

# MISIRIN BİYOETANOL OLARAK ÜRETİM POTANSİYELİ PRODUCTION POTENTIAL OF CORN AS BIOETHANOL

**Niyazi DANIŞMANT**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı,  
Bilecik

**Prof. Dr. Zeki MUT**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,  
Bilecik

## Özet

Günümüzde dünya petrol kaynaklarının giderek azalması ve çevre kirliliği problemlerine yol açması nedeniyle petrol dışı alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi giderek artmaktadır. Biyokütle bazlı atık malzemelerden elde edilen etanol, biyoetanol olarak tanımlanan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yüksek kalorifik değere sahip önemli bir biyoyakıt olan etanol, günümüzde kullanılan çoğu enerji kaynağına göre daha az kirletici olma avantajına sahiptir. Mısır, buğday ve şeker pancarı gibi bitkilerden alkol üretimi yapan tesislere sadece birkaç yeni makine ve teknolojileri eklenerek biyoetanol üretimi yapılabilmektedir. Bu bağlamda Türkiye'deki biyoetanol üretim kapasitelerinin artırılması için buğday, mısır ve şeker pancarı gibi bitkilerin üretim miktarı artırılmalıdır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizde biyokütle temelli biyoetanölün petrole alternatif olarak ya da petrol ile daha yüksek oranda karıştırılarak kullanılması ülkemizin dışa bağımlılığını azaltacak, organik atıklar ve tarımsal arazilerinin daha iyi değerlendirilmesini sağlayacak, insanların enerjiye erişimi ucuzlayacak ve tarımsal kökenli farklı bir iş sahası ile istihdam sağlanmış olacaktır. Bu çalışmada mısırın biyoetanol olarak kullanımını ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır, yakıt, biyoetanol, üretim potansiyeli

## Abstract

In the contemporary era, the depleting global petroleum reserves and the escalating issues of environmental pollution have engendered a growing interest in non-petroleum-based alternative renewable energy sources. Ethanol, obtained from biomass-derived waste materials and denoted as bioethanol, represents a noteworthy renewable energy resource. Ethanol, a crucial biofuel characterized by its high calorific value, boasts the advantage of being less environmentally polluting in comparison to the majority of energy sources currently in use.

Facilities engaged in alcohol production from crops such as corn, wheat, and sugar beet can readily transition to bioethanol production by incorporating a few new machines and technologies. In this context, the augmentation of bioethanol production capacities in Turkey necessitates an increase in the production quantities of crops like wheat, corn, and sugar beet.

Taking all these factors into consideration, the utilization of biomass-based bioethanol as a substitute for or in higher blends with petroleum in our country holds the potential to diminish

our external dependency. It also promises improved utilization of organic waste and agricultural lands, affordability of energy for the populace, and the creation of employment opportunities in a distinct field rooted in agriculture. This study is specifically focused on the utilization of corn for bioethanol production.

**Key Words:** Corn, fuel, bioethanol, production potential

## Giriş

Fosil yakıt rezervlerinin giderek azalması, yabancı petrole bağımlılığın azaltarak enerji güvenliğini artırma arzusu ve sera gazı emisyonlarının azaltılması talebi yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine yönlendirmiştir. Toplam enerji kullanımının (%29) en büyük tüketicisi ulaştırma sektörüdür ve bu enerjinin %90'ından fazlası petrolden elde edilmektedir. Mevcut altyapıya uygunluğu, yüksek net enerji oranı ve daha düşük sera gazı emisyonları nedeniyle biyoetanol, en umut verici yenilenebilir ulaşım yakıtlarından biri olarak kabul edilmektedir (Wang ve ark., 2012).

Mısır, dünya tahıl ekilişinde buğday ve çeltikten sonra üçüncü, tahıl üretiminde ise birinci sırada yer alan önemli bir tahıl cinsidir. Mısır tüm tahıllar içerisinde en yüksek verime sahip tahıldır. Mısır gerek besin maddesi olarak gerekse glikoz, nişasta, yağ ve yem sanayinin hammaddesi olarak önemli bir üründür (Sade.,1997). Mısır, çeşitli şekillerde insan gıdası, hayvan yemi ve endüstri hammaddesi olarak kullanılan bir bitkidir. Ayrıca sap ve yaprakları hayvan yemi, kâğıt yapımı ve küçük çapta hasır el işleri yapımında da kullanılmaktadır. Dünya üzerinde mısırdan biyoetanol üretimi önemli bir paya sahiptir. Mısır tanesinin kuru ağırlığı dikkate alındığında ortalama olarak %70'i nişastadan oluşmaktadır ve bu oran mısırdan biyoetanol üretimi için cazip hale getirmektedir. Bir ton mısırdan 350-500 litre arası biyoetanol üretilebildiğinden, her yıl artan üretim miktarı göz önüne alındığında ülkemizdeki biyoetanol üretim potansiyeli oldukça yüksektir.

