

FORMİK ASİDİN ALAMINE-336 VE ÇEŞİTLİ ÇÖZÜCÜLERLE TEPKİMELİ ÖZÜTLENMESİ

¹Mustafa Esen MARTI, ²Kamil OFLAZ

^{1,2} Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, KONYA
¹ mustafaesenmarti@gmail.com (marti@selcuk.edu.tr), ² kamiloflazz@gmail.com

(Geliş/Received: 30.08.2013; Kabul/Accepted in Revised Form: 10.10.2013)

ÖZET: Karboksilik asitlerin üretim ortamlarından veya atık sulardan geri kazanımı için düşük maliyetli ayırıştırma yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Formik asit, en basit karboksilik asit olup sıklıkla anti-bakteriyel ve koruyucu madde olarak endüstride yer bulmaktadır. Bu çalışmada endüstride geniş kullanım alanı olan formik asidin sulu çözeltilerinden tepkimeli özütleme ile yüksek verimde geri kazanılması amaçlanmıştır. 1- oktanol, hekzan ve ksilen seyreltici olarak seçilirken; bir uzun zincirli üçüncül amin karışımı olan Alamine 336, özütleyen olarak kullanılmıştır. Geri kazanım yüzdesini artırmak amacıyla inert seyrelticiler (ksilen ve hekzan), nispeten daha polar bir çözücüyle modifiye edilmişlerdir. Çözücü türü, modifiye edici oranı ve özütleyen derişiminin formik asidin tepkimeli özütlenmesine etkileri incelenmiştir. Denge verileri kullanılarak dağılım katsayısı (D) ve yükleme oranı değerleri (z) hesaplanmıştır. Çalışılan seyrelticilerden en yüksek D değerleri 1-oktanol ile elde edilmişlerdir. Inert seyrelticilerin modifiye edilmesi daha yüksek özütleme verimi ile sonuçlanmıştır. Eğilim, Alamine 336 içeren organik fazlarla da sürmüştür. Dağılım katsayıları, organik fazdaki modifiye edici yüzdesi ve amin derişiminin artışı ile birlikte yükselmiştir. Yükleme oranı değerlerinin özellikle çözücü türünden etkilendiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tepkimeli Özütleme, Formik Asit, Organik faz modifiyesi, 1-oktanol, Alamine 336

Reactive Extraction of Formic Acid with Alamine-336 and Various Solvents

ABSTRACT: Low cost separation methods are required for carboxylic acid recovery. In the present study, formic acid was recovered from its aqueous solutions by reactive extraction. 1-octanol, hexane and xylene were selected as diluents, while Alamine 336, a long chain tertiary amine mixture, was used as extractant. Inert diluents (xylene and hexane) were modified using relatively polar solvent to increase the percent recovery. Effects of solvent type, concentration of extractant and modifier ratio on reactive extraction of formic acid were investigated. Distribution coefficient (D) and loading ratio (z) values were calculated using the equilibrium data. Highest D values were obtained with 1-octanol among the diluents studied. Modification of inert diluents resulted in higher extraction efficiency. The trend continued with the organic phases including Alamine 336. Distribution coefficient values increased with the increase in modifier percent and amine concentration in the organic phase. Loading ratio values were especially observed to be affected from solvent type.

Keywords: Reactive Extraction, Formic Acid, Organic phase modification, 1-octanol, Alamine 336

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karboksilik asitlerin sulu çözeltilerinden geri kazanımları halen karmaşıklığını sürdüren bir ayırıştırma problemidir. Düşük uçuculuktaki bu asitler, gerek biyolojik gerek kimyasal üretimler sonucunda

ana ürün ya da yan ürün olarak ortaya çıkabildikleri gibi çeşitli kimyasal süreçlerin atık sularında da bulunmaktadır. Bu ürünler geleneksel ayrıştırma yöntemleri ile yüksek verim ve seçicilikte geri kazanılamamaktadır (Kertes ve King, 1986) Bu nedenle mevcut geri kazanım teknikleri yerlerini gelişmiş ve tekrar kullanılabilir yöntemlere bırakmalıdırlar (İnci ve diğ., 2000).

