

## DETERJAN AKTİF MADDELERİNİN ÇEVRE TOKSİKOLOJİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Nevin VURAL (\*)

Yalçın DUYDU (\*)

### ÖZET

Türkiye'de 1987'den bu yana Tetrapropilen benzen sulfonatın (TBS) deterjanlarda kullanımı yasaklanmış ve daha kolay parçalanabilir olan linear alkil benzen sülfonat kullanımına girmiştir.

Noniyonik yüzey aktif maddelerden alkilfenol etoksilatlar (APE), Türkiye ve diğer ülkelerde, iyi parçalanabilmeleri nedeniyle endüstride ve deterjanlarda geniş ölçüde kullanılmaktadır. Ancak soğuk havalarda çevre sularında sık sık köpük oluşumuna neden olduğu görülmüş ve birçok ülkede kullanımı yeniden gözden geçirilmiştir.

### ENVIRONMENTAL TOXICOLOGICAL EVALUATION OF DETERGENT ACTIVE SUBSTANCES

#### SUMMARY

The use of Tetrapropylene benzene sulphonate (TBS) as surfactant component in detergents have been banned since 1987 in Turkey and biodegradable linear alkylbenzene sulphonate (LAS) have been replaced TBS.

Among the nonionic surfactants, Alkylphenol ethoxylates (APE) have been widely used in industrial applications as active ingredients of household detergents in many countries including Turkey because of their biodegradability. But after it has been observed that they can cause foam in receiving waters in cold weathers, their use in detergents have been reviewed in those countries.

**Key Words:** Detergents, Environmental Toxicologys, anionic surfactant, nonionic surfactants.

(\*) Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı, 06100, Tandoğan, Ankara

## GİRİŞ

Deterjanların geniş kapsamlı tanımı şu şekilde yapılmaktadır. Yüze aktif özelliği olup, bu özelliği dolayısı ile temizleme işlemini yapabilen ve içinde ayrıca yıkamaya yardımcı diğer kimyasal maddeler de bulunan bileşiklere "deterjan" denir (1,2,3). Bu

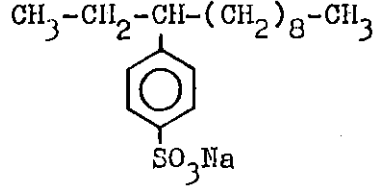
aşamada yüze aktif madde deyiminin de tanımlanması yerinde olacaktır. Bazı kimyasal maddeler çok az miktarlarda bile buldukları çözümlerin serbest yüze enerjilerini düşürürler ve bol köpük oluştururlar.

Bunlara "yüze aktif madde" diğer bir deyişle "surfaktan" veya Almanca karşılığı olan "Tensid" adı verilir (3).

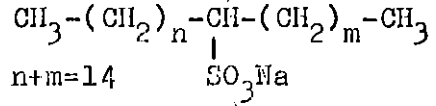
Tablo 1- Bazı önemli deterjan aktif maddeleri (3)

### Anyonikler :

Linear alkilbensensulfonate (LAS)

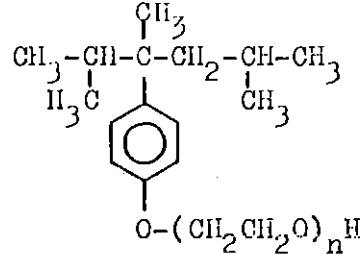


Sekonder alkan sülfonat (SAS)



### Noniyonikler :

iso-Nonilfenoletoksilat (iNPE)



Deterjanlarda en çok kullanılan deterjan aktif maddeleri olan anyonik ve noniyonik yüze aktif maddelerin primer ve nihayi (ultimate) parçalanabilirlikleri farklı test metodları ile tesbit edilirler. Ancak bu aşamada primer ve nihayi parçalanabilirliğin tanımlanması gerekir.

