



VİNİL ASETATIN BİYOLOJİK GİDERİM PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

Beste YALÇIN ÇELİK^{1,*} ve Alper NUHOĞLU²

¹Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, 08000, Artvin, Türkiye

²Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, 25240, Erzurum, Türkiye

ÖZET

Vinil asetat kimya endüstrisinde geniş çapta kullanılan zenobiyotik organik bileşiklerdendir. Bu yüzden kimya endüstrilerindeki atıksu ve atıkgazlardan bu bileşiğin etkili ve ekonomik giderimine ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada vinil asetatın karışık kültür ile aerobik şartlar altında biyolojik giderim performansı incelenmiştir. Denemeler kesikli şartlarda 100-300mg/L vinil asetat farklı başlangıç konsantrasyonları için yürütülmüştür. Mikroorganizmaların büyümesi üzerine organik bileşiklerin konsantrasyon etkisi araştırma süresince çalışılmıştır. Sonuç olarak kesikli işletme şartlarında kullanılan karışık kültürün vinil asetatın gideriminde oldukça yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir. Karbon ve enerji kaynağı olarak bu bileşiği kullanan kültür başarılı bir şekilde vinil asetatı giderebilmiştir. 100-300mg/L vinil asetat farklı başlangıç konsantrasyonlarını karışık kültür tamamen giderebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zenobiyotik bileşikler, vinil asetat, biyolojik arıtım, karışık kültür

INVESTIGATION OF THE BIOLOGICAL REMOVAL PERFORMANCE OF VINYL ACETATE

ABSTRACT

Vinyl acetates are among the xenobiotic organic compounds that are widely used in chemical industries. For this reason, it is necessary to effectively and economically remove these compounds from the waste waters and effluent gases of chemical industries. In this study, the performance of mixed cultures for the biological removal of vinyl acetate mixture was investigated under aerobic conditions. Batch experiments were conducted with different initial concentrations of vinyl acetate (100-300 mg/L). The effect of the concentration of these organic compounds on the growth characteristics of the microorganisms was studied during the conducted research. In conclusion, mixed cultures were identified to perform highly satisfactorily in the removal of vinyl acetate in batch operating conditions. The culture has successfully removed vinyl acetate using these compounds as the carbon and energy source. 100-300 mg/L at different initial concentrations of vinyl acetate removed mixed culture completely.

Keywords: Xenobiotic compounds, vinyl acetate, biological treatment, mixture culture

* Tel: +90 (466) 2151000-39479; fax:+90 (466) 2151057 e-mail: beste@artvin.edu.tr

1. GİRİŞ

Çeşitli kaynaklardan bırakılan farklı yapıdaki ve yüksek miktarlardaki tehlikeli kimyasallar ile çevre sürekli olarak kirletilmektedir. Kirleticilerin ana kaynağı endüstriyel faaliyetler ve tarımsal uygulamalardır. Bu kirleticiler modern yaşama katkı sağlamasına rağmen bunların çoğu suda, toprakta ve havada birikebilir. Çevre koruma açısından önlemler alınmadığı ve uygun teknolojiler kullanılmadığı takdirde çevre üzerinde olumsuz sonuçlar doğuran bir dengesizlik sorunu ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda da kaynaklar giderek tahrip olmakta, çevre hızla kirlenmektedir. Sanayinin gelişmesi ile özellikle son 30 yılda kimyasal ve toksik madde kullanımında önemli artış olmuştur. Birçok teknoloji dalında hammadde ve ara ürün olarak bu maddelerin kullanılması sonucu üretilen atıksuların toksik etkileri çevreyi ciddi şekilde tehdit etmektedir. Su kirliliği, günümüzde karşılaşılan çevre sorunlarının en önemlilerinden birisini oluşturmaktadır. Su kirlenmesinin ana kaynakları; evlerden gelen kullanılmış sular ile sanayi kuruluşları tarafından su yataklarına verilen sıvı atıklardır. Kirleticiler alıcı su ortamında; estetik kirlenmeye, zehirli bir reaksiyona veya su canlılarının yaşam şartlarını bozan taban birikmelerine, biyolojik olarak ayrışarak veya çürüyerek oksijen sarfına ve böylece de bu su çevresinden yararlanan insan grupları ve diğer canlı hayatı için tehlikeli durumların doğmasına sebep olmaktadır.