Tepkimeli özütleme, pek çok avantajı ile karboksilik asitlerin ayrıştırılması için iyon değiştirme, adsorpsiyon, filtrasyon ve elektroforez gibi ayrıştırma yöntemlerine tercih edilmektedir (Wasewar ve diğ., 2004). Çözücü (sıvı-sıvı) özütlemesi yönteminin geliştirilmiş bir uyarlaması olup, organik fazlarda çözücünün yanında özütlenen asit ile tepkime verebilen özütleyenler içermesi ile öncekinden farklılaşır. Literatürde uzun zincirli aminlerin ve organofosforik bileşiklerin bu amaç için en uygun maddeler oldukları belirtilmiştir. Özellikle üçüncül (tersiyer) aminler ve karışımları, örneğin trioktilamin (TOA) ve Alamine 336 gibi, pek çok karboksilik asidin yüksek verimle tepkimeli özütlenmesinde başarıyla kullanılmışlardır (Tamada ve diğ., 1990; Marti ve diğ., 2011). Özütlenen asidin suda iyonlaşmamış türü ile organik fazda iyon çifti oluşturarak bir asit-amin kompleks yapı oluşturan üçüncül aminler, kolay geri eldeleri nedeniyle de karboksilik asitlerin geri kazanımları için tercih edilmektedirler.

Tepkimeli özütleme işleminde kullanılacak seyrelticiin karboksilik asidin geri kazanım verimine etkisinin olduğu gösterilmiştir (Kılıç ve diğ., 2000; Bizek ve diğ., 1993). Organik fazda oluşan asit-amin karmaşık yapının organik seyrelticilerde çözünümü dipol-dipol etkileşimi aracılığıyla gerçekleşir ve asit ile amin arasında gerçekleşen nötrleştirme tepkimesinde etkin rol oynar. Bu nedenle araştırmacılar karboksilik asitlerin tepkimeli özütlenmesinde özütleyeni çözmek için çeşitli kimyasal sınıflardan seyrelticileri kullanmışlar ve çözücü türünün tepkimeli özütlemeye etkisini araştırmışlardır (İnci ve diğ., 2000; Bilgin ve diğ., 2001; Şenol, 2006; Uslu ve Kırbaslar, 2008; Uslu ve diğ., 2009). Özellikle polar ve fonksiyonel gruplara sahip çözücülerin tepkimeli özütleme esnasında aminlerin performansını önemli derecede etkilediği gösterilmiştir (İnci ve diğ., 2000). Bunun yanında, düşük verimli inert çözücülerin nispeten daha polar çözücülerle modifiye edilerek tepkimeli özütleme işleminde kullanılacakları ve asitlerin geri kazanımına önemli etkilerinin olduğu ileri sürülmüştür (İnci ve diğ., 2000; Marinova ve diğ. 2005). Marinova ve arkadaşları (2005) tartarik asidi tepkimeli özütleme ileri geri kazanırken özütleyen olarak TOA ve Aliquat-336, seyreltici olarak n-dodekan ve modifiye edici olarak da 1-dekanol kullanmışlardır. Araştırmacılar özellikle üçüncül aminlerin organik fazın modifiye edilmesinden olumlu şekilde etkilendiğini ve yüksek dağılım katsayılarına ulaşıldığını belirtmişlerdir (Marinova ve diğ., 2005).

