



ZEYTİNYAĞI İŞLETMELERİNİN ATIKLARI VE DEĞERLENDİRİLME YOLLARI

Ayşe Esin BAŞKAN

Uzman Çevre Yüksek Mühendisi

T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı

Denizli - 2010

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1
1. DÜNYADA, TÜRKİYE’DE VE EGE BÖLGESİNDE ZEYTİN İLE ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ	3
2. ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ	7
3. ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ ESNASINDA OLUŞAN ATIKLAR	9
3.1. Zeytin Karasuyu	9
3.2. Pirina	13
3.2.1. Pirinanın Kurutulması	15
3.2.2. Pirinadan Yağın Ayrıştırılması	16
3.2.3. Yağın Çözücüden Ayrıştırılması	17
4. ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ ESNASINDA OLUŞAN ATIKLARA İLİŞKİN YAPILAN ULUSAL VE ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR	19
4.1. Karasuyun Arıtılmasına Yönelik Çalışmalar	19
4.2. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Arıtma Sonrası Evsel Atıksularla Birlikte Arıtılabilirliğinin Respirometrik Yöntemle Araştırılması	20
4.3. Zeytinyağı Fabrikası Atıklarının Enerji Amaçlı Kullanımı	22
4.4. Zeytinyağı İşletmeleri Katı (Pirina) ve Sıvı (Karasu) Atıklarından Mikrobiyal Lipaz Üretimi	27
4.5. Pirinanın Farklı Pleurotus Türlerinin Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması	29
4.6. Balık Yemlerinde Pirina ve Pirina Yağı Kullanımı Üzerine Araştırmalar	30
4.7. Pirinanın Tarımda Toprak Düzenleyici Olarak Kullanımı	31
4.8. Zeytinyağı Atıklarının Gübre Olarak Değerlendirilmesi	33
4.9. Karasuyun Değerlendirilmesine Yönelik Son Gelişmeler	33
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	35
6. KAYNAKLAR	40

GİRİŞ

Sanayileşme, hızlı nüfus artışı, kentleşme, tüketim alışkanlıkları, üretim yöntemleri, çevre kirliliği ve giderek artan atıklar tarımsal üretimi, tarım alanlarını ve biyolojik çeşitliliği etkileyerek nüfusun ihtiyacı olan besin miktarını ve gıdaya güvenli erişimi tehlikeye atmaktadır. Dünyanın birçok yerinde ise nüfus artışı paralelinde büyük bir gıda, özellikle de protein açığı görülmekle beraber gıda güvenliği risk altındadır. Tarım alanlarının hızla yok olması, kentleşme/sanayileşme/turizme açılması ve çevre sorunlarının özellikle küresel iklim değişikliğinin tarım alanları üzerindeki olumsuz etkisi bu sorunları giderek artırmaktadır.

Doğal kaynaklar üzerindeki baskının artması, yenilenemeyen kaynakların hızla tükenmesi ve atık yığınlarının oluşturduğu sorunlar; artık ve atık miktarının azaltılması, yeniden değerlendirilebilir artık ve atıkların değerlendirilme verimliliğini artırma ve kaynakların etkin kullanımına yönelik çalışmaların hız kazanmasına yol açmıştır.

Türkiye'de de dünyanın diğer ülkelerine benzer sorunlar farklı düzeylerde yaşanmaktadır. Gerek tarımsal ürünleri işleyen işletmelerden, gerekse tarımsal aktivitede bulunan alanlardan her yıl önemli oranda ve değişik özelliklere sahip değerlendirilebilecek artık/atıklar ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra toplam tarımsal üretimin yarısından fazlası sap, saman, kabuk, kavuz yaprak, koçan, endüstriyel artık olarak atılması da dikkat çekicidir. Bunların değerlendirilerek çevreye atılmak yerine katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi kaynakların optimum şekilde kullanımını sağlayarak doğal kaynaklar üzerindeki baskının azaltılmasına, kıt olan kaynakların değerlendirilmesine ve kirliliğin önlenmesine katkıda bulunacaktır.