Zenobiyotik bileşikler yüksek konsantrasyonlarda çevreye giren endüstriyel sentetik bileşiklerdir. Zenobiyotik terimi biyolojik sisteme ya da organizmaya yabancı olan substrat ya da biyokimyasal olarak açıklanır. Zeno kelime anlamı olarak yabancı demektir [1]. Zenobiyotik kimyasallar pek çok kimya endüstrisinde üretilirler. Son yıllarda bu kimyasalların önemli miktarı çevreye serbestçe bırakılmaktadır. Yılda milyonlarca ton üretilen bu endüstriyel aromatik ürünlerden en yaygın olanları; benzen, toluen, stiren, ksilen ve etil benzen'dir. Kimyasal kirlenmenin artması, pestisit uygulamaları, endüstriyel üretim, ev kimyasallarının kullanımı, trafik emülsiyonları, eczacılık uygulamaları ile zenobiyotikler şehir su şebekelerinde giderek artmaktadır. Zenobiyotikler ağır metaller, metaloitler, yüzey aktif maddeler, koruyucu maddeler gibi inorganik elementleri de içermektedir. Modern kimya endüstrisi topluma önemli yararlar sağlarken zenobiyotiklerin çevreye bırakılması sonucunda da olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu da hem insanlar hem de çevre üzerine zenobiyotiklerin etkilerini incelemeyi gerektirmiştir [2].

Avrupa Birliği pazarında 100.000'den fazla zenobiyotik vardır. Bunun yaklaşık olarak 30.000'i yıllık 1 tonun üzerinde kullanıldığı tahmin edilen günlük kimyasallardır. 70.000 zenobiyotüğün insanlar ve ekosistem için potansiyel tehlike olabildiği tahmin edilmektedir. Zenobiyotikleri değerlendirmede kaynaklarının, arıtım yöntemlerinin, insanlar, hayvanlar ve çevre üzerine olan etkilerinin bilinmesi gereklidir. Endüstrinin gelişmesine paralel olarak, doğal çevrede bulunan tehlikeli substrat emisyonlarında artış meydana gelmiştir. Geri dönüşümü zor olan substratlar, troposfer ve stratosferde değişikliğe neden olduğu kadar insan ve diğer canlılar için de bir tehdit oluşturabilecek ölçüdeki konsantrasyonlarda atmosfere yayılırlar. Doğal hava kirleticileri, volkanların patlamasından ve orman yangınlarından, insani kirleticiler ise petrokimya, kok kömürü, plastik üretim ve işleme yapan kimya endüstrileri, renklendirici ve cila üretimi gibi kaynaklardan açığa çıkmakta ve doğal kirleticilerden daha tehlikeli olabilmektedirler. Hava kirleticilerinin geniş bir grubu uçucu organik bileşiklerdir. Bunlar; 0.07 kpa'dan daha çok buhar basıncına sahip ve ilk kaynama sıcaklığı 260°C'ye eşit ya da daha büyük olan organik kimyasal bileşiklerdir. Bu bileşiklerin emisyonlarının verdiği zarar, sadece yaşayan organizmalar üzerine toksik etkisi değil aynı zamanda fotokimyasal reaksiyonlara da katılmasından ileri gelmektedir. Bu reaksiyonların ürünleri (ozon, hidrojen peroksit, peroksiasetil nitrat) fotokimyasal duman oluşumuna neden olmaktadır ki bu da insan sağlığını, bitki ve iklimi önemli ölçüde etkilemektedir [3]. Bu bileşiklerle kirletilmiş alanların iyileştirici çözümlere acil olarak ihtiyacı vardır. Bu uçucu ve toksik organik maddelerin giderimi için ya fiziko-kimyasal (adsorpsiyon, buharlaştırma ve hava sıyırıcılar) ya da biyolojik metotlar uygulanmakta olup, fiziko kimyasal metotların hem pahalı hem de yapımındaki bazı zorluklar dolayısıyla araştırmalar daha ziyade biyolojik metotlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Doğanın orjinal toksik gidericileri olan mikroorganizmalar zenobiyotik gibi tehlikeli kimyasalları CO₂ ve H₂O gibi zararsız bileşiklere dönüştürebilirler. Zenobiyotikleri giderebilen ya da zararsız bileşiklere dönüştürebilen mikroorganizmaların keşfinden itibaren bilim adamları tarafından bu konuda çok fazla araştırma yapılmaya başlanmıştır.

Vinil asetat uçucu organik bileşikler grubuna aittir ve bu organik tehlikeli hava kirleticileri listesindedirler. Vinil asetat pek çok kimya endüstrisinde kullanılan önemli bir kimyasaldır. Bu yüzden endüstrideki atıksu ve atıkgazlardan bu uçucuların etkili ve ekonomik giderimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada kesikli olarak vinil asetatın karışık kültür ile aerobik şartlar altında biyolojik olarak arıtılabilirliği incelenmiştir.