Bu çalışmanın amacı endüstride geniş kullanım alanına sahip formik asidi sulu çözeltilerinden tepkimeli özütleme yöntemi ile geri kazanmaktır. Aynı zamanda metanoik asit olarak da bilinen formik asit, en basit karboksilik asit olup berrak ve renksiz bir görüntüye ve keskin bir tada sahiptir. Anti-bakteriyel ve koruyucu özelliği sayesinde başta gıda, ilaç, tekstil ve deri olmak üzere pek çok endüstride kullanım alanı bulunmaktadır. Boyama, ağartma, temizleme gibi işlemlerde sıklıkla kullanılan formik asit endüstride pek çok kimyasal maddenin üretiminde ara madde olarak kullanılmakta ya da ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yüksek enerji veya maliyet gereksinimi duyulan ayrıştırma işlemlerinden, formik asidin bahsi geçen sulu çözeltilerinden, özütleme yöntemi ile geri kazanımı önemli ekonomik avantajlar sağlayacaktır. Literatürde formik asidin tepkimeli özütlenmesi çeşitli özütleyenler ve seyrelticiler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şenol (2000) Alamine 308'i çeşitli C-6 halkası içeren çözücülerde çözerek hazırladığı organik fazlarla formik asidi özütlemiştir (Şenol 2000). Wang ve diğ. (2001) trioktilfosfinoksit (TOPO)'i kerosen içinde çözerek oluşturdukları organik fazları kullanarak içinde formik asidin de bulunduğu monokarboksilik asitlerin sulu çözeltilerinden özütlenmesini incelemiş, verileri kullanarak bir özütleme denge modeli hazırlamış ve deneysel bulgularla yüksek oranda tutarlılık elde etmişlerdir. Uslu ve diğ. (2009) formik asidin ikincil amin Amberlite LA-2 ile geri kazanımı üzerine çalışmış, tepkimeli özütleme esnasında çözücü sıvının etkisini çeşitli esterler, alkoller, ve ketonlar kullanarak incelemişlerdir. Deney verileri kullanılarak dağılım katsayıları (D) ve yükleme değerleri (z) hesaplanmıştır. Araştırmacılar en yüksek D değerlerini izoamil alkol ile elde ettiklerini rapor etmişlerdir (Uslu ve diğ., 2009).

Çalışma kapsamındaki deneylerde formik asit tepkimeli özütleme yöntemi ile Alamine 336 ve organik çözücüler, 1-oktanol, ksilen ve hekzan, kullanılarak sulu çözeltilerinden geri kazanılmıştır. Buna ek olarak inert seyrelticiler, nispeten daha polar çözücü, 1-oktanol ile modifiye edilmiş ve çözücü türü, modifiye edici yüzdesi ve özütleyen derişiminin formik asidin tepkimeli özütleme ile geri kazanıma etkileri incelenmiştir. Değişken aralıkları yazarların ön çalışmaları ve literatürdeki diğer çalışmalar ışığında belirlenmiştir.

Özütleme işleminin en belirgin verim ölçütü dağılıma katsayısıdır (D). Sabit sıcaklıkta dengeye ulaşıldıktan sonra birinci fazdan ikinci faza geçen madde miktarının, birinci fazda kalana oranı olarak tanımlanır (Denklem 1). Bunun yanında, özütleme esnasında organik fazda özütlenmiş asit ve amin arasında gerçekleşen tepkime sonucu oluşan karmaşık yapının sitokiyometrisi hakkında bilgi veren yükleme oranı değeri (z) de hesaplanmaktadır. Yükleme oranı değeri, organik fazda amin ile tepkime veren asit miktarının başlangıç özütleyen miktarına oranı şeklinde ifade edilir (Denklem 2).

$$D = C_{FA,org}/C_{FA,su} \quad (1)$$

$$z = C_{FA,ex,0}/C_{Alamine\ 336,0} \quad (2)$$

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER (MATERIALS AND METHODS)

2.1 Materyal (Materials)

Formik asit, Merck Co. firması tarafından tedarik edilmiş ve sulu çözeltiler belirli miktarda asidin yüksek saflıktaki (UHP) su içerisinde çözünmesi ile hazırlanmıştır. Özütleyen olarak uzun zincirli üçüncül amin karışımı, Alamine 336 (Cognis); seyreltici olarak da hekzan (VWR), ksilen (Merck Co.) ve 1-oktanol (Merck Co.) kullanılmıştır. Özütleyenlerin kullanılmadığı çözücü (sıvı-sıvı) özütlemesi deneylerinde organik fazlar sadece seyrelticilerden oluşurken, tepkimeli özütleme deneylerinde, Alamine 336 bu çözücüler veya karışımlarda belirli oranlarda çözünmüştür.