Zeytin de, yağ üretimi, meyvesi ile atıklarının değerlendirilmesi açısından son derece önemli ekonomik değere sahip tarımsal ürünlerden biridir. Uzun yıllardır zeytin işleyen ve zeytinyağı üreten tesislerden kaynaklı atıklarının değerlendirilmesine yönelik ulusal ve uluslararası platformda çalışmalar sürdürülmektedir. Çalışmalar özellikle zeytinlerin temizlenmesi sırasında açığa çıkan "yıkama sularının" ve yağ eldesi

esnasında çıkan “karasuyun” artırılması ile “prinanın” çeşitli amaçlarla değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır.

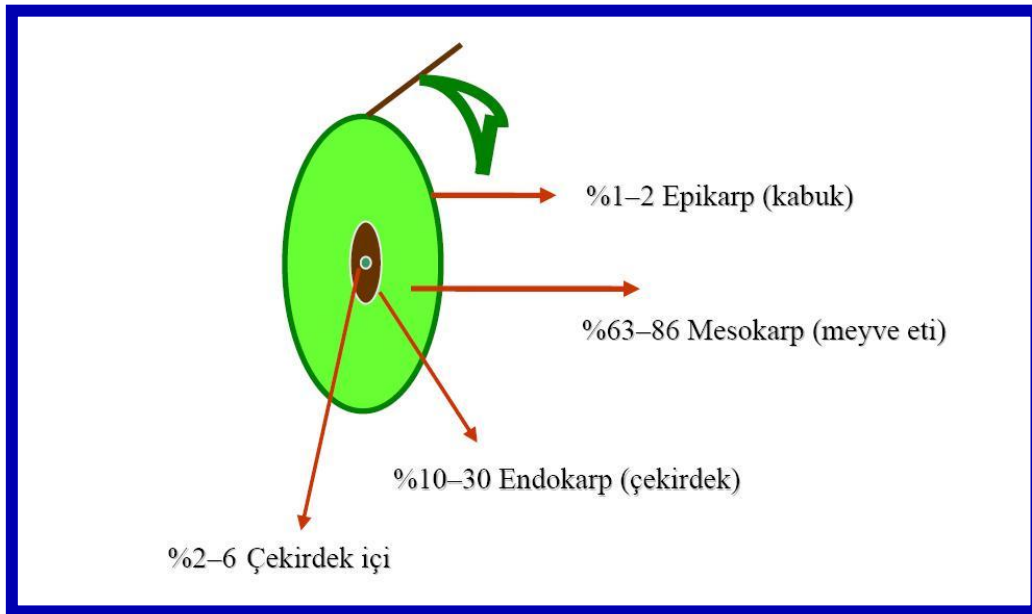
Zeytin işleme ve zeytinyağı sektörü büyük ekonomik öneme sahiptir. Zeytin ve zeytinyağı endüstrisi, gerek zeytinyağı olarak gerekse sofralık zeytin olarak insanların beslenme zincirinin en özel ve önemli halkalarındandır. Ülkemizde, **Güney Ege Bölgesi (TR 32 Bölgesi)** bu sektörde ilk sıralarda yer alan ve söz sahibi olması gereken bir bölgedir. Söz konusu işletmelerin atıkları, bertaraf edilme süreçleri, oluşturdukları çevre sorunları, değerlendirilememelerinin yanı sıra, önemli bir turizm potansiyeli olan bölgenin turistik faaliyetleri açısından da sıkıntı oluşturmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle dünya, ülke ve bölge genelinde zeytin ile zeytinyağı üretiminin durumu incelenerek, bölgenin potansiyeli ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sonrasında zeytinyağı üretimi ve işletmelerden çıkan atıklar ile özelliklerine yönelik bilgi verilmiştir. Çalışmada, zeytinyağı üretimi esnasında oluşan atıklara ilişkin yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar sunulduktan sonra bölge için genel bir değerlendirme yapılarak, zeytinyağı atıklarının bölgede nasıl değerlendirilebileceği konusunda öneriler getirilmiştir. Çalışmada zeytinyağı işletme atıklarının değerlendirilmesi konusunda farklı yaklaşımların sergilenmesi ve çözüm önerilerin çeşitlendirilebilmesi için özellikle ulusal ve uluslararası araştırma ile teknik çalışmalara yer verilmiştir. Çalışma literatür taraması ve güncel gelişmelerinin analizi sonrasında rapor şeklinde ortaya konulmuştur.

