90), 25026-25026.
- Guo-liang, Z., Yue-ting W., Xin-ping Q. ve Qin M. (2005). Biodegradation of crude oil by *Pseudomonas aeruginosa* in the presence of rhamnolipids. *Journal of Zhejiang University Science*, 6B(8), 725-730.
- Haferburg, D., Hommel R., Kleber H. P., Kluge S., Schuster G. ve Zschegner H.J., (1987). Antiphytoviral activity of rhamnolipid from *Pseudomonas aeruginosa*. *Acta biotechnologica* 7(4), 353-356.
- Herman, DC., Zhang Y., Miller RM., (1997). Rhamnolipid (Biosurfactant) Effects on Cell Aggregation and Biodegradation of Residual Hexadecane Under Saturated Flow Conditions. *Applied Environmental Microbiology.* 63, 3622-3627.
- Herman, DC., Artiola JF. ve Miller RM., (2001). Removal of Cadmium, Lead and Zinc from Soil by a Rhamnolipid Biosurfactant. *Environmental Sci Technology* 29, 2280-2285.
- Jarvis, F.G. ve Johnson, M.J. 1949. A glycolipid produced by *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Am. Chem. Soc.* 71, 4124-4126.

- Kahyaoglu, M., (1999). Endüstriyel Atık Maddelerden Mikrobiyal Yolla Beta Karoten Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kahyaoglu, M. ve Konar V. (2006). Şeker Fabrikası Atık Maddeleri Kullanılarak *Pseudomonas aeruginosa*'dan Rhamnolipit Biyosüfektanı Elde Edilmesi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 18(4), 493-498.
- Kaya, K., Morrison, L. F., Codd G. A., Metcalf, J.S., Sano, T., Takagi, H. ve Kubo T. (2006). A Novel Biosurfactant, 2-Acyloxyethylphosphonate, Isolated from Waterblooms of *Aphanizomenon flos-aquae*. *Molecules* 11, 539-548.
- Kosaric, N. (2001). Biosurfactants and Their Application for Soil Bioremediation. *Food Technol. Biotechnol.* 39 (4), 295-304.
- Kumar, M., Leon V., Materano, A.D.S. ve Ilzins, O. A. (2006). Enhancement of Oil Degradation by Co-culture, of Hydrocarbon Degrading and Biosurfactant Producing Bacteria. *Polish of Microbiology* 55(2), 139-146.
- Lang, S. ve Wullbrandt, D. (1999). Rhamnose lipids-Biosynthesis Microbial Production and Application Potential. *Applied Microbiology Biotechnology* 51(1), 22-32.
- Liwarska-Bizokoje, E., Korneliusz, M., Malachowska-Jutysz, A. ve Kalka, J. 2005. Acute toxicity and genotoxicity of five selected anionic and noionic surfactants. *Chemosphere* 58, 1249-1253.
- Maier, R.M., Soberon-Chavez, G. (2000). *Pseudomonas aeruginosa* Rhamnolipids: Biosynthesis and Potential Applications. *Applied Microbiology Biotechnology* 54, 625-633.
- Maier, R.M., Neilson J.W., Artiola, J.F., Jordan, F.L., Glenn, E.P. ve Descher, S.M., (2001). Remedation of Metal-Contaminated Soil and Sludge Using Biosurfactant Technology. *Int J. Occup Med Environ Health* 14(3), 241-248.