**Primer parçalanma:** Ana molekülün yapısını değiştiren ilk parçalanma olarak tanımlanır. Bu aşamadan sonra yüze aktif maddeler, yüze aktif özelliklerini yitirirler ve spesifik analitik miktar tayin yöntemleri ile tayinleri yapılamaz (5).

**Nihayi parçalanma:** İnorganik sonuç ürünlerine parçalanma olarak tanımlanır. Buna çoğu zaman mineralizasyonda denilmektedir (5).

Bu şekilde tanımlanmış olan primer ve nihayi parçalanabilirliklerin tayin edildiği test metodları da birbirinden farklıdır.

**Primer parçalanabilirliğin tespiti:** OECD deterjanlarda, primer biyodegradasyonun en az % 80 olmasını istemektedir. Bu amaçla OECD 2 ayrı test tavsiye etmektedir (3).

**Nihayi parçalanabilirliğin tespiti:** Nihayi parçalanabilirliğin tespiti, test ortamındaki parametrelerin değişiminin izlenmesi şeklinde yapılır. Yine bu amaç doğrultusunda geliştirilmiş birçok test yöntemi bulunmaktadır (5).

Tablo 2- Parçalanabilirlik testleri (6)

A-Primer parçalanabilirlik testleri

<u>Test metodu</u>	<u>Test süresi</u>	<u>Olması istenilen minimum parçalanma</u>
a) OECD-Screening-test	19 gün	en az % 80
b) OECD-Confirmatory-test	21 gün	en az % 80

B-Total parçalanabilirlik testleri

a) Modifiye OECD-Screening-test	28 gün	en az % 70
b) Kapalı şişe testi	28 gün	en az % 60
c) Sturm test	28 gün	en az % 60
d) Zahn-Wallens test	28 gün	en az % 70

ANYONİK YÜZEY AKTİF MADDELER

**Linearalkilbenzensulfonat:** LAS kolay parçalanabilirliği nedeniyle 1960'lı yıllarda gündeme gelmiş ve günümüzde de halen deterjanlarda kullanılan en önemli yüzey aktif madde olma özelliğini korumaktadır (7). Başlangıçta TBS'ye oranla üretimindeki yüksek maliyet tenkitlere yol

açmıştır. Ancak kullanıma girdikten sonra çevrede oluşan köpüklenme olaylarının önemli ölçüde azalması ve alıcı sulardaki deterjan konsantrasyonlarının büyük oranlarda düşmesi deterjanlarda TBS yerine LAS kullanma kararının yerinde bir karar olduğunu göstermektedir (1). LAS'ın parçalanabilirlik testleri sonuçları da bu kararı desteklemektedir.

Tablo 3- LAS'ın primer ve total parçalanabilirliği (8,9,10)

<u>Test Yöntemi</u>	<u>Parçalanabilirlik</u>
OECD-Screening test (primer parçalanma)	% 95
OECD-Confirmatory test (primer parçalanma)	% 90-97
Kapalı şişe testi (total parçalanma)	% 55-65

Tüm bu test sonuçları LAS'ın primer ve total parçalanabilirliğinin oldukça iyi hatta TBS ile karşılaştırıldığında mükemmel seviyede olduğunu göstermektedir (8,9,10). Ancak yine de LAS parçalanma esnasında bazı ara ürünler oluşturmaktadır. Özellikle benzen halkasını bünyesinde bulunduran ara ürünlerin yüksek bir toksisiteye sahip olabileceği düşüncesi bu konu ile ilgili geniş ve çok detaylı çalışmaların başlamasına yol açmıştır(11). Yapılan çalışmalar sonucunda arıtma sistemlerinin laboratuvar modellerinden alınmış olan numunelerde LAS'ın parçalanma ürünleri incelenmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir.

ürünlerin kimyasal yapısı ve toksisitesi de büyük önem kazanmaktadır.

LAS, Benzen halkasının açılması safhasına kadar hızlı parçalanmaktadır. Benzen halkasının parçalanmaya karşı gösterdiği direnç nedeniyle bu aşamada parçalanma yavaşlamakta ve ortamda sülfopenilbutirik asit birikmektedir (12).