Etanolün ulaştırma için kullanımı 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkmış, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra biyoetanol kullanımından uzaklaşmıştır. Biyoetanol birinci petrol krizi ile daha sonra tekrar gündeme gelmiş ve Brezilya hükümeti sponsorluğunda 1975'de şeker kamışından biyoetanol üretim programı başlatılmıştır. Bundan dolayı, Brezilya'da biyoetanol endüstrisi oldukça gelişmiştir. ABD'de ise geniş ölçekli olarak mısırdan biyoetanol üretimi 1978'de başlamıştır. Bu iki ülkenin ardından ise Kanada, Avustralya, Çin, Fransa, İspanya ve İsveç'de biyoetanol üretimine başlamıştır (Adıgüzel, 2013).

**Tablo 1.** Yıllara Göre Dünya'da Etanol Üretimi (milyon galon)

Yıllar	ABD	Brezilya	Avrupa Birliği	Çin	Kanada	Diğer ülkeler	Dünya
2010	13.298	6.922	1.209	542	357	985	23.311
2011	13.948	5.573	1.168	555	462	698	22.404
2012	13.300	5.577	1.179	555	449	752	21.812
2013	13.300	6.267	1.371	696	523	1.272	23.429
2014	14.313	6.190	1.445	635	510	1.490	24.583
2015	14.807	7.093	1.387	813	436	1.147	25.683
2016	15.413	6.840	1.190	730	460	1.417	26.050
2017	15.936	6.730	1.250	850	460	1.544	26.770
2018	16.091	8.060	1.300	810	460	1.819	28.540
2019	15.778	8.860	1.350	1.010	497	1.835	29.330
2020	13.941	8.100	1.280	930	429	1.790	26.470
2021	15.015	7.430	1.350	860	434	2.181	27.270
2022	15.400	7.420	1.330	1.090	460	2.460	28.160

Kaynak: RFA, 2023

## **Biyoetanol Tanımı ve Hammadde Kaynakları**

Biyoetanol berrak, renksiz ve karakteristik bir kokuya sahip sıvıdır ve içten yanmalı motorlara herhangi bir modifikasyona ihtiyaç duyulmadan %10 miktarında harmanlanarak kullanılmaktadır. Biyoetanolün en yaygın iki kullanım şekli E-10 (% 10 Biyoetanol + %90 Benzin) ve E-85 (%85 Biyoetanol+ %15 Benzin)'dir (EİA, 2017). Etanol, çok sayıda biyokütle kaynağından elde edilen şekerlerin fermantasyonundan üretilebilir. Biyoyakıt üretiminde öncelikle ucuz ve bol miktarda hammadde kaynağı bulmak çok önemlidir. Bu kaynaklar genel olarak üç türe ayrılabilir, bunlar şeker içeren bitkiler (şeker kamışı, tatlı sorgum vb.), nişasta içeren bitkiler (mısır, buğday vb.) ve selülozik biyokütle içeren bitkiler (mısır anızı, mısır slajı, vb.)'dir. Şeker ve nişasta hammaddelerinden elde edilen etanol genellikle birinci nesil biyoyakıt olarak adlandırılırken, selülozik biyokütleden elde edilen etanol ikinci nesil etanol olarak adlandırılmaktadır. Selüloz dışında selülozik hammaddeler esas olarak hemiselüloz ve ligninden oluştuğundan Lignoselülozik biyokütle olarak adlandırılmaktadır (Singh ve Kohl, 2017).