- Makkar R.S., Rockne K.J., (2003), Comparison of Synthetic Surfactants and Biosurfactants in Enhancing Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22(10), 2280-2292.
- Maneerat, S. (2005). Biosurfactants from marine microorganisms. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 27(6), 1263-1272
- Mata-Sandoval, J. C., Karns, J. ve Torrents, A. (1999). High-performance Liquid Chromatography Method for The Characterization of Rhamnolipid Mixtures Produced by *Pseudomonas aeruginosa* UG2 on Corn oil, *Journal of Chromatography A* 864, 211-220.
- Mezzanotte, V., Castiglioni, F., Todeschini, R. ve Pavan, M. (2003). Study on anaerobic and aerobic degradation of different non-ionic surfactants. *Biores. Technol.* 87, 87-91.
- Miller, R.M. (1995). Biosurfactant Facilitated Remediation of Metal Contaminated Soils. *Environmental Health Perspect* 103, 59-62.
- Mulligan, C.N., Yong R.N. ve Gibbs, B.F. (1999). On The Use of The Biosurfactants for The Removal of Heavy Metals from Oil Contaminated Soil. *Environmental Programe* 18, 50-54.
- Mulligan, C.N., Yong, R.N., Gibbs B.F. (2001). Heavy Metal Removal From Sediments by Biosurfactants, *Journal Hazard Material* 30, 85 (1-2), 111-125.
- Nitschke, M., Ferraz, C. ve Pastore, G.M. (2004). Selection of Microorganisms for Biosurfactant Production Using Agroindustrial Wastes. *Brazilian Journal of Microbiology* 35, 81-85.
- Nielsen, T.H., Thrane, C., Christophersen, C., Anthoni, U., Sørensen, J., (2000). Structure, Production Characteristics and Fungal Antagonism Oftensin-A New Antifungal Cyclic Lipopeptide From *Pseudomonas fluorescens* Strain 96.578. *Journal of Applied Microbiology* 89, 992-1001
- Ochoa, Loza FJ., Artiola J.F. ve Maier R.M. (2001). Stability Constants for The Complexation of Various Metals with a Rhamnolipid Biosurfactant. *Journal Environmental Qual.* 30(2), 479-485.
- Ochsner, U.A., Fiechter, A. ve Reiser, J. (1994). Isolation, characterization, and expression in *Escherichia coli* of the *Pseudomonas aeruginosa rhlAB* genes encoding a rhamnosyltransferase involved in rhamnolipid biosurfactant synthesis. *J. Biol. Chem.* 269, 19787-19795.
- Plaza, G. A., Ulfing, K. ve Brigmon R. L. (2005). Surface Active Properties of Bacterial Strains Isolated from Petroleum Hydrocarbon-Bioremediated Soil. *Polish Journal of Microbiology* 54(2), 161-167.
- Qingmei, L., Hang Y., Jun W., Guohong G., Wei Z, Yonghong F., Li W, Jianming Y. ve Zengliang Y. (2006). A Mutant of *Bacillus Subtilis* with High-Producing Surfactin by Ion Beam Implantation. *Plasma Science & Technology* 8(4), 491-496