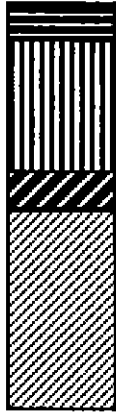
Sülfopenilbutirik asitin çeşitli su canlılarında LC50 değerleri araştırılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir (12,13).

Tablo 4'de LAS'ın ara ürünlerinin toksisitesinin kendisinden bile çok daha düşük olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada aromatik ara ürünlerin oldukça yüksek oranlarda bulunduğu gözlenmiştir. Bu durumda bu aromatik ara

Tüm bu sonuçlar Türkiye'de de TBS kullanımından LAS kullanımına geçişin

Şekil 1- LAS'ın parçalanma esnasında oluşan ara ürünlerin şematik gösterilmesi (12)



Parçalanmadan kalan LAS : % 6

Aromatik ara ürünler : % 37

Alifatik ara ürünler : % 7

Sülfata kadar parçalanma : % 50

Tablo 4-Sülfofenil butirik asit'in LC<sub>50</sub> değerlerinin LAS ile karşılaştırılması (13,14,15).

Kimyasal madde	Canlı	LC <sub>50</sub> (mg/l)
Alkilbenzen Sülfonat (10-13)	Daphnia magna	15
Alkilbenzen Sülfonat (10-13)	Goldorfe	5
Sülfofenilbutirik asit	Daphnia magna	6000
Sülfofenilbutirik asit	Goldorfe	15000

olumlu bir karar olduğunu desteklemektedir. Dünyada ve ülkemizde LAS halen standart deterjan aktif maddesi olma özelliğini korumaktadır (16).

**Sekonder alkan sülfonatlar:** İkinci kuşak olarak bilinen Noniyonik deterjanların çevreye olan etkileri ve deriyle olan geçimlilikleri açısından anyoniklerden üstün oldukları bilinmektedir (17). Gelişmiş ülkelerin Noniyonikler gibi deri ile geçimli ve çevreye olan etkileri minimum olan anyonik aktif madde arayışları uzun bir süre devam etti ve bu çalışmalar 3.kuşak deterjanlar olarak tanımlanan sekonder alkan sülfonatları (SAS) gündeme getirdi (18).

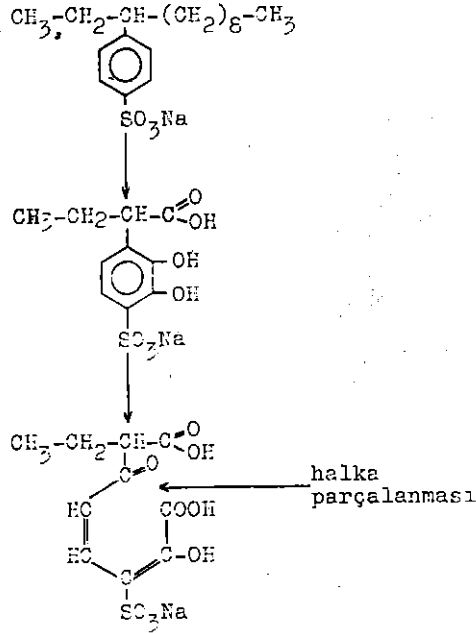
Bu aktif maddenin birçok yerde kullanım alanı bulmasını sağlayan çok önemli özellikleri bulunmaktadır.

**Biyolojik parçalanabilirliği :** Anyonik aktif maddeleri biyolojik

parçalanabilirlik açısından karşılaştıracak olursak SAS en iyi parçalanmış aktif maddeler grubuna girmektedir (19).