2.2 Deneyler ve Analizler (Experiments and Analyses)

Sulu fazdaki formik asit derişimi, literatürde bahsi geçen üretim ortamları ve atık sulardaki asit miktarları dikkate alınarak yaklaşık 0,5 M olarak sabit tutulmuştur. Modifiye edilmemiş ve özütleyen içermeyen organik fazlar sadece ksilen, hekzan veya 1-oktanol seyrelticilerinden oluşmuştur. Modifiye etkisinin incelendiği deneylerde, ksilen ve hekzan çözücülerine hacimce %15 veya %30 1-oktanol eklenmiştir. Özütleyen içeren deneylerde, Alamine 336, bu çözücüler ve/veya karışımlar içerisinde belli oranlarda (0,1-0,3 M) çözünmüştür.

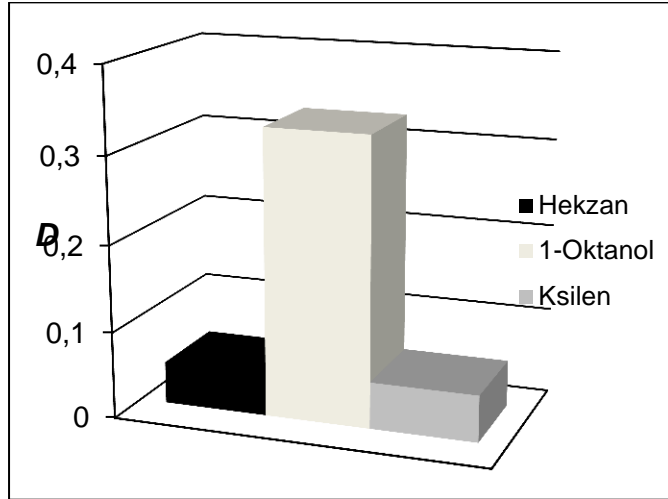
Eşit hacimdeki sulu ve organik fazlar sabit sıcaklıkta (25°C) çalkalamalı su banyosunda 160 rpm'de gece boyunca temas edecek şekilde bırakılmış ve sıvı-sıvı dengesine ulaşılmıştır. Sonuç olarak bu çalkalama hızı ve süresinin dengeye ulaşmak için yeterli olduğu göstermiştir. Santrifüj sonrası faz ayrımı tamamen gerçekleştikten sonra, sulu fazda kalan asit derişimi, 0,1 N NaOH çözeltisi kullanılarak asit-baz titrasyonu yöntemi ile belirlenmiştir. Analizlerde indikatör olarak fenolftalein kullanılmıştır. Sulu fazdaki formik asidin başlangıç ve denge anı miktarının belirlenmesini organik fazdaki asit miktarının kütle denkleğinden yararlanılarak hesaplanması izlemiştir. Deneyler ve analizler ikişer kere tekrarlanmış ve ortalama değerler kullanılarak D ve z değerleri belirlenmiştir. Deneysel hata oranı % 1'dir.

3. BULGULAR VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1 Formik Asidin Organik Çözücülerle Özütlenmesi (Extraction of formic acid with organic solvents)

Formik asidin yalnız seyreltici içeren organik fazlarla özütlenmesi ile elde edilen dağılım katsayılarının seyrelticilere bağlı değişimi grafiksel olarak Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre iki inert çözücü

