

Eda KAYA
Melih Soner ÇELİKTAŞ

Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, 35100
İzmir /Türkiye
e-posta: soner.celiktas@ege.edu.tr

Biyorafineri Ürünlerinin Ekstrapolasyon Uygulamaları Yardımı İle Teknolojik Olarak Değerlendirilmesi

Technological Assessment of Biorefinery Products With Extrapolation Approach

Alınış (Received): 04.06.2015

Kabul tarihi (Accepted): 23.10.2015

Anahtar Sözcükler:

Biyokütle, biyorafineri, ekstrapolasyon, fisher-pry, süksinik asit, laktik asit, propanediol; furfural

Key Words:

Biomass, extrapolation, fisher-pry, succinic acid, propanediol, furfural, lactic acid.

ÖZET

Bu çalışmada, biyorafineri yöntemleriyle elde edilen kimyasallar, ekstrapolasyon yöntemlerinden Fisher-Pry modeli yaklaşımıyla incelenerek ileriye yönelik tahminlemeler yapılmıştır. Gelecek vaad eden bazı biyokimyasalların ve petrol kökenli kimyasalların dünya genelinde üretim miktarları ve pazar payları incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada Fisher-Pry yöntemi uygulanmıştır. Sonra ki basamakta kullanılan matematiksel yöntem yardımıyla karşılaştırmalar yapılmış, biyo kökenli kimyasalların ne zaman pazar hakimiyeti sağlayacağı incelenmiştir. Yapılan araştırma ve uygulamalar sonucunda seçilen biyo kökenli kimyasallardan süksinik asitin 2021, furfuralın 2032, 1,3-propanediolün 2036 ve laktik asitin 2029 yıllarında kendi pazarlarında %100 hakimiyet sağlayacağı öngörülmüştür.

ABSTRACT

In this research, the chemicals which were produced with biorefinery methods were analysed with the Fisher-Pry model approach which was one of the extrapolation methods and relevant projection studies have been made. Production amounts and market shares of biochemicals which have promising futures and petroleum variations were examined. According to the result of the researches among different forecasting methods, Fisher-Pry model was decided to be used. Later on, comparisons were done with the help of the decided mathematical method and the time of domination for the bio-sourced chemicals was examined. According to the results of the researches and applications, it has been forecast that the examined bio-sourced chemicals will overtake the market share with %100 in the next 6 to 10 years. The results of the research and applications of selected biobased chemicals, succinic acid (2021), furfural (2032), 1,3-propanediol (2036) and lactic acid (2029) will have 100% of their market dominance.

GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca en çok merak edilen soru geleceğin tahmin edilip edilemeyeceği olmuştur. Farklı alanların kendi içlerinde farklı yaklaşımlarının olduğu bu sorunun cevabına bilim penceresinden bakarak cevap aranması teknolojik öngörü kavramını ortaya çıkarmıştır. Günümüzde firmaların üretim, satış, pazarlama, stoklama, istihdam gibi temel politikalarının belirlenmesinde ve karar alınmasında öngörünün önemli bir rolü bulunmaktadır (Hegarty and Macridakis, 1981). Bir konuyu planlayabilmek için ön-

celikle o konuya ait bir öngörü yapabiliyor olmamız gerekmektedir (Hanke and Reitsch, 1992). Öngörü, her hangi bir değişkenin şimdiki ve geçmiş dönemlerdeki değer ve davranışlarını inceleyerek, belirli varsayımlar altında, gelecek dönemlerde alabileceği değerleri tahmin etmeye yönelik uğraşlar olarak tanımlanmaktadır (Kayim, 1985). Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam ağırlık olarak tarif edilmektedir. Başka bir deyişle biyokütle, bir bölümü enerji üretiminde kullanılabilen,

biyolojik kökenli, fakat fosil olmayan organik madde kütleleridir. Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm organik maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanır (Alemdağ, 1980). Biyorafineri kavramı, biyokütlenin kimyasal, fiziksel veya termal işlemlerden geçerek, ayrıştırılması ve katma değeri yüksek ürünler elde edilmesi şeklindedir. Yüksek değerlikli kimyasallar, yakıtlar, ısı ve güç gibi enerji taşıyıcılarının ortaya çıkması açısından mevcut kimyasal ve enerji sektörleri ile rekabet değeri yüksek bir pazar ortaya çıkmıştır. Biyorafineri geliştirmekte olan teknolojik bir alandır (Demirtaş, 2009; Schobert, 2002). Biyo tabanlı ürünlerden biyoyakıt üretiminin yeni gelir kaynakları ve istihdam oluşturması, kırsal alanlarda yeni fırsatların ortaya çıkması ve alternatif bir sanayiye yönelmesi 21. Yüzyılda ortaya çıkan biyorafineri teknolojileri beklentileridir (Bay, 2005). Bu çalışmada teknolojik öngörü yaklaşımlarından ekstrapolasyon yöntemi kullanılarak, bazı biyorafineri ürünlerinin geleceği hakkında bir öngörü çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada biyorafineri ürünü olan kimyasal maddelerin pazar paylarının geleceğine bakılmış ve tahminlemeler yapılmıştır. Bu tahminlemeler sonucunda biyo kökenli kimyasallar geleceklere için stratejik önem taşıyacak verilere ulaşılacak hedeflenmiş ve dönüm noktalarının kestirimleri üzerine yoğunlaşmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bibliyometrik çalışma