**Teknik özellikleri:** SAS teknik özellikleri açısından standart aktif madde olan LAS ile özel amaçlı aktif maddeler olan Laurileter sülfonat (LES) ve alfa olefin sülfonat (AOS) gibi maddelerin arasında ayrı bir sınıf oluşturmaktadır. Yani hem özel avantajları olan hem de standart bir aktif madde olabilme özelliğindedir. Yüksek çözülme ve çözülebilme yeteneği, elektrolitlerle olan yüksek geçimliliği, iyi köpürme gücü, mükemmel ıslatma kabiliyeti ve yüksek kimyasal stabilitesi önemli avantajlarıdır (19).

Tüm bu avantajlar SAS'ı, LAS ile yarışabilir duruma getirmektedir. SAS, LAS ve LES çeşitli özellikleri açısından karşılaştırıldığında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. SAS ve LES belli oranlarda



Şekil 2- LAS'ın benzen halkası açılana kadar olan mikrobiyal parçalanması (4).

Tablo 5- Parçalanabilirliklerin karşılaştırılması (19)

Değerlendirme	Parametreler	Örnek
Mükemmel	Primer parçalanabilirlik çok hızlı, parçalanabilirlik çok yüksek.	SAS
		LES
İyi	Primer parçalanabilirlik yavaş, parçalanabilirlik % 80'in üzerinde	LAS
		AOS
Kötü	Primer parçalanabilirlik çok yavaş, parçalanabilirlik % 80'in altında	TBS

karıştırıldığında ise karşılaşılan özelliklerin tümü mükemmel ulaşmaktadır.

SAS tüm bu üstünlüğü ve özellikleri nedeniyle Avrupa'da bulaşık, çok amaçlı temizleyiciler ve özel amaçlı temizleyiciler gibi likit deterjan formülasyonlarında kullanılmaktadır. SAS özellikle çok konsantre hazırlanan likit bulaşık ve çamaşır deterjan formülasyonları için idealdir. Bu

nun haricinde kozmetikte şampuan ve banyo köpüğü formülasyonlarında da kullanılmaktadır (18).

**Çevreye olan toksik etkileri :**  
Çevre sularında bulunabilecekleri konsantrasyonların 2-3 katı ile su bitkileri, algler ve balıklar üzerinde çalışmalar yapılmış ve toksik bir etki gözlenmemiştir.

Ayrıca hayvanlar üzerinde yapılan

Tablo 6- SAS, LAS ve LES'in karşılaştırılması (19)

	Deterjan aktivitesi	Çözünürlük	Köpük	Parçalanma
SAS (Sekonder alkan sülfonat)	+	+ +	+	+ +
LAS (linear alkil-benzen sülfonat)	+	+	+	+
LES (Lauril eter sülfat)	+	+	+ +	+ +
8 Kısım SAS 2 Kısım LES	+	+ +	+ +	+ +

testler kanserojenik, mutajenik ve teratojenik bir etkisinin olmadığını göstermiştir (19).

**Cilt üzerine olan etkileri :** SAS'ın cilt üzerine olan iritan etkilerini M.K. Polano "arm immersion testi" kullanılarak incelemiş ve SAS içeren formülasyonların LAS içeren formülasyonlardan belirgin olarak daha az iritan olduğunu göstermiştir (20).

SAS'ın tüm bu özellikleri kendisini diğer deterjanlardan üstün kılmakta ve bu sayede 3.kuşak deterjan olarak tanımlanmaktadır. Nem çekici özelliği nedeniyle krem ve sıvı deterjan formülasyonlarına daha fazla uyum göstermesi tek dezavantajı gibi görülmektedir (19).

#### NONİYONİK YÜZEY AKTİF MADDELER

Yaygın olarak kullanılan ismiyle etoksilatlar 2.nesil deterjanlardır. Noniyonik deterjanlar tek başlarına sentetik maddeler üzerinde anyoniklere nazaran daha iyi temizleme işlemi yapmalarına rağmen deterjanların yapısına hiçbir zaman anyoniklerle mukayese edilebilecek miktarlarda girememişlerdir. Bunun çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Bunları şöyle sıralayabilmek mümkündür(17).