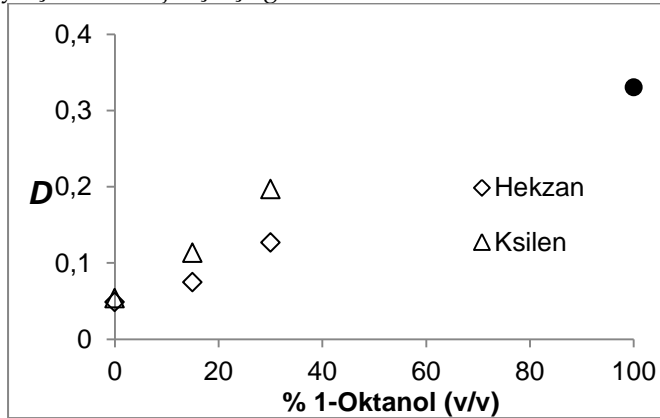
özütleme işlemi sonucunda benzer miktarlarda asit özütlemiştir. Bu iki inert çözücünün farklı kimyasal yapılarına sahip olmasına karşın benzer polariteye sahip olmaları, özütlemeye de benzer şekilde etki ediyor olmalarına neden olmuştur. Dağılım katsayıları, hekzan ve ksilen çözücülerini ile yaklaşık 0,05 iken nispeten daha polar olan 1-oktanol ile 0,33 olarak bulunmuştur. Bu değerler çözücü polaritesinin özütleme işleminde ne denli önemli olduğunu da ortaya koymuştur. Bu eğilimler literatürde karboksilik asitlerin çözücü özütlenmesine dair çalışmalarda elde edilmiş sonuçlarla tutarlılık göstermektedir (Bilgin ve diğ. 2001).



Şekil 1. Formik asidin hekzan, 1-oktanol ve ksilen ile özütleyen kullanılmayan çözücü özütlenmesi sonucu dağılım katsayısının çözücü türü ile değişimi

3.2 Inert Çözücülerin Modifiye Edilmesi (Modification of Inert Solvents)

Polaritesi düşük hekzan ve ksilen inert çözücülerini nispeten daha polar 1-oktanol çözücüsü ile %15 ve % 30 oranlarında modifiye edilmişlerdir. Oluşan organik fazların özütleme işleminde kullanılmaları ile elde edilen dağılım katsayıları Şekil 2'de verilmiştir. Grafik aynı zamanda organik fazın modifiye edilmesinin özütleme gücüne etkisini açıkça göstermektedir. Modifiye edilmemiş çözücülerle elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında, dağılım katsayıları, %15 modifiye hekzan için 1,5; ksilen için 2 katına çıkmıştır. Modifiye oranı %30'a çıktığında D değerleri aynı çözücüler için 2,5 ve 3,5 katlarına ulaşmışlardır. Veriler, yalnız çözücü içeren organik fazlarla elde edilmiş D değerleri ile kıyaslandığında, inert seyrelticilerin modifiye edilmesi ile ortaya çıkan sinerji açıkça görülmektedir.

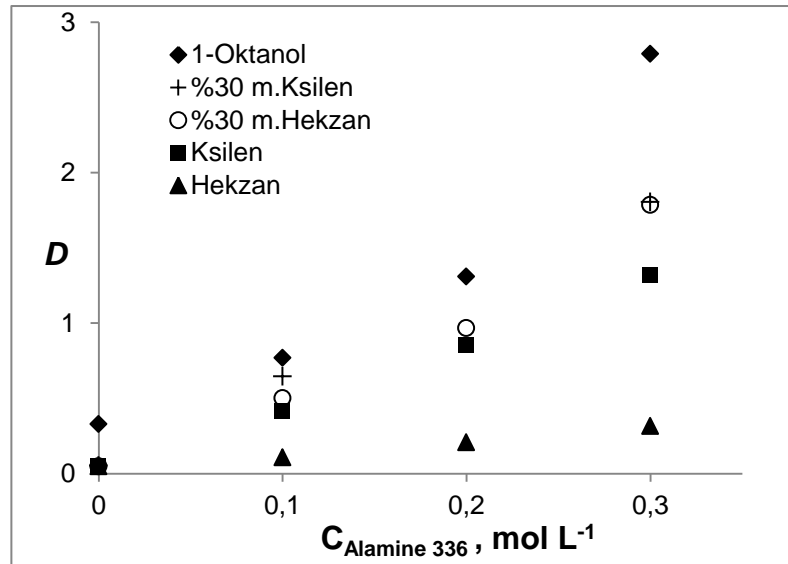


Şekil 2. İnert çözücülerin nispeten daha polar olan 1-oktanol ile modifiye edilmesi ve modifiye oranının formik asit dağılım katsayısına etkisi.