1.1. Vinil Asetat

Vinil asetat $C_4H_6O_2$ ile formüle edilen, moleküler ağırlığı 86,09 g/mol olan renksiz sıvıdır. Vinil asetat A.B.D’de fazla miktarda üretilen önemli endüstriyel bir kimyasaldır. Vinil asetat diğer endüstriyel kimyasalların yapımında kullanılır. Bu kimyasallar başlıca yapı endüstrileri ve paketlemede tutkal yapımında kullanılır. Ayrıca vinil asetat yiyeceklerde kıvam verici bir niteleyici olarak ve yiyecek ambalajlamada plastik filmlerde bir kaplam malzemesi olarak da kullanılır [4]. Vinil asetat monomerinin en önemli kullanım alanı polivinil yapımıdır. Ekstra sıcaklık gerektirmeyen uygulamalar, kâğıt kaplama, yapışkanlar, su bazlı boyalarda da kullanılır, Ayrıca hassas cam yapımında ve saç sprelerinde de kullanılır. Vinil asetat’ın endüstriyel kullanım alanları içerisinde polivinil asetat, polivinil alkol, diğer polimer ya da ko-polimerlerin üretimi gelmektedir. Vinil asetat’ın yıllık üretim kapasitesi dünya genelinde 1982’de yaklaşık 3 milyon ton civarında olup giderek de artmaktadır [5]. Vinil asetat, birbirinden farklı kimyasal ürünlerin işlenmesi için (boya, kâğıt, yapıştırıcı gibi) geniş miktarlarda kullanılan (yıllık yaklaşık 3.2 milyon ton) bir kimyasal bileşiktir. 1990’da CAAA tarafından vinil asetat deneysel türlerde solunum sistemini etkileyen toksik madde olarak gösterilmiş olduğundan 189 tehlikeli kirleticiden biri olarak listeye eklenmiştir. [4, 6, 7, 8].

Vinil asetatın yüksek konsantrasyonları ($>100\text{mg/L}$) insan sağlığı üzerinde önemli bir risk teşkil eder ve pek çok organizma için de öldürücü olabilir. Vinil asetata maruz kalan insanların şikayetleri genellikle solunum sistemiyle ilgili ve dermatolojiktir. Vinil asetatın yüksek miktarlarının solunması ($>10\text{ mg/L}$) gözlerde, burunda ve boğazda kısa süreli rahatsızlıklara yol açar. Vinil asetatın düşük miktarlarının uzun süreli solunması durumunda ise ne gibi etkilerin olabileceği bilinmemektedir. Derilerine vinil asetat dökülen çalışanlarda su kabarcıkları gözlemlenmiştir. Gözlerde de aynı şekilde rahatsızlıklara yol açmıştır. Vinil asetat vücutta çok çabuk parçalanmaktadır bu nedenle bozunmaz ürünlerinin ölçülmesi bu bileşiğe maruz kalınıp kalınmadığını belirlemede kullanılamaz. Genellikle vinil asetata endüstride maruz kalınması durumunda, kronik bronşit, merkezi sinir sistemi semptomları (zayıflık, beyin asatlığı, polinevrit), kalp ve kan damarlarıyla ilgili rahatsızlıklar (ritim bozukluğu, göğüs ağrısı ve baygınlık), karaciğer fonksiyon bozukluğu ve karaciğer enzim endüksiyonu ile karşılaşmaktadır [4, 6].

Vinil asetat yapıldığı, kullanıldığı ve işlendiği endüstrilerden çevreye girer ve çevrede hızlı bir şekilde bozunur. Vinil asetat’ın havada yarılanma ömrü yaklaşık 6 saatken suda ise yaklaşık 7 gündür. Toprakta ne kadar sürede bozunduğu ise bilinmemektedir [4]. Vinil asetat çevrede mikrobiyal giderime maruz kalır. Aerobik şartlar altında atık suda bulunan bazı vinil bileşenlerinin oksidasyonunun araştırıldığı bir çalışmada, vinil asetatın karbondioksit döndürüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca evsel çamurlarda vinil asetat’ın metana anaerobik dönüşümü de söz konusudur. Yüksek yapıli organizmalarda, vinil asetat’ı enzimatik olarak asetaldehit ve asetata hidrolize olur ve acetoxyoxirane oluşmaz [5].