1) Noniyonik ve anyoniklerin kombine kullanılması temizleme gücü üzerinde sinerjik bir etki oluşturmakta ve daha iyi netice elde edilmektedir.

2) Noniyoniklerin maliyetleri daha yüksektir.

3) Yüksek oranda noniyonik içeren bir toz deterjanın oluşturulmasında teknolojik güçlükler bulunmaktadır.

Noniyoniklerin deterjanlara daha az oranlarda katılması ve parçalanabilirliklerinde yüksek olması nedeniyle daha az çevre sorunu yaratacakları açıktır. Ancak noniyonik yüzey aktif maddelerinin bir çoğu bu düşünceye uyduğu halde bazı ülkelerde alkilfenol etoksilat (APE) tipi noniyonik aktif maddelerin kullanımının tekrar gözden geçirildiği görülmektedir (2).

**Alkil fenoletoksilatlar:** Iso nonilfenoletoksilatların (iNPE) formüllerine Tablo.1'de bakıldığında TBS'de olduğu gibi benzen halkasına bağlı dallanmış bir yan zincir görülmektedir. Bu durum, bu aktif maddenin primer parçalanabilirliğinin zor olacağını düşündürmektedir. Gerçekten 70'li yılların başına kadar yapılan testlerde iNPE'lerin biyolojik parçalanabilirliklerinin çok kötü olduğu görülmüştür. Ancak 1972 yılının sonundan bu yana Screening ve Confirmatory testleri ve arıtma sistemlerinde yapılan araştırmalar bu aktif maddenin primer parçalanabilirliğinin % 80'nin çok üzerinde olduğunu ortaya koymuştur. Bu duruma sebep olarak geçen süre içinde bakterilerin adaptasyonu gösterilmektedir (3,4,12).

Bilindiği gibi etoksilatlar sentetik

ürünlerdir bu nedenle mikroorganizmaların bu yapıyı parçalayabilmesi için belli bir adaptasyon süresinin geçmesi gerekmektedir (4).

İlk üretildiği yıllarda dallanmış olan yan zincirinin ve aynı zamanda etilen oksit zincirinin de parçalanmaması nedeniyle ana molekül uzun süre ortamda kalmaktaydı. Primer parçalanabilirliği Confirmatory testi neticesinde % 30'luk bir parçalanabilirlik seviyesini geçmemekteydi (8).

Ancak adaptasyon gerçekleşikten sonra etilen oksit zincirinin etilenglikol üniteleri halinde parçalandığı görülmüş ve aynı molekülün primer parçalanabilirliğinin yine confirmatory test ile % 90'ın üzerinde olduğu gösterilmiştir (2,21,22,23,24,25). Araştırmaların devamında bu parçalanmanın 1 veya 2 etilenoksit ünitesi kalana dek hızlı olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle ana metabolitler olarak ortamda NP, NPE ve NPE<sub>2</sub> bulunacaktır (2). Yapılan araştırmalarda arıtma sistemlerinden çıkan muamele görmüş suların, çevre sularında dilüsyona da uğramalarından sonra NP, NPE ve NPE<sub>2</sub> konsantrasyonlarının toksik olabilecekleri konsantrasyondan 2-3 kez düşük olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde arıtma sistemlerini parçalanmadan terk eden iNPE konsantrasyonlarının da akuatik ekosistemde bir yan etki oluşturmasının muhtemel olmadığı bildirilmektedir (2).