## **Biyoetanol Kullanım Alanları**

Biyoetanol kullanım alanları genel olarak 3'e ayrılır:

### **1. Kimyasal ürün sektörü**

Etilen, hidrojen, glükol eterler, etil akrilat, asetik asit, etil asetat, asit aldehit, etil eter, etil+klörür üretiminde

### **2. Kojenerasyon ünitelerinde**

Suyun tuzluluğunun giderilmesinde, buhar enjeksiyonlu gaz türbinlerinde, fosil yakıtlı tesislerdeki NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması, küçük kojenerasyon stirling sistemleri, dizel güç jeneratörlerinde, CO<sub>2</sub> ticaretinde, kombine çevrimli güç santrallerinde,

### **3. Ulaştırma sektörü**

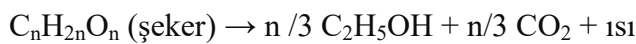
Dizel motorlarda katkı maddesi olarak, benzin ile karıştırılarak, tarım makinalarında, son teknolojik araçlarda (Bengisu, 2014)

## **Türkiye'de Biyoetanol Üretimi Yapan İşletmeler**

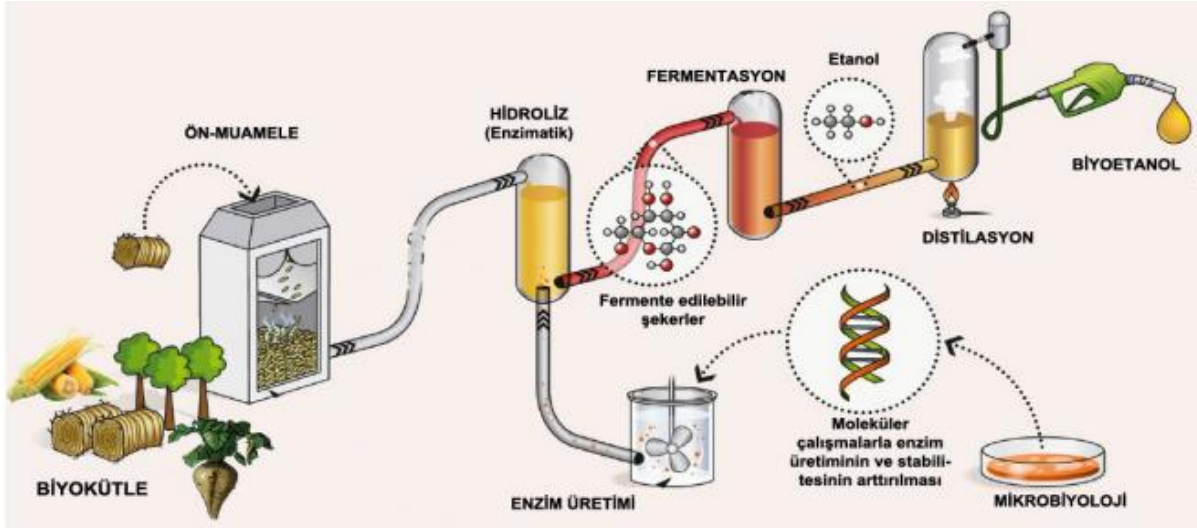
Ülkemizde araçlarda yakıt olarak kullanılacak nitelikte susuz biyoetanol üretimi yapan üç firma bulunmaktadır. Bunlardan Tarımsal Kimya Teknojileri (TARKİM) ve Tezkim Tarımsal Kimya (TEZKİM) buğday ve mısırdan, Konya Şeker-Çumra Şeker Fabrikasında şeker pancarından biyoetanol üretimi yapmaktadır. Bu üç firma yılda ortalama 162 milyon litre biyoetanol üretmektedir. Bunun 76 milyon litresi yakıt biyoetanolüdür. Üretilen yakıt biyoetanolünün %92'si yurt içinde benzinle harmanlanarak kullanılmakta geriye kalan %8'i ihraç edilmektedir (BEPA, 2015).

## **Biyoetanol Üretim Aşamaları**

Biyoetanol üretimi için temel olarak kullanılan hammadde kaynakları biyokütledir. Bitkisel ürünler, ağaçlar, tarım atıkları, küspe ve hayvansal atıkların tümü bir çeşit biyokütledir. Biyokütle, insanlar tarafından gıda, yakıt ve hedef bir sanayi ürünü olarak farklı şekillerde kullanılmaktadır. Biyoetanol, biyokütleden kullanılabilir karbonhidratların fermantasyonuyla üretilmektedir. Biyokütle içindeki basit şekerler aşağıdaki tepkime yoluyla biyoetanol ve karbondioksit dönüşür (Adıgüzel, 2013).



Tüm karbonhidrat molekülleri biyoetanol üretiminde kullanılabilir. Günümüzde daha çok şeker, nişasta, selüloz ve hemiselülozun kullanımı yaygındır. Biyoetanol üretimi için kullanılan hammaddeler genel olarak 3 sınıfa ayrılabilir; Nişasta içeren, sükroz içeren ve lignoselülozik hammaddelerdir.