Endüstriyel bir kimyasal olan vinil asetat atık gaz ve sulardan çevreye girmektedir. Uçma ile de su ve topraktan açığa çıkar. Çevrede fark edildiği zaman hidroksi radikaller ve ozon içeren fotokimyasal yollar ile giderilebilir. Vinil asetat mikroorganizmalar için kısmen toksiktir, kolayca aerobik ve anoksik metabolizmalarla giderilebilir. Aerobik ve anaerobik şartlarda vinil asetatın enzimatik hidrolizi bir metabolik ara ürün olarak asetaldehite dönüşümüdür. Yüksek yapıli organizmalar vinil asetatı enzimatik olarak asetaldehite ve asetata hidrolize ederler. Saf kültürler ile vinil asetatın mikrobiyal metabolizması üzerine detaylı yapılan bir çalışma yoktur. Vinil asetat aerobik ve anaerobik koşullarda lağım arıtmada etkinleştirilmiş çamur ile biyolojik çözünmeye hazırdır [9, 10].

Toprak, atık su, atık çamur ve yeni izole edilen aerobik bakteri U2 ile vinil asetat’ın gideriminin incelediği bir çalışmada; vinil üzerinde aerobik olarak beslenen on üç bakteri ve dört maya türünü izole edilmiştir. Vinil asetat’ın giderimi için U2 bakterisi kullanılmış ve Vinil asetat’ın şu şekilde asetata parçalandığı gözlenmiştir;



Bu araştırmacılar, asetatın daha sonra asetil-CoA’ya döndüğü ve 3- karboksilik asit döngüsü ve glyoxylyate bypass boyunca okside edildiğini tespit etmişlerdir. Parçalanmanın anahtar enziminin ise vinil asetat esteraz olduğunu bildirmişlerdir. Vinil asetat çevrede mikrobiyal giderime maruz kalır. Aerobik şartlar altında atık suda bulunan bazı vinil bileşenlerinin oksidasyonunun araştırıldığı bir çalışmada, vinil asetatın karbondioksit döndürüldüğü belirtilmiştir.

Ayrıca evsel çamurlarda vinil asetatın metana anaerobik dönüşümü de söz konusudur. Yüksek yapılı organizmalarda, vinil asetat'ı enzimatik olarak asetaldehite ve asetata hidrolize olur ve acetoxyoxirane oluşmaz [5].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Mikroorganizma ve Sentetik Atıksu

Aerobik vinil asetat gideriminde kullanılan aktif çamur, Erzincan Kenti Atıksu Arıtma Tesisinden sağlanmıştır. Çamur, karbon kaynağı olarak vinil asetat ile beslenerek mikroorganizmaların bu kirleticiye adaptasyonu sağlandıktan sonra çalışmaya başlanmıştır. Mikroorganizmaların canlılıklarını sürdürebilmeleri için kullanılan sıvı besi ortamı; karbon kaynağı olarak vinil asetat (Fluka marka) ve Tablo 1.'de verilen bileşenlerden (Merck marka) oluşmaktadır.

Tablo 1. Sentetik atıksuya katılan besi elementlerinin miktarları

Kimyasal Madde Konsantrasyon	(g/L)
Amonyum sülfat ((NH ₄) ₂ SO ₄)	1.0
Magnezyumsülfat (MgSO ₄)	0.58
Kalsiyumklorür (CaCl ₂)	0.05
Potasyum fosfat (KH ₂ PO ₄)	3.4
Potasyum di fosfat (K ₂ HPO ₄)	0.6
Demir III klorür (FeCl ₃)	0.005

2.2. Metot

Aerobik şartlar altında yaklaşık bir ay vinil asetata alıştıırılan mikroorganizmalar ile kesikli denemelere başlanmıştır. Kesikli denemelerde sabit bir başlangıç mikroorganizma konsantrasyonunda farklı konsantrasyonlarda vinil asetat hazırlanarak erlenlere ilave edilmiş ve vinil asetat ve mikroorganizma konsantrasyonlarının zamana göre değişimi takip edilmiştir. Denemeler süresince erlenler 110 rpm karıştırma hızında, 25°C sıcaklıkta tutulmuştur ve pH 7'de çalışılmıştır. Çalışmalar yürütülürken pH ayarlaması hem başlangıçta hem de deney anında 1N'lik NaOH ve 1N'lik HCl ile yapılmıştır. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu 2 mg/L de sabit tutulmuştur. Çözünmüş oksijen cihazıyla hem denemelere başlamadan önce hem de denemeler esnasında çözünmüş oksijen konsantrasyonu takip edilmiştir. Denemelerde 250ml'lik erlenler kullanılmış, mikroorganizma hacmi de düşük konsantrasyonda olmasından dolayı çözünmüş oksijen konsantrasyonu 2mg/L altına düşmemiştir. Vinil asetatın atmosfere uçuculuğunun önlenmesi için erlenlerin ağzı sıkıca kapatılmıştır.