1. DÜNYADA, TÜRKİYE'DE VE EGE BÖLGESİNDE ZEYTİN İLE ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ

Botanik açıdan sert çekirdekli meyveler grubunda yer alan zeytin meyvesi çekirdeğinde tek bir tohum bulundurmaktadır. Meyvesi diğer meyvelere göre küçük, eliptik yapıdan yuvarlak yapıya doğru giden, ortalama 1-4 cm boya ve 0.6-2 cm meyve enine sahip olan zeytin, **perikarp** (etli kısım) ve **endokarptan** (çekirdek) oluşmuştur. Perikarp ise **epikarp** (kabuk) ve **mezokarptan** (etli kısım) oluşmaktadır. Meyve eti meyvenin yaklaşık % 68-83'ünü, çekirdek % 13-30'unu, meyve kabuğu % 1-2'sini teşkil etmekte olup, zeytinde bulunan yağın önemli bir kısmı mezokarp kısmında, mevcut suyla kısmi emülsiyon halinde bulunmaktadır. Zeytindeki su oranı % 70'lere kadar çıkabilse de genellikle % 50 civarında bulunmaktadır. Meyvede % 1,6 protein, % 20 yağ, % 20 karbonhidrat, % 5-6 selüloz, % 1,5 kül de yer almaktadır (Demirtepe, 2008).

Şekil 1. Zeytin Meyvesi



Kaynak: Demirtepe, 2008, s.5

Dünya genelinde yaklaşık 10 milyon hektar alan üzerinde **900 milyonu aşkın zeytin ağacı** olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada 37 ülkede toplam 7,5 milyon hektar alanda ekonomik anlamda zeytin üretimi yapılmak olup, dünyada zeytin

yetiştiriciliğine en elverişli bölge Akdeniz Bölgesi'dir. Zeytin üretim alanlarının % 95'i Akdeniz havzası ülkelerinde yer almaktadır. Bu kapsamda, zeytin üretiminde İtalya ve İspanya başı çeken ülkeler olup, Yunanistan, Türkiye, Tunus, Portekiz, Suriye, Fas ve Cezayir diğer önemli zeytin üreticisi ülkeler arasındadır. İspanya, dünyanın en fazla zeytin alanına sahip ülkesidir. Türkiye'de gerek iklim gerekse toprak özellikleri bakımından zeytin üretimi için en uygun coğrafyalardan biri konumunda olup, zeytinyağı üreten ve dışsatım yapan ülkeler arasında önemli bir yere sahiptir. FAO verilerine göre, 2000-2005 döneminde, Türkiye **zeytin üretim alanı** bakımından İspanya (% 16.1), İtalya (% 15.2) ve Yunanistan'dan (% 10.3) sonra % 8.7 ile **dördüncü sırada** bulunmakta, **zeytinyağı üretiminde** ise **5. sırada** yer almaktadır. (Altıntaş, Zeytinyağının Ülkemiz Ekonomisine Katkıları, Sorunları ve Beklentileri; Demirtepe, 2008).

Akdeniz ve benzeri iklime sahip ülkelerde zeytin üretiminin ağırlıklı olarak gerçekleşmesi, zeytinyağı ticaretinde sınırlı sayıda ülkenin söz sahibi olmasına neden olmuştur. Bu kapsamda, dünya zeytinyağı ihracatının yaklaşık % 95'i toplam yedi ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Dünyada zeytinyağı talebinin yıldan yıla artıyor olması bu ülkelerin zeytinyağı ticaretindeki önemini gitgide arttırmaktadır.

2009 yılı istatistiklerine göre dünyadaki üretim miktarı 18 milyon ton olan zeytin üretiminin % 98'i Akdeniz ülkelerinde gerçekleştirilmektedir. Yine aynı yıla ait istatistiklere göre ise dünya zeytinyağı üretiminin miktarı yaklaşık 2.290.000 ton olup, dünyada en fazla zeytin üreten ilk dört ülke İspanya, İtalya, Yunanistan ve Türkiye'dir.