Bibliyometri, matematiksel ve istatistiksel yöntemlerin kitaplara ve diğer bilimsel iletişim ortamlarına uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Bibliyometrik araştırmalarla, yapılan yayınların, yazar, konu, atıf ve benzeri özellikleri incelenerek bilimsel iletişime ilişkin birçok bulgu elde edilmektedir (Pritchard, 1969). Bibliyometri çalışmaları Lotka yasası (1926) ile birlikte bilimsel üretimin araştırılmasında kullanılmaya başlanmıştır (Kuperman, 2006). Bilgi kaynaklarına niceliksel metodların uygulanması işlemi olan bibliyometri konusundaki ilk çalışmalar 1920'lerden önce başlamış olsa da bibliyometri terimi 1969 yılında Pritchard tarafından; "kitaplar ve iletişim ortamlarına istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin uygulanması" şeklinde tanımlanarak erken dönemde kullanılan "istatistiksel bibliyografi" teriminin yerini almıştır (Forsman, 2008). Türkiye'de de son yıllarda, dergilerin bibliyometrik incelemelerine yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda Türk Psikoloji Dergisi, Turkish Journal of Chemistry ve Milli Folklor dergileri incelen-

miş ve bibliyometrik analiz çalışmaları yürütülmüştür (Al ve Coştur 2007; Birinci, 2008; Yalçın, 2010). Bu çalışmada elde edilen araştırma verilerinin değerlendirilmesinde, yukarıda ayrıntılı bir şekilde ifade edilen bibliyometrik analiz tekniğinden yararlanılmıştır.

Fisher-Pry modeli

Matematiksel bir model olup yeni ürün veya servislerin eskilerine oranla teknolojik üstünlük sağladığı durumlarda yeni üretilen teknolojinin uyumunun öngörülmesi çalışmalarında kullanılmaktadır. Bir başka ifade ile yerine koyma modeli olarak da bilinmektedir. Fisher-Pry modeli, benimsenmiş teknolojinin seviyesine ve kabul edilmemiş kalan kısmının oranına bağlı bir büyüme modelidir. Diğer eğrilere göre daha yavaş bir büyüme gösterir ve eğer teknoloji bilinmeyen ve kanıtlanmamış bir teknolojiye kullanılır (Aravantinos and Fallah, 2005). General Electric araştırmacıları Fisher ve Pry, yeni gelen teknolojinin eskisinin önüne geçeceğini ve diğerini pazar dışına iteceğini matematiksel doğruluğunu ifade etmiştir. Eğer 'f' yeni ürünün pazar payı oranıysa, eski ürünün pazar payının $(1 - f)$ olacağı açıktır (Koçar ve Çeliktaş, 2011). Matematiksel ifadenin dışında Fisher-Pry kuralı basitçe, iki ürünün de oranlarının, yarı logaritmik bir kağıt üzerinde düz bir doğruyla ifade edilebileceğini gösterir (Peterka,1977). Fisher-Pry yöntemi, eski bir teknoloji yerini yenisine bırakırken, yeni teknolojinin eskisine göre pazarda ne kadar daha iyi olduğunu gösteren matematiksel bir tekniktir (Shepard, 2000). Diğer bir deyişle eski teknolojinin pazar payının azalışını ve ne kadarını yeni teknolojiye bıraktığını gözler önüne serer. Bu yaklaşımın temelini yeni teknolojinin "lojistik eğrisi" olarak bilinen eğriyi takip eden bir eğilim göstereceği varsayımı oluşturur. Bu kabul iki parametreye tanımlanır. Bu parametrelerden biri değişimin başladığı zaman, diğer parametre ise değişimin oluşma oranıdır. Bu teknikle şu gibi tahminleri yapmak mümkündür: Yeni bir kimyasal ürünün üretim sürecinin kabul edilişi, dijital ölçüm aletlerinin analog aletlerin yerini alma süreci, telekomünikasyon donanımlarının değişim süreci vs. (Vanston, 2002). Fisher-Pry modeli yeni teknolojilerin difüzyon tahminleri için kullanılır ve özellikle büyük davranış değişiklikleri gerektirmeyen bu teknolojiler için geçerlidir. Davranış değişikliği çok yüksek olduğu zaman Gompertz modeli tercih edilir.

Modelin formülünde "f" bağımsız bir değişken olarak yeni ürünün pazar payı oranı olarak alınır, eski ürünün pazar payı oranı ise $(1 - f)$ olarak tanımlanmıştır. Bu durumda $f=Y/L$ ve L,Y değişkeninin büyüme üst sınırı olarak alınır. Bu yaklaşımdaki ana kabul, f nin değişim oranının hem f ile hem de eski ürünün

pazar payı $(1 - f)$ ile orantılı olmasıdır (Koçar ve Çelikaş, 2011).

$$\frac{df}{dt} = b \left[\frac{f}{(1-f)} \right] \quad (1)$$

Bu denklemde t_0 ve t zamanları arası %50 si tamamlandığında yerine koyulduğunda

$$\int_{t_0}^t b \left[\frac{f}{(1-f)} \right] dt \quad (2)$$

f' e göre çözümlendiğinde,

$$f = \frac{1}{1 + \exp[-b(t-t_0)]} \quad (3) \quad \text{şeklinde verilmiştir.}$$

Bu denklik daha sonra geliştirilerek

$$f(t) = \frac{1}{1 + e^{(-b(t-t_{50}))}} \quad (4)$$

formunu almıştır. Burada;