Başlangıç vinil asetat konsantrasyonları 100 ile 300 mg/L arasında değişen miktarlar ortama ilave edilerek aerobik şartlarda kesikli denemeler yapılmıştır. Mikroorganizma konsantrasyonu her deneme için yaklaşık olarak 200 mg/L seçilmiştir

Mikroorganizma ölçümleri standart metotlarda verilen yöntemlere göre belirlenmiştir. Çalışmada mikroorganizma konsantrasyonunun ölçümleri spektrofotometrik olarak spektrofotometrede (Spekol 1100, Carl Zeiss Technology) yapılmıştır. Standart metotlara göre 525 nm'de kalibrasyon eğrisi hazırlanmış ve mikroorganizma konsantrasyonu bu eğriye göre bulunmuştur.

KOİ analizi standart metotlarda belirtilen yöntemlere uygun olarak yapılmıştır. KOİ ölçümü için, 850 mg Potasyum Hidrojen Fitalat 0,5 L saf suda çözülerek elde edilen 2000 mg/L KOİ stok çözeltisinden standartlar hazırlanmıştır. Daha sonra bu standartlardan 1,5 ml alınarak üzerine litresinde 10,216 g K₂Cr₂O₇, 167 ml H₂SO₄ ve 33 g HgSO₄ bulunan parçalama çözeltisinden 1 ml ve son olarak litresinde 11 g AgSO₄ bulunan H₂SO₄ asit çözeltisinden 1,5 ml eklenerek 148 ± 2 °C' de 2 saat boyunca bir termoreaktörde (WTW marka CR3000 model) ısıtılmıştır. Daha sonra reaktörden alınan örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuş 600 nm'de Spekol

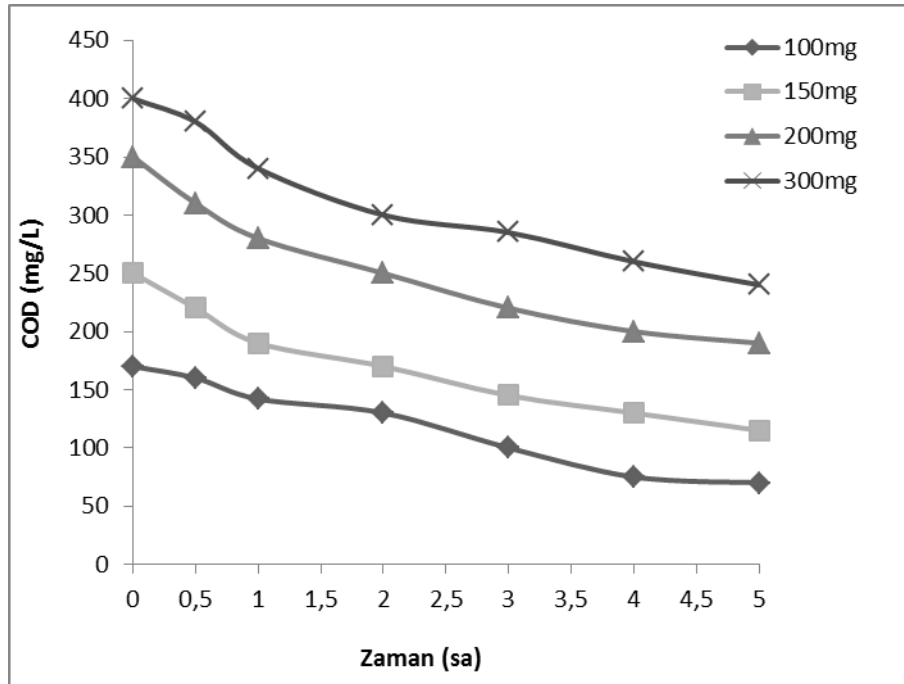
1100 (Carl Zeiss Technology) marka spektrofotometrede absorbans değerleri okunarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. KOİ konsantrasyonları bu eğriye göre bulunmuştur.