Bunun yanında formik asidin çözücü özütlenmesi ile elde edilen D değerleri kullanılan çözücüler ne kadar polar olursa olsun hala çok düşük olup geri kazanılması amaçlanan maddenin önemli bir kısmının özütlenmesi için birden çok özütleme basamağı gerekmektedir. Bu da ayrıştırma ve üretim maliyetlerinin önemli ölçüde artmasına neden olacaktır. Bu nedenle, bir sonraki adım olarak üçüncül amin karışımı, Alamine 336 organik fazda kullanılan çözücü veya karışımlar içerisinde belli oranlarda çözülmüş ve oluşan organik fazlarla formik asidin sulu çözeltilerinden geri kazanımı gerçekleştirilmiştir.

3.3 Özütleyen Derişiminin Etkisi (Effect of concentration of extractant)

Bir uzun zincirli üçüncül amin karışımı olan Alamine 336 formik asidin sulu çözeltilerinden geri kazanılırken kullanılmış ve başlangıç amin miktarının özütlemeye etkisi incelenmiştir. Literatürde de belirtildiği gibi özütleyenin başlangıç derişiminin tepkimeli özütlenmeye olumlu etkisi vardır ve organik fazdaki amin miktarı ile birlikte D değerleri de artmıştır (Tamada ve diğ., 1990; Martı ve diğ., 2011). Şekil 3'de görüldüğü gibi dağılım katsayıları özütleyen içermeyen organik fazlarla 0,05-0,33 mertebelerinde iken, 0,3 M Alamine 336 ile 0,31-2,79 mertebelerine ulaşmıştır. Çözücü türünün özütleyen derişimine bağlı etkisi en belirgin olarak Alamine 336 derişimi 0,3 M iken görülmüştür. Organik fazdaki özütleyenin başlangıç miktarı 0,1- ve 0,2 M iken, D değerleri çözücü türleri için kıyaslandığında, nispeten küçük farklılıklar görülmüştür. Özütleyen içermeyen geri kazanım işlemlerindeki eğilim Alamine 336 ile de devam etmiş ve inert çözücülerin nispeten daha polar olan 1-oktanol ile modifiye edilmeleri daha yüksek D değerlerine ulaşılmasını sağlamıştır. Yani inert, ksilen ve hekzan çözücülerinin 1-oktanol ile modifiye edilmeleri sonucu gözlemlenen sinerji, organik faza Alamine 336'nın da katılımıyla devam etmiş ve yüksek D değerlerine ulaşılmasını sağlamıştır.

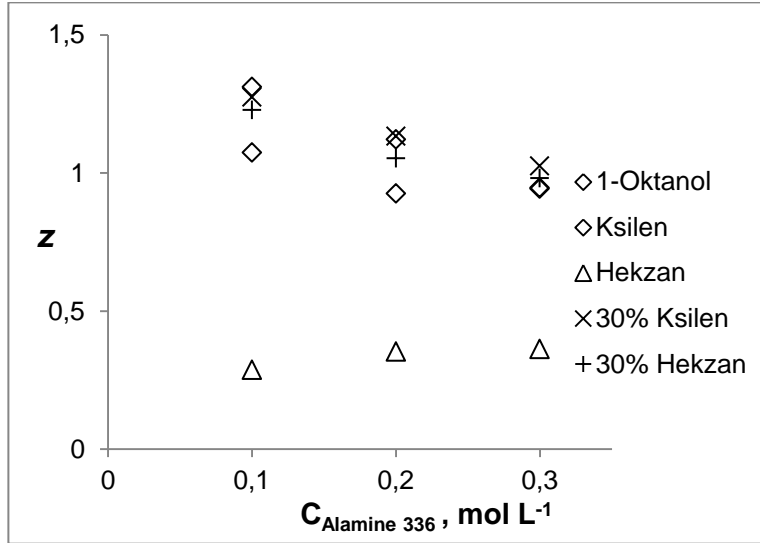


Şekil 3. Özütleyen derişiminin formik asidin Alamine 336 ile tepkimeli özütlenmesine etkisi. Ayrıca seyreltici türünün ve organik fazın modifiye edilmesinin etkileri de görülmektedir.