Tüm bunlar iNPE için olumlu sonuçlardır. Ancak bütün bunlara rağmen İngiltere 1976'da APE tipi aktif maddelerin deterjanlarda kullanılmaması şeklinde bir karar almıştır. Bu karar o yıllarda diğer ülkeler tarafından pek ilgi görmemiştir (2). İngiltere bu kararı, kış aylarında özellikle damlatmalı filtrelerde iNPE'lerin parçalanabilirliğinin düşmesi ve bu düşmenin çevre sularında köpük oluşturacak boyutlara ulaşması nedeniyle almıştır (2). Gerçekten iNPE'lerin düşük sıcaklıklarda parçalanabilirliği azalmaktadır (23,24). APE tipi aktif maddelerin ülkemizde de kullanılıyor olması (arıtma sistemlerinin de yaygın olmadığını düşünürsek) özellikle kış aylarında çevre sularında köpüklenme

problemını beraberinde getirebilecektir.

Kış aylarında oluşturabileceği köpük probleminin yanısıra yapılan araştırmalar iNPE'lerin metaboliti alan NP'in hernekadar çevredeki konsantrasyonlarının toksik olabileceği konsantrasyondan 2-3 kere düşük olduğunu gösteriyor ise de aslında NP'in akut toksisitesi diğer deterjan aktif maddeleri ve metabolitleri ile karşılaştırıldığında çok yüksektir. NP'in *Daphnia magna* kullanılarak yapılan LC<sub>50</sub> tayininde bu değer 0.2 mg/l olarak bulunmuştur (2). Bu değer Tablo 4 ile karşılaştırıldığında büyük bir fark göze çarpmaktadır. Bu sebeplerden dolayı APE kullanımının Türkiye'de yeniden gözden geçirilmesi yerinde olacaktır. Nitekim İngiltere'de 1976'da bu aktif maddeleri deterjanlarda kullanmama kararını aldığı anda o yıllarda pek ilgi görmemiş olmasına rağmen son yıllarda aynı kararı Batı Almanya ve İsviçre'de uygulamaya başlamıştır (2,26).