Karışık kültür birçok mikroorganizma türünün aynı zamanda kültürlenmesi anlamına gelir. Karışık kültür belli ve belirsiz tiplere ayrılır. Aktif çamur prosesleri belirsiz karışık kültür örneğidir. Karışık mikrobiyal toplulukların biyolojik giderim potansiyelleri daha yüksektir. Çünkü kirlenici alanlarında mevcut olan organik bileşikler gidermek için gerekli olan genetik bilgiye bir organizmadan daha fazla sahiptirler. Bu avantajlarından dolayı bu çalışmada da karışık kültür kullanılması tercih edilmiştir. Vinil asetat gideriminde kullanılan karışık kültür Erzincan Kenti Atıksu Arıtma Tesisinden sağlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Vinil asetatın biyolojik giderimi kesikli şartlarda incelenmiştir. Mikroorganizmalar tek karbon ve enerji kaynağı olarak bu bileşiği kullanmışlardır. Mikroorganizmaların büyümesi üzerine organik bileşiğin konsantrasyon etkisi çalışılmıştır.

Vinil asetatın biyolojik giderimi üzerine yapılan araştırmada, bu bileşiğin başlangıç konsantrasyonu 100-300mg/L arasında değiştirilmiştir. Substratın daha düşük konsantrasyonları için biokütle büyümesi gözlenmemiştir. Şekil 1'de başlangıç vinil asetat konsantrasyonlarının etkisinin gözlemlendiği grafikten zamanla vinil asetatın tamamen mikroorganizmalar tarafından tüketildiği gözlenmiştir. 100mg/L vinil asetat içeren atıksu KOİ'si yaklaşık 170mg/L'dir. Bu atıksuyu karışık kültür yaklaşık 5 saatte 70mg/L KOİ içeren atıksuya indirmiştir. Vinil asetat konsantrasyonu arttıkça atıksuyun KOİ içeriği de paralel olarak artmakta giderim süreleri de buna bağlı olarak uzamaktadır. Öyle ki 200mg/L vinil asetat içeren KOİ'si yaklaşık 300mg/L olan atıksuyun KOİ'si yaklaşık 5 saatte 190mg/L'ye ancak indirgenebilmiştir. Vinil asetatın parçalanma ürünlerinden dolayı ortamda KOİ hep bir miktar kalmıştır.



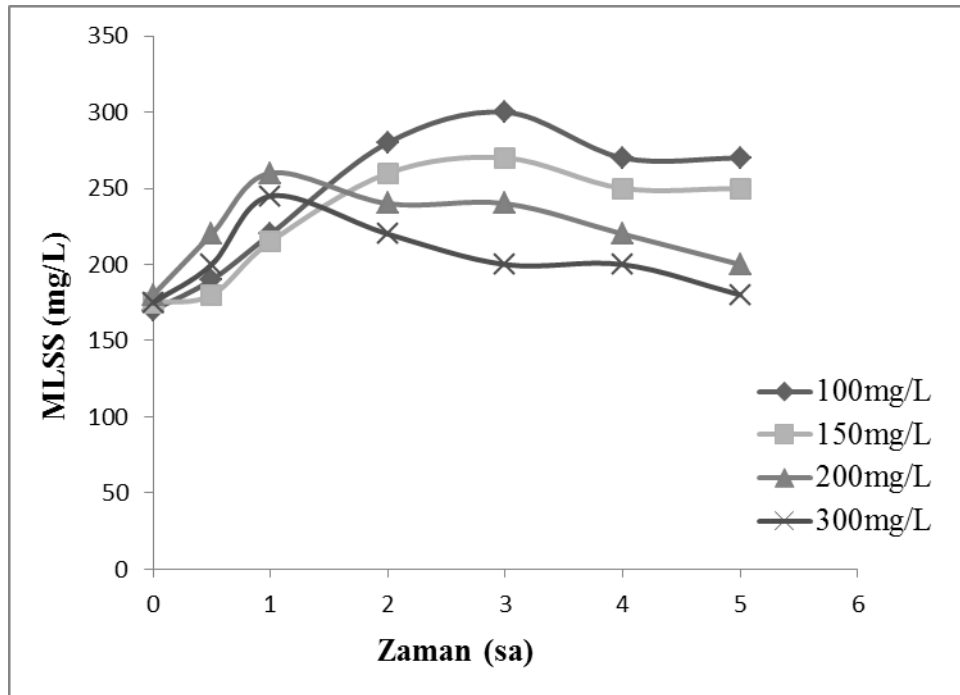
Şekil 1. $S_0=100-150-200$ ve 300 mg/L vinil asetat başlangıç konsantrasyonlarının zamanla değişimleri