Şekil 1. Biyoetanol Üretim Şeması (Adıgüzel, 2013)

Biyoetanol üretimi genellikle ön-muamele, hidroliz, fermentasyon ve distilasyon olmak üzere dört basamakta gerçekleştirilir. Her bir basamakta uygulanacak yöntemler hammaddenin ve öncesi ile sonrasında uygulanacak yöntemlerin ihtiyaçlarına göre değişkenlik göstermektedir. İşlem sırasında ilk olarak biyokütlenin ön-muamelesi gerçekleştirilir. Ön muamelelerin temel amacı hidroliz basamağında elde edilecek ürün verimliliğini arttırmaktır. Hammadde kaynağı olarak nişastalı ya da sükröz içeren bitkisel ürünler kullanıldığında kolay şekilde boyut azaltma ya da öğütme gibi fiziksel ön-muamele metotları yeterli olabilmektedir. Ayrıca bu gibi hammaddeler kullanıldığı takdirde hidrolizden önce bir sıvılaştırma işlemi de gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, biyoetanol üretimi için hammadde kaynağı olarak lignoselülozik maddeler kullanıldığında fiziksel yöntemlere ilave olarak sodyum hidroksit (NaOH), sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ), hidroklorik asit (HCl), ozon, kireç ve amonyum gibi kimyasalların ayrı ayrı ya da birlikte değişik oranlarda kullanıldığı kimyasal ön-muamelelere, beyaz çürükçül mantarlar gibi lignin üzerine etki eden mikroorganizmalar ya da bunların enzimlerinin (lakkazlar ve çeşitli peroksidazlar vb.) kullanıldığı biyolojik ön-muamelelere ve otohizoliz, buhar patlama, karbondioksit patlama ve amonyum lif patlaması (AFEX) gibi termo/fiziko kimyasal ön muamelelere ihtiyaç duyulmaktadır. Hidroliz aşamasında, bitkisel polimerler (nişasta, selüloz, hemiselüloz vb.) kimyasal ya da enzimatik (amilazlar, selülozlar, hemiselülozlar vb.) yöntemlerle fermentasyon basamağında kullanılacak mikroorganizmanın fermente edebileceği daha basit şekerlere dönüştürülmektedir. Fermentasyon basamağında ise ön muamele ve hidroliz sonucu oluşan şekerler *Saccharomyces*, *Zymomonas*, *Candida* ve *Kluveromyces* gibi mikroorganizmalar tarafından etanole dönüştürülürler (Adıgüzel, 2013).