## SONUÇ

NPE tipi noniyonik aktif maddenin teknik performansına çok yakın başka pek çok sayıda noniyonik aktif madde bulunmaktadır. Bu nedenle ülkemizdeki deterjanlarda iNPE yerine diğer düz zincirli etoksilatların kullanılmasının faydalı olacağı açıktır (27). Çok yakın performansa sahip başka alternatifler varken, NPE'lerin deterjanlarda kullanımına devam ederek çevre sularında köpüklenme riskinin (özellikle kış aylarında) göze alınmasının gereksiz olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca Avrupa ve Amerika'da tanınmış deterjan üreticileri artık bulaşık deterjanlarında LAS'ı da terk etmiş ve tamamen SAS ve Etoksilat karışımı aktif maddeler kullanmaya başlamışlardır (19). Türkiye'de henüz hiçbir deterjan üreticisi SAS kullanmamaktadır. Bunun sebebi tamamıyla ekonomiktir. Bugün için SAS, LAS'a kıyasla 2 kat daha pahalıdır. Ancak yakın bir gelecekte SAS kullanımının Türkiye'de gündeme gelmesi çevre ve insan sağlığı açısından faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- 1- Kırmaz, R. (1987) Türkiye'de deterjan üretimi, *Çevre ve İnsan*, 3,11-14.
- 2- Brown, D. (1988) Alkylphenol etihoxylaten: an environmental impact assessment, 2nd world surfactant congress, Paris, 352-359.
- 3- Bock, K.J., Stache, H. (1982) : The Handbook of Environmental Chemistry, 163-199, Springer-Verlag Berlin Herdelberg.
- 4- Schöberl, P., Bock, K.J. (1980): Tensidadbau und dessen metaboliten Tenside. 5, 262-266.
- 5- Mausner, M. (1969) :The status of biodegradability of nonionic surfactants, *JAOCS*, 46, 432-440.
- 6- Walker, A.P. (1984) : The work of OECD in the harmonization of the testing and control of chemicals, *Chem.Toxic.*, 22, 905-908.
- 7- Wickbold,R. (1974): Analytische beitrage zum biologischen abbau von Tensiden, *Tenside-Detergents*, 3, 137-144.
- 8- Schmid,R.D., Fischer, W.K. (1976): Grundlagen der ökologischen untersuchung von detergentien, *Waschmittelchemie*, 203-220.
- 9- Vural, N., Kumbur, H. (1982): Ankara çayında mevcut deterjanlar, deterjanların parçalanma durumları ve metallerin kantitatif analizleri, *Doğa Bilim Dergisi* Cilt 6, Sayı 2.
- 10- Vural,N., Duydu, Y. (1989). TBS, LAS ve İNPE'in biyolojik parçalanabilirlik ve akut toksisitelerinin araştırılması, Beşinci Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, Adana, 772-779.
- 11- Gerike, P., Schmid,R: (1973). Bestimmung von nichtionischen Tensiden mit der Wickbold. Methode in biologischen abbaufersuchen und im Flußwasser, *Tenside-Detergents*, 4, 186-189.
- 12- Bock, K.J., Schöberl, P. (1977) Biologischer abbau von Tensiden, *Textilhilfsmittel*, 1045-1069.
- 13- Richard, A.K., Swisher, R.D. (1977) Reduction of aquatic toxicity of linearalkylbenzene sulfonate (LAS) by biodegradation, *Water Research*, 11,31-37.
- 14- Bringman, G., Janicke, W. (1963) *Waschmittelrohstoffe vom typeines Alkylarylsulfonates und biologische selbstreinigung des Wassers, Gesundheits-Ingenieur*, 8-4, 330.
- 15- Niemitz, W., Pestlin, W. (1962) Über den einfluß der biologischen abwassercreinigung and die fischschadlichkeit von detergentien *Stadttehygiene*, 13, 231.
- 16- Okan, Y. (1987) Deterjanlar konusunda dünyadaki gelişmeler, *Çevre ve insan*. 3,8-10.
- 17- Krings, P. (1973) Nichtionogene Tenside für spezialwaschmittel, *Fette-Seifen-Anstrichmittel*, 116-119.
- 18- Yılmaz, A.R. (1987) Genel değerlendirme, *Çevre ve insan*. 3,23-25.
- 19- Trantmann, M., Jürges, P. (1984) Secondary alkane sulfonate-an ecological and economical alternative, *Tenside Detergents*, 2, 1-5.
- 20- Polano, M.K. (1968) Skin compatability of Hastagur SAS, *J.Sec.Cosmatic Chemists*, 19, 3-20.
- 21- Fischer, W.K., Gerike, P., Holtmann, W. (1975) Biodegradability determination via unspesific analyses (Chemical oxygendemand, dissolved organic carbon) in coupled units, of the OECD confirmatory test-I. *The test, water Research*, 9, 1131-1135.
- 22- Fischer, W.K., (1975) Biodegradability determinations via unspesific analyses (chemical oxygen demand, dissolved organic carbon) in coupled units of the OECD Confirmatory Test-II. *Resalts, Water Research* 9, 1137-1141.
- 23- Stiff, M.J., Rootham, R.C., Culley G.E. (1973) The effect of temperature on the removal of nonionic surfactants during small-scale activated sludge sewage treatment-I, *Water- Research*, 7, 1003-1010.
- 24- Stiff, M.J., Rootham R.C. (1973) The effect of temperature on the removal of nonionic surfactants during small-scale activated sludge sewage treatment-II., *Water Research*, 7, 1407-1414.



- 25- Rudling, L., Solyom P. (1974). The investigation of biodegradability of branched nonylphenoethoxylates, *Water Research*, 8, 115-119.
- 26- Marcomini, A. Filipuzzi, F., Giger, W. (1988). Aromatic surfactants in Laundry detergents and hard-surface cleaners: Linear alkylbenzene sulphonates and alkylphenol polyethoxylates, *Chemosphere*, 17, 853-863.
- 27- Schöberl, P., Kuncel, E., Espeter, K.(1981) Vergleichende untersuchungen über den mikrobielen metabolismus eines Nonylphenol und eines oxoalkohol-Ethoxylates, *Tenside*, 2, 64-72.