3.4 Yükleme Oranı Değerleri (Loading Ratio Values)

Şekil 4'de yükleme oranı değerlerinin çözücü türüne ve özütleyen derişimine bağlı değişimi görülmektedir. Buna göre çözücü polaritesi arttıkça z değerleri de artmıştır. Bu eğilim özellikle modifiye edilmiş çözücüler karşılaştırıldığında daha belirgin bir şekilde görülebilir. Bulgulara göre hekzan seyrelticisinin kullanıldığı tepkimeli özütleme işlemlerinde sadece 1:1 asit-amin karmaşık yapı gözlemlenirken, diğer çözücüler ve %30 modifiye edilmiş çözücülerde 2:1 asit-amin karmaşık yapının da

organik fazda olduğu tahmin edilmektedir. Bu çalışmada yükleme yükleme oranı değerlerinin, genelde başlangıç amin derişiminden etkilenmediği görülmektedir ve bu durum literatür ile uyum göstermektedir (Martı ve diğ., 2011) . Yalnız 1-oktanol ile tepkimeli özütleme esnasında z değerleri özütleyen derişiminden etkilenmiştir. Bununla birlikte, artan Alamine 336 derişimi ile z değerlerinin düşmesi, nispeten polar olan çözücülerin, daha apolar olan asit-amin kompleks yapının organik fazda miktarının artması ile birlikte kompleks yapıyı çözme gücündeki düşüş olarak yorumlanmıştır (İnci ve diğ., 2000).



Şekil 4. Yükleme oranı değerlerinin seyreltici türü ve Alamine 336 derişimine bağlı değişimi

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Yürütülen çalışma sonucunda, en yüksek D değerleri, kullanılan seyrelticiler arasında 1-oktanol ile elde edilmiştir. Bu eğilimin özütleyen kullanılmasıyla değişmediği gözlemlenmiştir. Sıvı-sıvı (çözücü) özütlenmesinde iki inert çözücü ile benzer özütleme verimlerine ulaşılmış olsa da, amin özütleyeni kullanıldığında, ksilen oluşan asit-amin karmaşık yapı için daha iyi bir çözücü olduğunu göstermiştir. Ksilen, aynı zamanda 1-oktanol ile gerçekleştirilen organik faz modifiyesine de hekzana nazaran daha iyi cevap vermiştir. Beklenildiği üzere tüm çözücüler için amin derişimi arttıkça D değerleri de artmıştır. Yükleme oranı değerlerinin özellikle çözücü türünden etkilendiği tespit edilmiştir. Sadece 1-oktanol çözücüsü için z değerlerinin amin derişiminden az da olsa etkilendiği gözlemlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Yazarlar sunulan imkânlardan dolayı S.Ü. Mühendislik Fakültesi ve çalışanlarına, aynı zamanda bu çalışmanın gerçekleştirilmesine katkılarından dolayı Oğuzhan Aydın, Ezgi D. Kerpiççi, Merve Pehlivan, Emrah Durgun, Havva Dinç, Emre Şahin ve Dr. İlkyay Özyaytekin'a teşekkür ederler. Ayrıca makalenin yazılma aşamasındaki yardımları nedeniyle Havva Öznur (Yıldız) Martı'ya ve deneysel gereçlerin tedarikinde yardımlarını esirgemeyen Teknik Kimya Ltd. Şti'ne ve çalışanlarına da teşekkür etmektedir.