$f(t)$; Teknolojinin t anındaki pazar yüzdesi,

b ; Belirli bir teknolojinin belirli bir pazarda benimsenme oranı,

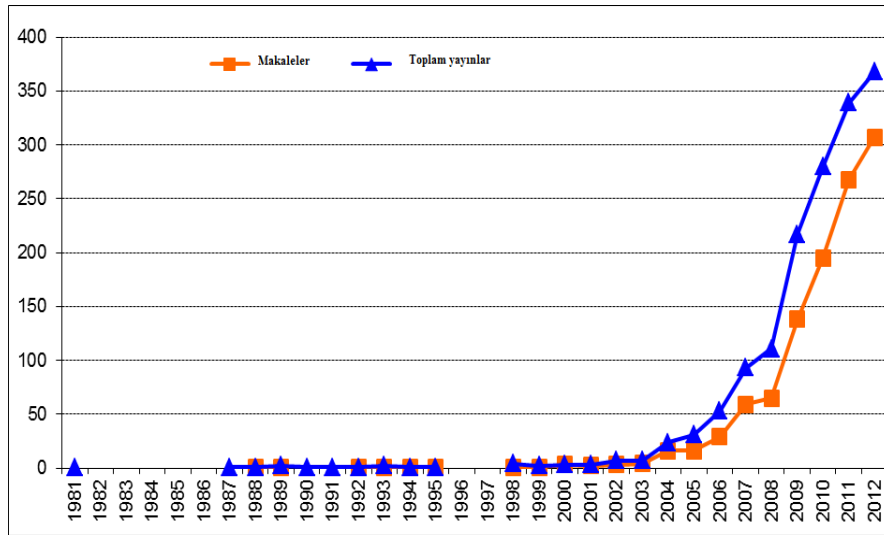
t_{50} ; Toplam hedef pazarın yüzde 50 sine ulaşılma zamanıdır.

Diğer ekstrapolasyon yöntemleri yerine bu yöntemin seçilme sebebi, çalışmanın amacının seçilen kimyasalların, pazar hâkimiyetlerini ne kadar sürede ve ne zaman elde edeceği olmasıdır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bibliyometrik bulgular

Yapılan bibliyometrik araştırma sonucu, biyorafineri araştırmalarında 2000'li yılların başına kadar çok fazla yayın çıkmadığı görülmüştür. 2000'li yılların başlarında biyorafineri ile ilgili yapılan yayın çalışmalarının sayısının dikkat çekici bir şekilde arttığı belirlenmiştir. Şekil 1 de görülebileceği gibi 1980 ve 2013 yılları arasında SCI/SSCI da "biyorafineri" başlığı altında 1,545 yayın yapılmıştır. Yapılan yayınlarda makaleler ve süreçlerin araştırmaları, genel doküman sayısının %77,61 (1,199)'ni oluşturmaktadır. Geriye kalan diğer yayınlar düzeltmeler (7), Editoryal Malzemeler (47), Özet (66), Haberler (32) ve İncelemeler (194)'dir. Makaleler bibliyometrik yöntemlerle incelenmiştir. 2013 yılında yayınlanan 86 makale bütün indikatörleri işaret etmektedir. Biyorafineri konusu bilim alanında yeni bir konudur.



Şekil 1. Yıllara göre toplam yayın ve makale sayılarının karşılaştırılması
Figure 1. Comparing the total number of articles and publications by year

2000'li yılların başlarında artan yayın sayıları dünya genelindeki Ar-Ge gelişmelerini göstermiştir. Yazar adreslerine göre yayın çalışmalarına göz atıldığında 49 farklı ülkede araştırmalar yapıldığı görülmüştür. En çok yayın yapan 20 ülke arasında ilk sıralarda sırasıyla ABD (%90,33) ve Kanada (%31,03) yer almaktadır (Çizelge1).

Bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak yapılan yayın çalışmalarından uluslararası iş birlikleri gözlemlenebilir. Çalışmaların %20,26 lık bir kısmı uluslararası iş birlikleriyle yayınlanmıştır, geriye kalan %79,74 lük oran ise tek bir ülke tarafından yayınlanan çalışmalardır.

Çizelge 1. Uluslararası iş birliğinde en üretken ülkeler
Table 1. The most productive countries in international cooperation

Ülkeler	TY (Makaleler)		TeY (Makaleler)		ÜİY (Makaleler)			Enstitü Sayıları
	No	%	No	%	No	%	Ülke Sayısı	
ABD	337	31.03	293	33.83	44	20.00	17	102
Kanada	84	7.73	65	7.51	19	8.64	10	20
İspanya	63	5.80	55	6.35	8	3.64	6	17
Çin	52	4.79	36	4.16	16	7.27	6	27
İngiltere	49	4.51	36	4.16	13	5.91	8	16
Finlandiya	49	4.51	33	3.81	16	7.27	8	10
İsveç	48	4.42	37	4.27	11	5.00	8	15
Almanya	40	3.68	40	4.62	-	-	0	20
Hollanda	38	3.50	26	3.00	12	5.45	10	13
Japonya	35	3.22	32	3.70	3	1.36	3	14
Danimarka	27	2.49	19	2.19	8	3.64	6	7
Portekiz	25	2.30	18	2.08	7	3.18	3	8
Fransa	24	2.21	17	1.96	7	3.18	6	13
Avusturya	22	2.03	13	1.50	9	4.09	9	13
Brezilya	19	1.75	12	1.39	7	3.18	6	13
İtalya	17	1.57	14	1.62	3	1.36	4	13
Avusturya	14	1.29	12	1.39	2	0.91	2	3
Norveç	14	1.29	11	1.27	3	1.36	5	6
Güney Kore	13	1.20	12	1.39	1	0.45	1	7
Malezya	11	1.01	7	0.81	4	1.82	3	4
Diğer Ülkeler ²⁹	105	9.67	78	9.01	27	12.27	34	78