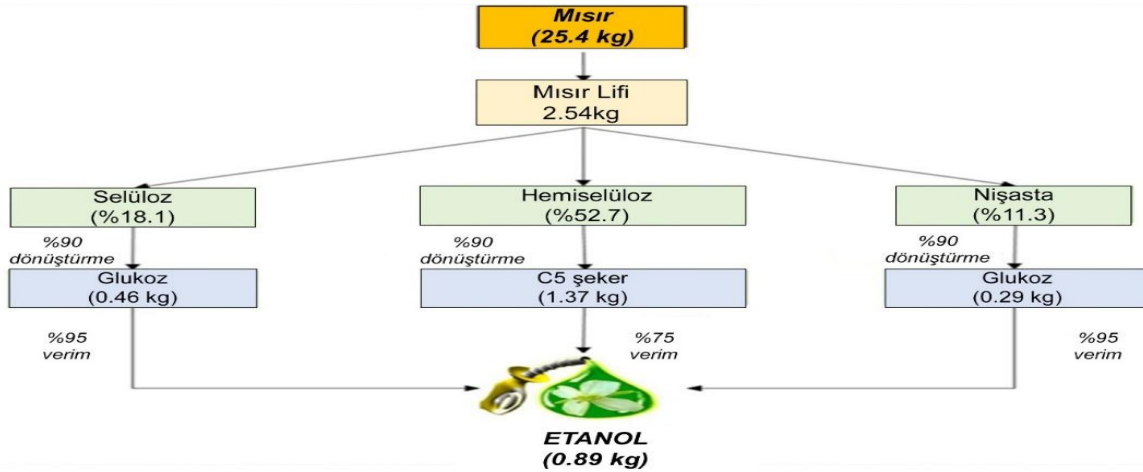
### Mısırdan Biyoetanol Üretimi

Mısır tanesi kabuk, endosperm, embriyo ve uç başlığı olmak üzere dört ana bölümden oluşur. Bunlar tüm tanenin sırasıyla yaklaşık %5'ini, %83'ünü, %11'ini ve %1'ini oluşturmaktadır. Kimyasal olarak tane; nişasta, yağ, protein, lif ve külden oluşur. Mısırdan etanole dönüşüm en yaygın teknolojidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde üretilen toplam mısırın yaklaşık %40'ı etanol üretimi için kullanılmaktadır. Islak öğütme ve kuru öğütme, mısırdan etanol üretimi için kullanılan iki esas geleneksel işlemdir. Islak öğütme işleminde mısır; nişasta, öz, lif ve çözünür maddeler gibi temel bileşenlere ayrılır ve etanol üretimi için yalnızca nişasta işlenir. Bununla birlikte, geleneksel kuru öğütme işleminde, bütün mısır tanesi etanol üretimi için işlenir ve işlemin sonunda bir yan ürün olarak nişastalı olmayan malzeme geri kazanılır. Islak öğütme işleminde, kuru öğütme işlemine kıyasla sermaye ve enerji yoğunudur ve aynı etanol

üretim kapasitesi için kuru öğütme işleminin dört katına yakın maliyeti vardır (Bothast ve Schlicher, 2005). Daha düşük sermaye yatırımları ve teşvik politikaları nedeniyle son 25 yılda ticari ölçekte etanol üretimi esas olarak kuru öğütme endüstrisinde genişlemiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 2022 yılında yaklaşık %90 etanol, kuru öğütme teknolojisi kullanılarak ve %10'u ıslak öğütme endüstrisinden üretilmiştir (RFA, 2023). Islak öğütme kullanılarak biyoetanol üretimi sırasında; unu, mısır gluteni yemi, mısır gluteni unu ve mısır maserasyon sıvısı dahil olmak üzere çeşitli yardımcı ürünler üretilir. Son zamanlarda, bazı endüstriler de yardımcı ürün olarak özel bir yem ürünü olan tatlı kepek üretmektedir (Singh ve Kohl, 2017).

### Mısır Sap, Anız ve Samanından Biyoetanol Üretimi

Bol bulunabilirlik ve ucuz olması nedeniyle mısır tanesi dışında kalan tüm kısmı, biyoetanol üretimi için en çok araştırılan selülozik hammaddelerden biridir. Bu kısımların verimi tane verimine neredeyse eşittir (Wang ve ark., 2012). Nişastanın etanole dönüşümüne benzer şekilde, mısır anızından etanol üretim süreci iki temel işlemde gerçekleşir. Bunlar; polisakkaritlerin şeker monomerlerine hidrolizi ve şekerlerin etanole fermentasyonudur. Mısır yaş öğütme işleminden elde edilen lif, yaklaşık %18 selüloz, %53 hemiselüloz, %11 nişasta, %11.3 lignin ve az miktarda ligninden oluşur (Gulati ve ark., 1996). Bu bileşim ve mısırdan elde edilen %10 lif verimi göz önüne alındığında, lifin etanole dönüştürülmesi potansiyel olarak ilave 0.89 L etanol üretebilir (Şekil 2). Etanol üretimine ek olarak, mısır lifi, laktik asit, ksilitol vb. katma değerli ürünlerin üretimi için hammadde olarak kullanılabilir (Bothast ve Schlicher, 2005).



Şekil 2. Mısır lifinden etanol üretim verimi

### Ülkemizde Biyoetanol Üretimi

Ülkemizde tahıl üretimi 2022 yılında bir önceki yıla göre % 21.3 oranında artarak yaklaşık 38.7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bir önceki yıla göre, buğday üretimi %11.9 oranında artarak 19.8 milyon ton, mısır üretimi % 25.9 oranında artarak 8.5 milyon ton, arpa üretimi % 47.8 oranında artarak 8.5 milyon ton, çavdar üretimi %36.5 oranında artarak 273 bin ton, yulaf üretimi % 32.2 oranında artarak 365 bin ton olmuştur. Baklagiller grubunda, nohut % 22.1 oranında artarak 580 bin ton, kuru fasulye % 11.5 oranında azalarak 270 bin ton, kırmızı mercimek % 75.4 oranında artarak 400 bin ton; yumru bitkilerden patates ise %2 oranında artarak 5.2 milyon ton olmuştur. Yağlı tohumlardan soya fasulyesi üretimi % 14.8 oranında azalarak 155 bin ton, ayçiçeği üretimi % 5.6 oranında artarak yaklaşık 2.6 milyon ton olmuştur. Şeker pancarı üretimi ise % 6.9 oranında artarak 19 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022). Bu ürünlerin üretim miktarları göz önüne alındığında nişasta,

şeker ve lif içeren bitkilerden biyoetanol üretim potansiyeli oldukça yüksektir. Bu hammaddelerin biyoetanol dönüşürüleceği düşünüldüğünde hem gıda fiyatları etkilenmemiş hem de geri dönüşüm açısından büyük bir endüstri faaliyeti olacağı açıktır.