TERİMLEME (NOMENCLATURE)

FA	Formik Asit
C	Derişim, mol L ⁻¹

<i>D</i>	Dağılım katsayısı, birimsiz
<i>z</i>	Yükleme oranı değeri, birimsiz

Alt simgeler (Subscripts)

<i>0</i>	Başlangıç
<i>su</i>	Sulu faz
<i>org</i>	Organik faz
<i>ex</i>	Özütleyen ile tepkime veren

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Bilgin, M., Hasdemir, İ.M., İnci, İ., 2001, "Malik Asidin Aliquat-336 ile Seyreltici Çözücüler Varlığında Ekstraksiyonu", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (Pamukkale University Engineering College Journal Of Engineering Science)*, Vol. 7, No. 3, pp. 395-399.
- Bízek, V., Horáček, J., Koušová, M., "Amine Extraction of Citric Acid: Effect of Diluent", *Chemical Engineering Science*, Vol. 48, No. 8, pp. 1447-1457.
- İnci İ., Hasdemir, M., Bilgin, M., Aydın, A., 2000, "Laktik Asitin Alamin-336 ile Çeşitli Seyreltici Çözücüler Kullanılarak Ekstraksiyonunun İncelenmesi", *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, Vol. 24, pp. 45-51.
- Kertes, A.S., King, C.J., 1986, "Extraction chemistry of fermentation product carboxylic acids", *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 28, pp. 269-282.
- Kılıç, M., Bayraktar, E., Ateş, S., Mehmetoğlu, Ü., 2002, "Investigation of Extractive Citric Acid Fermentation Using Response-Surface Methodology", *Process Biochemistry*, Vol. 37, No. 7, pp. 759-767.
- Marinova, M., Albet, J., Molinier, J., Kyuchoukov, G., 2005, "Specific Influence of the Modifier (1-Decanol) on the Extraction of Tartaric Acid by Different Extractants", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 44, No.17, pp. 6534-6538.
- Martı, M.E., Gürkan, T., Doraiswamy, L.K., 2011, "Equilibrium and Kinetic Studies on Reactive Extraction of Pyruvic Acid with Trioctylamine in 1-Octanol", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 50, No.23, pp. 13518-13525.
- Şenol, A., 2000, "Extraction Equilibria of Formic and Levulinic Acids Using Alamine 308/Diluent and Conventional Solvent Systems", *Separation and Purification Technology*, Vol. 21, No. 1-2, pp. 165-179.
- Şenol, A., 2006, "Influence of Diluent on Amine Extraction of Pyruvic Acid Using Alamine System", *Chemical Engineering and Processing*, Vol. 45, No. 9, pp. 755-763.
- Tamada, J.A., Kertes, A.S., King, C.J., 1990, "Extraction of Carboxylic Acids with Amine Extractants. 1. Equilibria and Law of Mass Action Modeling", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 29, No.7, pp. 1319-1326.
- Uslu, H., Bayat, C., Gökmen, S., Yorulmaz, Y., 2009, "Reactive Extraction of Formic Acid by Amberlite LA-2 Extractant", *Journal of Chemical & Engineering Data*, Vol. 54, No. 1, pp. 48-53.
- Uslu, H., Kırbaşlar, S.İ., 2008, "Investigation of Levulinic Acid Distribution from Aqueous Phase to Organic Phase with TOA Extractant", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 47, No. 14, pp. 4598-4606.
- Uslu, H., Kırbaşlar, S.İ., Wasewar, K.L., 2009, "Reactive Extraction of Levulinic Acid by Amberlite LA-2 Extractant", *Journal of Chemical & Engineering Data*, Vol. 54, pp. 712-718.
- Wang, Y., Li, Y., Wang, J., Li, Z., Dai, Y., 2001, "Extraction Equilibria of Monocarboxylic Acids with Trialkylphosphine", *Journal of Chemical & Engineering Data*, Vol. 46, No. 4, pp. 831-837.

Wasewar, K.L., Yawalkar, A.A., Moulijn, J.A., Pangarkar, V.G., 2004, "Fermentation of Glucose to Lactic Acid Coupled with Ractive Extraction: A Review", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 43, No.19, pp. 5969-5982.