Petrol kökenli süksinik asit ve biyo kökenli süksinik asit uygulaması

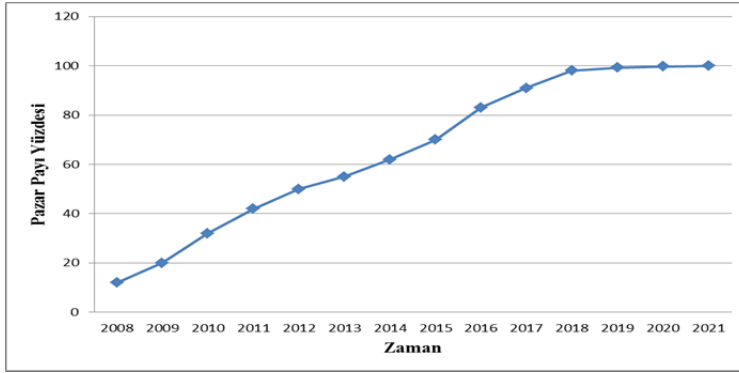
Süksinik asit $\text{CO}_2\text{HCH}_2\text{-CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ formüllü bir organik asittir. Karboksilik asitlerin en küçüklerindedir (en küçük olan formik asittir). Doğada karbon-hidratların yükseltgenmesiyle oluşur. Kehribarda % 3-8 nispetinde bulunan organik bir bileşiktir. Diğer reçinelerde, fosilleşmiş ağaçlarda ve ekseri bitkilerde de bulunur. Düşük konsantrasyonlarda birçok hayvanın dokularında yer alıp, ara metabolizma görevini ifade eder. Saf süksinik asit saydam renksiz bir katıdır. Su ile her oranda karışır (Durmaz, 2011). Süksinik asit genellikle asitlik düzenleyici ve lezzet zenginleştirici olarak kullanılır. Bilinen yan etkisi yoktur; vücut tarafından metabolize edilir (vücut hücrelerinin normal bileşenidir). Süksinik asit, maleik asidin hidrojen ile tepkimesinden kolayca elde edilir. Bunun yanında laktik asit fermantasyonuyla da elde edilir (Hermann et al., 2007). Sanayide süksinik asit hem biyolojik yolla hem de sentetik yolla imal edilir. Süksinik asit günümüzde çok yüksek talebe sahip ara kimyasaldır. Yıllar boyunca süksinik asit sadece petrol bazlı olarak üretilmekte ve yüksek petrol fiyatları ve üretimdeki yüksek maliyet sebebi ile sadece ilaçlarda ve kozmetik ürünlerinde kullanılmaktaydı. Günümüzde ise, süksinik asidi biyo tabanlı maddeden temin etmek amacıyla birçok şirket kurulmuş ve biyo-süksinik asit üreti-

mini oldukça geliştirmişlerdir (Grandviewresearch, 2014a,b). Süksinik asit dünya pazarında yıllar içinde oldukça önem kazanmış bir biyo tabanlı kimyasaldır. Yıllık ortalama 30000 ila 50000 ton arasında üretim yapılmaktadır. Biyo tabanlı süksinik asit pazarının yıllık büyüme oranları 2011 ila 2016 yılları arasında % 18,7 olarak tahmin edilmiştir. ABD Enerji Bakanlığı, süksinik asiti biyokütleden imal edilebilir en umut verici 5 yapıtaşı kimyasaldan biri olarak sınıflandırmıştır (Marketandmarket, 2014). Süksinik asidin küresel olarak yaklaşık pazar değeri 2013 yılında yaklaşık olarak 115.2 milyon dolardır. Biyo-süksinik asit, petrol türevi adipik aside kıyasla %96 ve petrolden türetilen süksinit aside kıyasla %94 oranında zararlı sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. 2020 yılında biyo-süksinik asit için market değerinin 1.1 milyar \$ olacağı yapılan tahminler arasındadır. Biyokütleden süksinik asit üretimi, günümüz teknolojisinde %50 oranında sera gazı faydası sağlamaktadır. Gelişen teknolojiyle bu oranın ileriki zamanlarda % 80'e çıkması beklenmektedir. Biyo-süksinik asitin ekonomik potansiyeli ve artan pazar talebi sebebiyle bir çok şirket büyük ölçekli Ar-Ge tesisi kurmaktadır. Süksinik asitin yaklaşık olarak pazar değeri 225 milyon Amerikan dolarıdır. Toplam kapasitesi ise 140,000 ton civarındadır. Yapılan araştırma sonucunda biyo-kökenli süksinik asitin 2012 yılında pazar payının %50'sine hakim olduğu görülmüştür

(IEA, 2007; Soare and Kersh, 2014; Grandwievresearch, 2014c).

Biyo kökenli ve petro kimyasal süksinik asitin Fisher-Pry yöntemi ile karşılaştırılması için öncelikle 2009 yılından 2013 yılına kadarki süreçte, her iki

kimyasalın üretim miktarları incelenmiştir. Yaklaşık üretim kapasitesi yapılan öngörü çalışmasıyla, biyo kökenli süksinik asitin 2021 yılında süksinik asit pazarına tamamen hakim olacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 2).

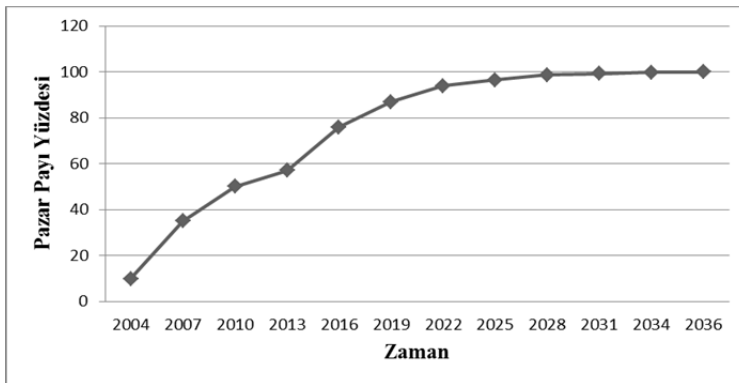


Şekil 2. Biyosüksinik asit, Fisher-Pry analizi grafiği
Figure 2. Biosuccinic acid, Fisher Pry analysis chart