Gaszcak ve ark. (2009), EC3 2001 kültüründe bakterilerin ilk yoğun büyümesinin kısa zaman sonra durduğunu belirtmişlerdir. 50 mg/L'den yüksek ilk substrat konsantrasyonlarında kültürde beliren metabolitlerin

önemli bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Gaszczak ve ark. (2009)'e göre; ester bağlarının hidrolizi, vinil asetatın asetik asit ve vinil alkole parçalanmasına neden olmaktadır. Vinil alkol kararsızdır ve normal şartlar altında asetaldehite dinamik olarak dengededir. Bu bileşik asetik asite oksitlenebilir ya da etanolü indirgeyebilir. Asetaldehit ve etanolün *Pseudomonas fluorescens* içeren örneklerde tespit edilmediği ve asetik asitin 124 mg/L ilk substrat konsantrasyonuna eşit ya da daha yüksek kültürlerde belirlendiğini bildirmişlerdir. Gaszczak ve ark. (2009)'a göre; tüm enerji asetik asite dönüşüm için kullanılmakta ve artan enerji ise etanole dönüştürülmektedir. Asetaldehit konsantrasyonu azaldığı zaman alkol öncelikle asetaldehite ve daha ileri aşamada asetik asite oksite olmaktadır. Vinil asetatın gideriminin bu safhaları mikroorganizmaların büyümesine yansımaktadır. İlk hücre artışı, toksik olan asetaldehitin oluşmasıyla inhibe edilmektedir. Toksik konsantrasyon azaldığı zaman, büyüme başlangıç kadar olmasa da yoğunlaşmaktadır.

Gren ve ark. (2009), vinil asetat giderebilen bakteri yapılarının büyüme substratı vinil asetat konsantrasyonlarındaki hassasiyet profili, izolasyonu ve zenginleştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında 41 izolat arasından 4 gram negatif bakteriyi daha ileri analizler için seçmişlerdir. Kontrol olarak *Pseudomonas fluorescens* PCM 2123 suşu kullanılmıştır. Benzer bir şekilde vinil asetat için bir hassasiyet profili bir aromatik bileşik giderici olan *Stenotrophomonas* KB2 yapısı üzerinde yürütülmüştür. 400 mg/L vinil asetat konsantrasyonuna 3 hafta ön inkübasyondan sonra hemen hemen tüm yapılar 3000 mg/L'ye kadar büyütülmüştür. Vinil asetatın parçalanması 4000-5000-6000 mg/L konsantrasyonlarda bile gözlemlenmesine rağmen büyüme fark edilmediği bildirilmiştir.

Gaszczak ve ark. (2009), kesikli bir reaktörde uçucu organik bileşiklerin biyolojik gideriminin kinetik çalışmasını incelemişlerdir. Vinil asetat giderimi için *Pseudomonas putida* olarak tanımlanan çevresel yapı EC3 2001 ve laboratuvar yapısı *Pseudomonas fluorescens* PCM 2123 kullanılmıştır. Vinil asetatın seçilmiş mikroorganizmalar tarafından giderilebildiği belirlenmiştir.



Şekil 2. $S_0=100-150-200$ ve 300 mg/L vinil asetat başlangıç konsantrasyonlarında mikroorganizma konsantrasyonlarının zamanla değişimleri

Şekil 2'deki grafikte vinil asetat için mikroorganizma derişimlerinin zamanla değişimleri gösterilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü üzere 200 ve 300mg/L başlangıç konsantrasyonların da büyüme daha kısa sürede durmuştur. Bu durumun yüksek ilk substrat konsantrasyonları ile kültürde beliren metabolitlerin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir

MLSS-zaman grafiğinde görüldüğü üzere mikroorganizmalar için alışma evresi yoktur zira kültür vinil asetata bir ay öncesinden çok iyi alıştırılmıştır. Mikroorganizmalar hızla vinil asetatı kullandığı ancak kısa bir süre sonra ölüm safhasına geçtiği görülmektedir. Bu durumun oluşan ara ürünlerin toksik etkisinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Vinil asetatın çalışma aralığında ve çalışma şartlarında atmosfere uçuculuğunun olmadığı tespit edilmiştir. Çalışma şartlarında vinil asetatın uçuculuğunu ortaya koymak için mikroorganizma içermeyen hem ağzı açık hem de ağzı kapalı erlenlerde uçuş denemeleri yapılmıştır. Çalışma konsantrasyonlarında ki vinil asetat erlenlere eklenmiş, 25°C'de ve yaklaşık pH 7 de 24 saat boyunca 110 ppm'de shakerde (Edmund Bühler KS-15 Control marka) çalkalanmıştır. 24 saatin sonunda erlenlerden örnekler alınıp KOİ'lerine bakılmıştır ve vinil asetatın çalışma aralığında (100mg/L-300mg/L) ve çalışma şartlarında atmosfere uçuculuğunun olmadığı tespit edilmiştir.