### **Biyoetanolin Çevreye Etkileri**

Biyoetanolin çevreye ve ekonomiye katkıları şu şekilde sıralanabilir. Yakıtın oksijen seviyesini artırarak, yakıtın daha verimli yanmasını sağlamak, egzoz çıkışındaki zararlı gazları azaltmaktadır. Biyoetanol karışımları ozon tabakasının azalmasına neden olan hidrokarbon emisyonlarında büyük ölçüde düşüş sağlamaktadır. Enerji amaçlı tarım faaliyetlerinin gelişmesi ile yeni ve yerli yatırım, istihdam olanakları sağlar, tarım ürünleri için katma değeri yüksek yeni bir pazar oluşturarak etanol hammaddesi olarak kullanılan bitkilerin tarımının gelişmesine katkı sağlamaktadır. Biyoetanol doğaya zarar vermeden çözünebilme ve içerdiği yüksek oksijen seviyesi sayesinde karbon monoksit seviyesini %25-30 arasında azaltmaktadır. Bu da toplum ve çevre sağlığını tehdit eden unsurlar açısından çok büyük avantaj sağlamaktadır.

### **Sonuç**

Son yıllarda fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen kaynaklara olan ihtiyaç arttıkça, sürdürülebilir ve yenilenebilir alternatif kaynak arayışları da giderek artan bir ilgi kazanmıştır. Yalnızca mısır tanesinden elde edilen etanol enerji talebini karşılayamaz bunun yanında mısır lifi ve mısır sömeği gibi selülozik biyokütle de enerji bağımsızlığı hedefinde kritik bir rol oynayabilir. Ülkemizde biyokütle temelli biyoetanolin daha fazla üretimi ile fosil yakıtlarına daha yüksek oranda karıştırılarak kullanılmasının dışa bağımlılığı azaltacağı, ekonomiye ve çevreye önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

### **Kaynakça**

- Adıgüzel, A. O. (2013). Biyoetanolin genel özellikleri ve üretimi için gerekli hammadde kaynakları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 204-220.
- Bengisu, G. (2014). Alternatif yakıt kaynağı olarak biyoetanol. *Alınları Zirai Bilimler Dergisi*, 27(2), 43-52.
- Bothast, R. J., & Schlicher, M. A. (2005). Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Applied microbiology and biotechnology*, 67, 19-25.
- EIA, 2017. U.S. Primary Energy Consumption by Source and Sector, 2016. Available from: [https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/flow/css\\_2016\\_energy.pdf](https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/flow/css_2016_energy.pdf) (Son Erişim 25.10.2023).
- Gulati, M., Kohlmann, K., Ladisch, M. R., Hespell, R., & Bothast, R. J. (1996). Assessment of ethanol production options for corn products. *Bioresource Technology*, 58(3), 253-264.
- RFA, 2023. Renewable Fuels Association. <https://ethanolrfa.org/markets-and-statistics/annual-ethanol-production>. (Erişim Tarihi 25.10.2023)
- Sade, B., 1997. Tahıl Islahı (Buğday ve Mısır). Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:31, Konya.
- Singh, V., Kohl, S., 2017. Co-products from fuel alcohol plants. In: Walker, G., Abbas, C., Ingledeu, W., Pilgrim, C. (Eds.), *The Alcohol Textbook*, sixth ed. Nottingham University Press, Nottingham.
- TÜİK, 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri <https://data.tuik.gov.tr> 30 Aralık 2022 Bülteni (Son Erişim 25.10.2023)
- Wang, M., Han, J., Dunn, J. B., Cai, H., & Elgowainy, A. (2012). Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use. *Environmental research letters*, 7(4), 045905.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2023) Biyoetanol Üretimi Yapan Firmalar, Erişim adresi <https://bepa.enerji.gov.tr/>, (Son Erişim 20.10.2023)