Petrol kökenli 1,3-propanediol ve biyo kökenli 1,3-propanediol uygulaması

Kimya sektöründe her geçen gün birbirinden farklı sektörlerde kullanılan yeni moleküller ve formüller üretilmektedir. 1,3-propanediol neredeyse bir asırdır bilinen 3 karbonlu küçük bir alkol molekülüdür, ancak uzun zamandır bilinmesine rağmen 2000'li yıllara doğru kimya sektörünün ilgisini çekmeye başlamıştır. Biyokütle tabanlı propanediol üretimi oldukça gelişmiş yöntemler içermekte ve şirketler üretim için farklı prosesler ve teknolojik yapılar oluşturmaktadır. Propanediol üretiminin pazar araştırması kısmında da belirtildiği üzere, oldukça geniş bir üretim kapasitesine sahiptir. Propanediol ilk üretilen kimyasallardandır ancak ticarileşme süreci biraz zaman almıştır. Biyokökenli ve petrokimyasal propanediolün Fisher-Pry

yöntemi ile karşılaştırılması için öncelikle geçmiş yıllardaki üretim gelişimine, pazar payındaki artış oranına ve pazara hakimiyet oranlarına dikkat edilmiştir. Geçmişe yönelik yapılan araştırmalarda biyokökenli propanediolün üretiminin 2004 yılında başladığı, %50 pazar payına ise 2010 yılında ulaştığı görülmüştür. Ayrıca üretime geçtiği tarihten günümüze propanediolün pazar yüzdesinde ki yaklaşık artışı %3.1 olduğu hesaplanmıştır. (Nemeth and Sevela, 2008; Beauprez, 2010). Bu değerler sonucunda, propanediolün ticarileşmesinden bir süre sonra pazara oldukça hakim olmaya başladığı görülmüş ve yöntem uygulaması sonucunda biyo kökenli propanediolün 2036 yılında pazar hakimiyetine tamamen sahip olacağı öngörülmüştür (Şekil 3).



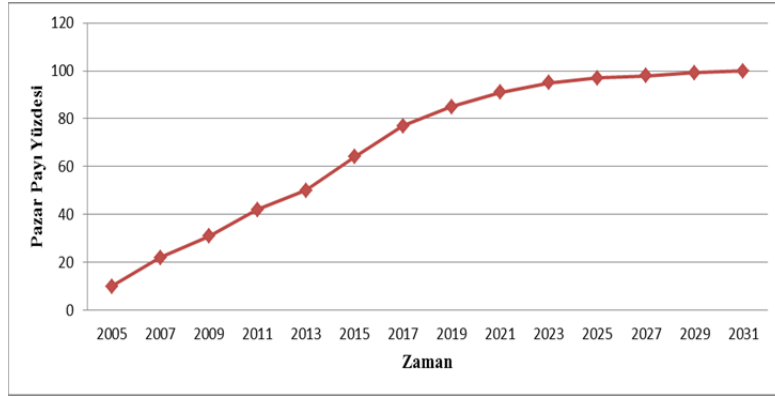
Şekil 3. Biyo propanediol, Fisher Pry analizi grafiği
Figure 3. Biopropanediol, Fisher Pry analysis chart

Petrol kökenli laktik asit ve biyo kökenli laktik asit uygulaması

Laktik asit, 1780 yılında Carl Wilhelm Scheele tarafından keşfedilen, formülü $\text{CH}_3\text{CHOH-COOH}$ ve kimyasal adı alfa hidroksipropanoyik asit olan, bir organik hidroksi asittir. Molekülünde bir asimetrik karbon atomu içerir. Bu atom iki optikçe aktif izomeri ile, bu iki izomerin inaktif karışımı olan bir rasemik karışım oluşturmalarını sağlar. Endüstriyel açıdan büyük öneme sahip olan laktik asit üretimi, kimyasal sentez yada fermentasyon yolu ile gerçekleştirilebilmektedir (Lipinsky and Sinclair, 1986; Vert et al, 1995). Dünya genelinde laktik asit üretimi oldukça önemli bir aşamadır. Polilaktik asit için yapılan yatırım ve ortaklıklar, pazarın hızla gelişmesini sağlamaktadır. Polilaktik asit günden güne katlanarak artan bir pazar payına sahiptir ve petrolün fiyatının sürekli artması, öteki taraftan polilaktik asit

üretiminin maliyetinin teknoloji gelişimi ile ciddi anlamda düşmeside bu duruma ortam sağlamaktadır.

Geleceği oldukça parlak olan bu çevre dostu bozunabilir kimyasal için yapılan araştırmada kimyasalın petrol ve biyo-kökenli üretim oranları ve pazar payları incelenmiş, pazar artış oranı hesaba katılmıştır. Araştırma sonucunda biyo-kökenli laktik asitin pazarda değer kazanmaya başladığı yılın 2005, pazarda %50 hakimiyet sağladığı yılın 2013 olduğu belirlenmiş buna bağlı olarak pazar artış oranı yaklaşık %2.8 olarak hesaplanmıştır (Soare and Kersh, 2014; Prnewswire, 2015; Grandviewresearch, 2014b). Bu analizlerin sonucunda yapılan hesaplamada 2029 yılında pazar hakimiyetinin polilaktik asitin elinde olacağı öngörülmüştür. Şekil 4 'te öngörü çalışması ve Fisher Pry analizinin sonuçları verilmektedir.