Moyarga ve ark. (2010), 250 mg/L vinil asetat konsantrasyonunda uçuculuk denemesi yapmışlar ve önemli bir değişimin olmadığını bildirmişlerdir. Min (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, vinil asetatın uçuculuğunun önemli boyutlarda olmadığını bildirmiştir.

4. SONUÇLAR

Biyolojik giderim sistemleri diğer fiziksel ve kimyasal giderim sistemleri üzerine pek çok avantaja sahiptir. Fiziksel ve kimyasal proseslerin kullanımı yüksek sermaye ve çalıştırma maliyeti içerir ve genellikle ikinci çıkış suyu üretimi ile sonuçlanır. Ve atıksulardaki kirletici konsantrasyonu her zaman kabul edilebilir oranlara indirgenemez. Biyolojik arıtım sistemleri ise düşük ilk yapım ücreti ve çalışma masrafları ile diğer arıtım sistemlerine göre daha avantajlıdır. Dahası pek çok organik kirletici H₂O ve CO₂'ye biyolojik olarak indirgendiği için ikinci çıkış suyu oluşmaz. Bu avantajlarda göz önüne alındığında biyolojik arıtımın atık sulardan mevcut zenobiyotik bileşiklerin indirgenmesinde önemli bir arıtım yöntemi olduğu bilinmektedir. Mevcut çalışmada da bu yöntem kullanılarak kesikli işletme şartlarında karışık kültür ile vinil asetatın biyolojik olarak giderilebilirliği belirlenmiştir. Önemli bir uçuş ve toksik kirletici olan vinil asetatın kesikli işletim şartlarında karışık kültür kullanılarak çalışılan konsantrasyon aralığında (100-300mg/L) tamamen giderildiği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın daha kapsamlı vinil asetatın biyolojik arıtım incelemelerine ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Field J. A., Anaerobic biodegradation of xenobiotic compounds. Department of Chemical and Environmental Engineering, University of Arizona, P.O.Box 210011.
- [2] Grady C.P.L., Glean T. Daigger, Nancy G. Love., 1998. Biological Wastewater Treatment.
- [3] Gaszczak A., Szczyrba E. and Bartelmus G., 2009. Kinetics Studies of The Biodegradation of Volatile Organic Compounds in a Batch Reactor. Pro ceedings of ECOpole. 3 (2).
- [4] Anonymous, 1995. ATSDR (Agency For Toxic Substances and Disease Registry), Vinyl Acetate, CAS = 108-05-4).
- [5] Nieder M. Sunarka B., Meyer O., 1990. Degradation of vinyl acetate by soil, sewage, sludge and the newly isolated aerobic bacterium U2, Applied and Environmental Microbiology, 3023–3028.
- [6] Anonymous, 2001. Vinyl Acetate Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels Batch 2B.
- [7] Bogdanffy, M.S., Sarangapani, R., Plowchalk, D.R., Jarabek, A., and Andersen., 1999. A Biologically Based Risk Assessment for Vinyl Acetate-Induced Cancer and Noncancerous Inhalation Toxicity. Toxicological Sciences, 51, 19-35.
- [8] Gren, I., Gaszczak, A., Szczyrba, E., Labuzek, S.,2009. Enrichment, Isolation and Susceptibility Profile of the Growth Substrate of Bacterial Strains Able to Degrade Vinyl Acetate. Polish J. Of Environ. Stud. 18 (3) 383-390.
- [9] Pahren, H.R., and Bloodgood, D.E., 1961, Biological Oxidation of Several Vinyl Compounds. Water Pollution Control Federation, Vol. 33 (3) 2 – 4.

- [10] Stuckey, D.C., Owen, W.F., McCarty, P.L., parkin, G.F., 1980, Anaerobic Toxicity Evaluation by Batch and Semi-Continuous Assays. Water Pollution Control Federatin. Vol. 52 (4), 720 - 729.
- [11] Moyarga, L., Duran – Hinojosa, U, Arana – Cuenca, A., Monroy – Hermosillo, O, and Ramirez-vives, F., 2010. Vinyl acetate degradation by *Brevibacillus agri* isolated from a slightly aerated methanogenic reactor. Environmental Technology, 31(1), 1-6.
- [12] Vinyl Acetate Council - Health and Environmental Effects.