- Reid, G. (2001). Probiotic Agents to Protect the Urogenital Tract Against Infection. *American Society for Clinical Nutrition* 73(2), 437-443.
- Rahim, R., Ochsner, U.A., Olvera, C., Garaninger, M., Messner, P., Lam J.S. ve ve Soberón-Chávez, G. (2001). Cloning and functional characterization of the *Pseudomonas aeruginosa* rhlC gene that encodes rhamnopolysyltransferase 2, an enzyme responsible for di-rhamnolipid biosynthesis. *Molecular Microbiology* 40(3), 708-718.
- Rahman, K.S. Banat, I.M., Thahira, J. Thayumanavant. Lakshmanaperumalsamy, P. (2002). Bioremediation of Gasoline Contaminated Soil by a Bacterial Consortium Amended with Poultry Litter, Coir Pith and Rhamnolipid Biosurfactant, *Bioresour Technology* 81(1), 25-32.
- Rahman, R. A. ve Herawan, T. (2000). Properties of Biosurfactant Enzymatically Prepared from Fructose and Palm Fatty Acid. *Journal of Oil Palm Research* 12(1), 117-122.
- Rashedi, H., Assadi, M. M., Bonakdarpour, B. ve Jamshidi, E. (2005). Environmental importance of rhamnolipid production from molasses as a carbon source, *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 2(1): 59-62.
- Raza, Z., Rehman, A., Khan, M. ve Khalid, Z. (2007). Improved production of biosurfactant by a *Pseudomonas aeruginosa* mutant using vegetable oil refinery wastes. *Biodegradation*, 18(1), 2007, 115-121.
- Rodrigues, L., Banat, I.M., Teixeira, J. ve Oliveira, R. (2006). Biosurfactants: potential applications in medicine, *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 57(4): 609-618.
- Sandrin, T.R., Chech, A. M. ve Maier, R. M. (2000). A Rhamnolipid Biosurfactant Reduces Cadmium Toxicity during Naphthalene Biodegradation. *Applied and Environmental Microbiology* 66(10), 4585-4588.
- Sarubbo, L. A., Luna, J. M. de. ve Campos-Takaki G. M. de. (2006). Production and stability studies of the bioemulsifier obtained from a new strain of *Candida glabrata* UCP 1002. *Electronic Journal of Biotechnology* 9(4), 400-406.
- Sidal, U. (1997). *Pseudomonas* sp. ile Zeytin Yağı Fabrikası Atığından Biyosüpfektan Eldesi. Doktora Tezi, Trakya Enstitüsü, Edirne.
- Sidal, U., Kolonkaya, N., Kurtonur, C. (2001). *Pseudomonas* sp. ile Zeytinyağı Fabrikası Atığından Biyosüpfektan elde edilmesi. *Turkish Journal of Biology* 24, 611-625.
- Srinivas, B. ve Vipulanandan, C. (2005). Biosurfactant Enhanced Solubilization and Degradation of Tce Using Bimetallic Fine Fe/Ni Particles, Center for Innovative Grouting Material and Technology (CIGMAT) Department of Civil and Environmental Engineering University of Houston, Conference & Exhibition-Proceedings.
- Song, R. Hua, Z., Li H. ve Chen J. (2006). Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons by Two *Pseudomonas aeruginosa* Strains with Different Uptake Modes. *Journal of Environmental Science and Health Part A* 41, 733-748.
- Stangellini, M.E. ve Miller R.M. (1997). Biosurfactants: Their Identity and Potential Efficacy in Bio-logical Control of Zoosporic Plant Pathogens. *Plant Dis.* 81, 4-12.
- Souza, J. T de., Boer M de., Waard Pieter de., Beek, T. A van. ve Raaijmakers, J.M. (2003). Biochemical, Genetic, and Zoosporicidal Properties of Cyclic Lipopeptide Surfactants Produced by *Pseudomonas fluorescens*. *Applied and Environmental Microbiology* 69(12), 7161-7172.
- Tan, H., Champion JT., Artiola JF., Brausseau, M.L. ve Miller, R.M. (1994). Complexation of Cadmium by a Rhamnolipid Biosurfactant, *Environmental Sci Technology* 28, 2402-2406.
- Telefoncu, A., (1995). Biyoteknoloji, Ege Üniversitesi Yayınları. Bornova-İzmir.
- Thaniyavarn, J., Chongchin, A., Wanitsuksombut N., Thaniyavarn, S., Pinphanichakarn, P., Lee-pipat-piboon, N., Morikawa M. ve Kanaya, S. (2006). Biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* A41 using palm oil as carbon source, *The Journal of General and Applied Microbiology* 52(4), 215-222.
- Torrens, JL., Herman, DC. ve Miller-Maier, R.M. (1998). Biosurfactant (Rhamnolipid) Sorption and The Impact on Rhamnolipid-Facilitated Removal of Cadmium from Various Soils. *Environmental Sci Technology*. 32,776-781.
- Uysal, A., Türkman, A., (2004). Klorofenollü bileşiklerin ayrışabilirliğinin biyosüpfektan kullanımı ile hızlandırılması, *SKKD* 14(2), 23-30.
- Vasileva-Tonkova, E., Galabova, D., Kaperko, E. ve Shulga, A. (2001). Biosurfactant Rhamnolipid Effects on Yeast Cells. *Letters Applied Microbiology* 33 (4), 280-284.
- Wang, S. (2003). Biosurfactant Enhanced Remediation of Heavy Metal Contaminated Soil, Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Applied Science at Concordia University Montreal, Quebec, Canada, 63-64.