Şekil 4. Biyolaktik asit, Fisher Pry analizi grafiği
Figure 4. Biolactic acid, Fisher Pry analysis chart

Petrol kökenli furfural ve biyo kökenli furfural uygulaması

Furfural renksiz bir sıvı aldehit olup, yeni damıtıldığında badem kokusunu andıran oldukça keskin bir kokusu vardır. Renksiz olan furfural hava ile etkileşime girmesi sebebiyle daha koyu bir renk almaktadır, ancak bu etkileşim herhangi bir fiziksel değişime sebebiyet vermez (Abad et al., 1997). Furfural şeker kamışı, mısır koçanı, talaş gibi çeşitli biyokütle ürünlerinden üretilen bir birleşendir. Aynı zamanda sentezlenebilen bir kimyasal olan furfural, yenilenebilir biyokütle ürünleri için oldukça önemli bir yapı kimyasalıdır. Özellikle son birkaç yıldır petrol fiyatlarının hızla yükselmesi sebebi ile furfural çok büyük bir önem kazanmıştır. Bu durumun temel sebepleri furfuralın birçok alanda kullanılabilir olması, biyokütle ürünlerinden üretilen olması ve fiyatının oldukça düşük olmasıdır. Küresel ısınma ve çevreye dost kimyasalların

üretiminin önemi gibi çevresel etmenler biyo tabanlı furfural üretiminin bir trend halini almasını sağlamaktadır. Büyük bir hızla büyüyen bu pazar, bir çok ülkede büyük yatırımlar almış ve önem kazanmaya devam etmektedir. Furfural üretimindeki en baskın ülke ise Çin' dir. Çin yaklaşık olarak küresel biyo tabanlı furfural üretim kapasitesinin yaklaşık %75 ine hakimdir. Dünyada bu pazara %85 oranında hakimiyet kurmuş üç ülke vardır. Bu ülkeler sırası ile Çin, Güney Amerika ve Dominik Cumhuriyetidir (IEA, 2007; Clark, 2014; Soare and Kersh, 2014).

Furfural birçok farklı biyokütleden üretilen, aynı zamanda sentezlenebilen bir kimyasalıdır. Petrolden elde edilebilen furfural açısından biyokütle bazlı üretiminin talebi oldukça yüksek olmakla beraber, gelecekte bu yükselmenin daha da hızlanacağı tahmin edilebilmektedir. Biyokütlenin genel özelliği olan çevre bilinci avantajı ve artan öneminin teknoloji ile

desteklenmesi sonucu üretim maliyetlerinde ki düşüş furfurala da çok büyük oranda bir yönelim olmasını sağlamıştır. Geçmişe dayalı yapılan birçok araştırmada furfuralın pazara giriş yılı 2002 olarak belirtilmiştir. 2012 yılında %50 pazar payına sahip olan biyo- kökenli furfuralın pazar artış oranı % 1.9 olarak hesaplanmıştır (IEA, 2007; Clark, 2014; Soare and Kersh, 2014; Transparency, 2015). Ancak özellikle son yıllarda furfuralın üretiminin oldukça arttığı ve yıllık pazar payı artışının yaklaşık %3.2' lere ulaştığıda gözlemlenmiştir. Çeşitli tahminlerin yapıldığı furfuralın, fisher pry yöntemi ile analizi sonucunda 2032 yılında biyokökenli furfural pazar hakimiyetini kazanacaktır.

TARTIŞMA

Literatüre göre biyorafineri araştırmaları 1980'li yıllarda başlamış, 2000'li yılların başında ise büyük bir gelişim yaşamıştır. Yapılan öngörü araştırmalarına göre biyorafineri alanında yapılan araştırmalar gelecekte uluslararası bir konu haline alacaktır. Yapılan araştırmaların yaklaşık %9.5 i "Biosource Technology" dergisinde yayınlanmıştır. En üretken kurum Michigan Devlet Üniversitesidir. Bilimsel makaleler bazında en çok yayın çalışmasına ABD sahiptir ve sırasıyla Kanada, İspanya, Çin ve İngiltere takip etmektedir. Yedi büyük sanayi ülkesi biyorafineri konusuna oldukça önem vermektedir, enerji gerekliliği ve sürdürülebilirliğin önemi gelişen ülkeler açısından bu konunun oldukça ön planda olmasını sağlamıştır. Uluslararası iş birliklerine gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler hakim bir konumdadır. 1981 ve 2012 yılları arasında yapılan uluslararası iş birliklerine %42 oranında ABD, Çin, İngiltere ve Kanada ortaklıkları hakimdir. Bu ülkeler aynı zamanda biyorafineri araştırmalarına liderlik etmektedirler. Fosil enerji kaynaklarının azalması, sera gazı emisyonunun artması, petrol fiyatlarının kontrol edilemez bir şekilde artması ve tükenmeyecek, sürdürülebilir olan enerjiye olan ihtiyaç, araştırmacıları yeni, yenilenebilir ve sürdürülebilir olan enerji kaynakları bulmaya zorlamaktadır. Yayın çalışmaları, patent sayıları ve uluslararası iş birliklerine bakıldığı zaman bu alandaki çalışmaların gelecekte çok popüler olacağı ve gelişeceği tahmin edilebilmektedir (Çelikleş, 2012).

Kimya endüstrisi bu durumun getirisi olan fiyat yüksekliğine şahit olmaya başlamıştır. Günümüz şartlarında %80 oranında kimyasal, fosil tabanlı üretimden elde edilmektedir. Ancak biyo tabanlı kimyasallara talep oldukça fazlaşmış ve hızla artmaya devam etmektedir. Alternatif olarak üretilen bu kimyasallar, ülkeler tarafından oldukça büyük bir avantaj ve kurtarıcı olarak görülmektedir. Günümüzde biyotaba-

banlı plastik, boya, kozmetik ilaç ve benzeri ürünler anlamında yeni bir düzen oluşmaya başlamıştır.

Biyokimyasal ve polimer üretiminin tahmini miktarı dünya genelinde 50 milyon ton olarak hesaplanmış ve pazar payı değerinin de 3.6 milyar dolar olduğu bir çok kaynak ve araştırma şirketi tarafından belirtilmiştir. Oldukça önemli bir sektör olan biyoplastik sektörünün 2021 yılına dek, yıllık olarak her yıl % 10 ve daha üstü bir miktarda artması beklenmektedir. "The World Wild Fund for Nature" 2030 yılı için yaptığı araştırmada, biyokimyasal üretiminin artması durumunda bu süreçte atmosfere yayılacak karbondioksit miktarının 660 milyon tonluk bir kısmına engel olunabileceğini belirtmiştir. Ayrıca Almanya'da Nova Enstitüsünün yaptığı araştırmaya göre, 2011 yılında 3.5 milyon ton olan biyopolimer üretimi 2020 yılında 12 milyon ton olacaktır.

SONUÇ

Dünyadaki nüfus artışı, sanayileşme ve bilimsel faaliyetlerin gelişmesi ile enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı hala fosil kaynaklar kullanılarak elde edilmektedir. Fosil kaynakların ömürlerinin çok uzun vadeli olmayacağına ortaya çıkması, bunun getirisi olarak çıkacak muhtemel enerji sorunları ve fosil kaynakların kullanımı sonucu çevreye verilen zararın farkındalığının giderek artması yenilenebilir, çevre dostu ürünlerin, enerji kullanımlarının ve doğal biyokütle ürünlerinden elde edilen kimyasalların değerinin giderek artmasını sağlamış ve ön planda tutulmaya başlanmıştır. Bu durumun getirisi, sürekliliği olacak bir ürün ve enerji yelpazesinin yanı sıra çevreye verilen zararın da minimize edilmesi anlamı taşımaktadır. Biyokütle kavramının git gide öneminin artması, biyorafineri yöntemleri ile üretilen ürünlerinin değerlendirilmesini ve büyük bir ekonomi halini almasını sağlamıştır. Biyo-kökenli kimyasalların üretimi, günümüzde henüz petrol ve türevleri bazında olan üretim miktarına yetişememek ile birlikte yaklaşık olarak %20lik bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak çeşitli araştırma şirketleri ve firmalar tarafından öngörü çalışmaları ve tahminlemelerde ileriki yıllarda, biyo bazlı üretimin pazara büyük bir ölçüde hakimiyet sağlayacağı öngörülmektedir.

Yenilenebilir biyolojik kaynak üretimi ve bu kaynağın sürdürülebilir biçimde kullanılması yönünde hızla artan talepler ve ülkelerin yapmış olduğu yatırımlar, yapılan öngörülerini destekler niteliktedir. Biyo-kökenli kimyasal üretiminin küresel pazar değeri yaklaşık olarak 180 milyar dolar olduğu çeşitli kaynaklarda

belirtilmekte ve bu değerin 2025 yılında yaklaşık 640 milyar dolara çıkacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca 2090 yılında dünya genelindeki hedef, bütün kimya sektörünün biyo-kökenli olması yönündedir. Bu çalışmada seçilen biyorafineri ürünleri (süksinik asit, propenediol, laktik asit ve furfural) ile ilgili bir öngörü çalışması yapılmıştır.

Geçmişe dayalı verilerin, pazar paylarının ve büyüme oranlarının incelenmesi ve kullanılan yöntem formülünün uygulanması ile çıkan sonuçlarda 10 ila 20 yıllık bir süreç sonunda bu kimyasalların pazar hakimiyetine sahip olacakları öngörülmektedir. Yapılan araştırma ve karşılaştırmalar sonucu biyokimya pazarının öneminin ve gelişiminin hızla arttığı açıkça görülebilmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yapılacak olan uluslararası iş ortaklıkları ve firmalara yalan