Wong, J. W. C., Fang, M., Zhao, Z. ve Xing, B. (2003). Effect of Surfactants on Solubilization and Deg-radation of Phenanthrene under Thermophilic Conditions. *Journal of Environmental Quality* 33(6), 2015-2025.

Woods, C. E. (2004). Examination of The Effects of Biosurfactant Concentration on Natural Gas Hydrate Formation In Seafloor Porous Media, A Thesis Submitted to the Faculty of Mississippi State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Chemical Engineering in the Dave C. Swalm School of Chemical Engineering.

Youssef, N. H., Duncan, K. E. ve McInerney, M. J., (2005). Importance of 3-Hydroxy Fatty Acid Composition of Lipopeptides for Biosurfactant Activity, *Applied and Environmental Microbiology* 71(12), 7690-7695.

Zhang, G., Wu, Y., Qian, X. ve Meng, Q. (2005). Biodegradation of crude oil by *Pseudomonas aeruginosa* in the presence of rhamnolipids. *J Zhejiang Univ SCI* 6B(8), 725-730.

Zhang, Y., ve Miller, R.M., (1995). Effect of Rhamnolipid (Biosurfactant) Structure on Solubilization and Biodegradation of n-Alkanes. *Applied Environmental Microbiology* 61, 2247-2251.



Tayfun KAYA, 1981 yılında Nevşehir'in Hacıbektaş ilçesinde doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Mersin'in Tarsus ilçesinde tamamladı. 2004 yılında Gazi Üniversitesi Kırşehir Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden mezun oldu. Aralık 2005'te Mersin'de "International Medical Center" hastanesine laboratuvar teknisyeni olarak girdi. Ocak 2005'te Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilimdalı'nda yüksek lisans programına girdi. Ocak 2006'da Gazi Üniversitesi Kırşehir Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'ne araştırma görevlisi olarak girdi. Halen Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizce olup, evlidir.



Ergin KARIPTAŞ, 1967 yılında Hatay'ın Kırıkhan İlçesinde doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini burada tamamladı. 1989 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden mezun oldu. Ocak 1990 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Biyoloji Anabilimdalı'na araştırma görevlisi olarak girdi. Mart 1991 yılı içinde "Altınkaya Baraj Gölü'nde Yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın Yaş Belirleme Yöntemleri" konulu Yüksek Lisans tezini bitirdi. Ardından Temmuz 1999'da, YÖK bursuyla gittiği İngiltere-Newcastle upon Tyne Üniversitesinde, "Chemical Composition of *Rhodococcus*

ruber with Different Growth Conditions" konulu doktora tezini tamamladı. Temmuz-Ağustos 2000 tarihleri arasında askerlik yükümlülüğünü bedelli asker olarak yerine getirdi. 11 Aralık 2003 tarihinde, Gazi Üniversitesi Kırşehir Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'ne Yardımcı Doçent Doktor olarak atandı. Şu anda Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde öğretim üyeliğine devam etmektedir. İngilizce bilir, evli ve iki çocuk babasıdır.



Belma ASLIM, 1965 yılında İzmit'te doğdu. Lisans eğitimini Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde, yüksek lisans ve doktora eğitimini Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilimdalı'nda tamamladı. 1998 yılında Doçent'lik ünvanını aldı. 2000-2001 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri, Wisconsin Üniversitesi'nde ziyaretçi profesör olarak görev aldı. SCI'de taranan dergilerde yayınlanmış ve yayınlanmak üzere kabul edilmiş toplam 34, ulusal dergilerde 30 yayını vardır. Ulusal ve uluslararası kongrelerde sunulmuş toplam 47 çalışması mevcuttur. Tamamlanmış 20 projede yönetici veya araştırmacı olarak görev almıştır. Yabancı dili İngilizcedir, evli ve bir çocuk annesidir.