devlet teşvikleri biyo-kökenli kimyasal üretiminin gelişimini ülkeler bazında arttıracaktır. Firmalar 2000' li yılların başlarından itibaren biyokimya ile ilgili büyük yatırımlar yapmış, ortaklıklar kurmuş ve çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Üretilen en eski (ticarileşme sürecinde farklılıklar yaşanmaktadır) biyo-kütle kökenli kimyasal olma özelliği taşıyan propenediol, günümüz şartlarında kullanım alanı açısından oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir ve ayrıca üretiminin çok uygun olması sebebi ile bu kimyasala büyük bir yönelme söz konusudur. Yapılan uygulama sonucunda kimyasalın 2035 yılında pazar hakimiyeti sağlayacağı öngörülmüştür. Aynı şekilde süksinik asit için 2021, laktik asit için 2029 ve furfural için 2032 yılları kimyasalların pazar hakimiyeti sağlayacağı yıllar olarak öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abad S, J. L. Alonso, V. Santos and J. C. Parajo. 1997. Furfural from wood in catalyzed acetic acid media: a mathematical assesment, *Bioresource Technology*, 62(30):110-115.
- Al U. ve R. Coştur. 2007. Turk Psikoloji Dergisi'nin bibliyometrik profili., *Türk Kütüphaneciliği*, 21(2) :142-163.
- Alemdağ İ. S. 1980. Manual of Data Collection and Processing for the Development of Forest Biomass Relationships. Petawawa National Forest Institute, Canadian Forest Service, Information Report.
- Aravantinos E. and M. Fallah. 2006. A methodology to improve the mobile diffusion forecasting: the case of Greece". Proc'of the "Networks for Innovations", ISPIIM, Greece
- Bay B. 2005. Çeşitli Bitkisel Atıkların Karbonizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Beauprez J. 2010. Metabolic Modelling and Engineering of *Escherichia coli* for Succinate Production. PhD Thesis, Ghent University.
- Birinci H. G.2008. Turkish Journal of Chemistry'nin bibliyometrik analizi. *Bilgi Dünyası*, 9(2):348-369.
- Clark S. 2014 Global Bio Succinic Acid Market (Applications and Geography) - Size, Share, Trends, Analysis, Research, Future Demand, Scope and Forecast, 2013 – 2020, <http://www.alliedmarketresearch.com/bio-succinic-acid-market> . Erişim: Aralık,2014.
- Çeliktas, M.S., 2012, Biyorafineri Sistemlerine giriş ders notları, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir.
- Demirtaş A. 2009. Biofuels: securing the planet's future energy needs. Springer, London.
- Durmaz H. 2011. Süksinik Asidin Sıvı Membranlarla Ekstrasyonu. Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 35s.
- Forsman M. 2008. Do we need a qualitative approach in bibliometric studies?, http://www.uta.fi/conference/nwb2008/esitykset_pdf/Forsman,%20M.pdf . Erişim: Aralık 2014.
- Grandviewresearch. 2014a. Bio Succinic Acid Market Analysis And Segment Forecasts To 2020, <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/bio-succinic-acid-market> Erişim: Kasım 2014.
- Grandviewresearch. 2014b. Furfural Market - Global Industry Analysis, Market Size, Share, Growth, Trends And Forecast, 2012 – 2018, <http://www.marketresearchreports.biz/analysis/166546> . Erişim: Ocak 2015.
- Grandviewresearch. 2014c. Lactic Acid And Poly Lactic Acid (PLA) Market Analysis By Application (Packaging, Agriculture, Transport, Electronics, Textiles) And Segment Forecasts To 2020, <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lactic-acid-and-poly-lactic-acid-market> . Erişim: Ocak 2015.
- Hanke, John E. and G. Reitsch .1992. Business Forecasting, Allyn and Bacon. Needham Heights Boston.
- Hegarty, R.M. and S. Macridakis. 1981. Forecasting and planning: an evaluation, *Management Science*. 21(2):115-137.
- Hermann, B. G. and M. K., Patel. 2007. Life Cycle Assessment of Packaging Films. Confidential report, Utrecht University, Utrecht.
- IEA. 2007. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions. IEA Publication, International Energy Agency (IEA), Paris, pp. 34.
- Kayim, H. 1985. İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri. H. Ü. İİBF, Ankara.
- Kocar, G. ve M.S. Celiktas. 2011. Technology foresight. Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, s 76-83.
- Kuperman, V. 2006. Productivity in the Internet mailing lists: A bibliometric analysis *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(15): 51-59.
- Lipinsky, E.S. And R.G. Sinclair. 1986. Is lactic acid a commodity chemical?. *Chem. Eng. Prog.*, 82(8):26-32.
- Marketsandmarkets. 2015. Succinic Acid Market by Source (Petroleum and Bio-based), Application (1,4 BDO, Polyurethane, Food, Resins, Coatings, Pigments, Plasticizers, Pharmacy, De-icer solutions, PBS, PBST, Solvents & Lubricants, Cosmetics, Others) - Global Trends & Forecast to 2019,<http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/succinic-acid-market-402.html> . Erişim: Ocak 2015.
- Marketsandmarkets. 2014. Lactic Acid Market by Application (Biodegradable Polymer, Food & Beverage, Personal Care & Pharmaceutical) & Polylactic Acid Market by Application (Packaging, Agriculture, Automobile, Electronics, Textile) & Geography - Global Trends & Forecasts to 2019, <http://www.marketsandmarkets.com/Market.Reports/polylactacid-387.html> . Erişim: Ocak 2015.

- Németh, A. and B. Sevela. 2008. Development of a new bioprocess for production of 1,3-propanediol I: modeling of glycerol bioconversion to 1,3-propanediol with *Klebsiella pneumoniae* enzymes. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 144:47-58
- Peterka, V. 1977. "Macrodynamics of Technological Change: Market Penetration by New Technologies", Access to Energy Newsletter Archive, <http://www.accesstoenergy.com/view/atearchive/s76a4117.htm> . Erişim: Temmuz 2014
- Pritchard, A. 1969. Statistical bibliography or bibliometrics?, *Journal of Documentation*, 25(12): 348-349
- Prnewswire, 2015. Lactic Acid Market and Derivatives 2016 Forecasts (Global, China) in New Research Report, <http://www.prnewswire.com/news-releases/lactic-acid-market-and-derivatives-2016-forecasts-global-china-in-new-research-report-279286152.html> . Erişim: Şubat 2015.
- Schobert, H.H. 2002. Chemicals and materials from coal in the 21st century fuel, 81 (15):29-32
- Shepard, J.D. 2000. "A Structured Approach for Product Demand Forecasting", Darnell Group, Inc.
- Soare A and K. Kersh. The bio based chemical industry through 2030. <http://www.slideshare.net/jokinidalgo/2014-the-bio-based-chemical-industry-through-2030-lux-research> . Erişim: Aralık 2014.
- Vanston, J. 2002. "Five Views of the Future, a Strategic Analysis Framework", White Paper, Technology Futures Inc., http://www.tfi.com/pubs/w/pdf/ti_fiveviews.pdf . Erişim: Temmuz 2014.
- Vert, M., G. Schwarch and J. Coudane. 1995. Present and future of PLA polymers. *J. Macromol. Sci.. Pure.*, 32(4):787.
- Yalçın, H. 2010. Milli Folklor Dergisinin bibliyometrik profili (2007-2009), *Milli Folklor*, 22(85):205- 211.