Uluslararası Zeytin ve Zeytinyağı Konseyi (IOOC) verilerine göre, **2010-2011** dönemi zeytinyağı üretiminin bir önceki hasat yılına göre bir miktar daha yüksek olması ve AB ülkeleri arasında; **İspanya'da 1,400,000 ton**, **Yunanistan'da 336,000 ton** (% 5 artış) ve **Fransa'da 6,000 ton** zeytinyağı üretimine ulaşılacağı beklenmektedir. **İsrail'de 9,000 ton** yaklaşık % 157 artış ile üretimde büyük bir sıçrama yaşanmıştır. **Cezayir'de 60,000 ton** (% 126 artış), **İran'da, 8,000 ton** (% 50 artış), **Arnavutluk'da 7,000 ton** (% 40), **Suriye'de 193,500 ton** (% 29 artış), **Türkiye'de 160,000 ton** (% 9 artış) ve **Arjantin'de 17,500 ton** (% 9) zeytinyağı üretimi beklenmektedir. **Tunus'daki zeytinyağı** üretimi önceki yıla nazaran % 20 daha azalarak **120,000 ton** olarak gerçekleşeceği tespit edilmiştir (Doğu Akdeniz Zeytin Birliği).

Tablo 1. Türkiye'de zeytin ağacı ve zeytin üretimi verileri.

Yıllar	Ağaç Sayısı			Zeytin Üretimi		
	Meyve Veren	Meyve Vermeyen	Toplam	Sofralık	Yağlık	Toplam
2000	89.200	8.570	97.770	490.000	1.310.000	1.800.000
2001	90.000	9.000	99.000	235.000	365.000	600.000
2002	91.700	9.900	101.600	450.000	1.350.000	1.800.000
2003	92.250	10.500	102.750	350.000	500.000	850.000
2004	94.950	12.150	107.100	400.000	1.200.000	1.600.000
2005	96.625	16.555	113.180	400.000	800.000	1.200.000
2006	97.773	31.492	129.265	555.749	1.211.000	1.766.749
2007	104.219	40.110	144.329	455.385	620.469	1.075.854

Kaynak: Ardic, 2009.

Türkiye'de zeytin özellikle Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu (Nizip, Gaziantep) Bölgeleri'nde yetiştirilmektedir. Ülkemizde 2009 yılı istatistiklerine göre zeytin yetiştiriciliğinde üretim % 55, 21'i Ege Bölgesinde, % 26.23'ü Doğu Akdeniz Bölgesi'nde, % 14.65'i Marmara Bölgesi'nde ve % 3.90'ı diğer bölgelerde gerçekleştirilmektedir. Marmara Bölgesi daha çok salamura çeşitlerinin yetiştirildiği bir bölgedir. Marmara Bölgesindeki üretimin % 80'ini Gemlik çeşidi oluşturmaktadır. Ege Bölgesi ise Türkiye zeytin üretiminin yaklaşık % 70'ini karşılamaktadır. Ege Bölgesinde yağlık çeşitler yaygındır ve en yaygın çeşitler ise Ayvalık ve Memeciktir. Akdeniz Bölgesi'nde daha çok yağlık çeşit yetiştirilmesine rağmen üretim oldukça düşük, Güney Anadolu'da ise Gaziantep-Nizip bölgesinde bazı yağlık çeşitler yetiştirilmektedir. Ülkemizde üretim yapılan illerin başında, **Aydın**, İzmir, **Muğla**, Balıkesir, Manisa ve Çanakkale gelmektedir (Özgürsoy, 2006 ; Demirtepe, 2008; Doğu Akdeniz Zeytin Birliği).

Tablo. Türkiye ve TR 32 Bölgesindeki zeytin ağaçlarının kapladığı alan (hektar)

Yıllar	Türkiye	TR 32	Aydın	Denizli	Muğla
2001	600.000	220.939	140.304	1.443	79.192
2002	620.000	230.676	147.958	1.875	80.843
2003	625.000	234.578	149.251	1.989	83.338
2004	644.000	234.475	151.041	2.641	80.793
2005	662.000	238.544	153.479	2.741	82.324
2006	711.843	248.083	157.082	3.082	87.918
2007	753.000	245.123	152.789	3.444	88.890
2008	774.370	245.538	150.741	3.831	90.966

Not: Tablolardaki rakamlar yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

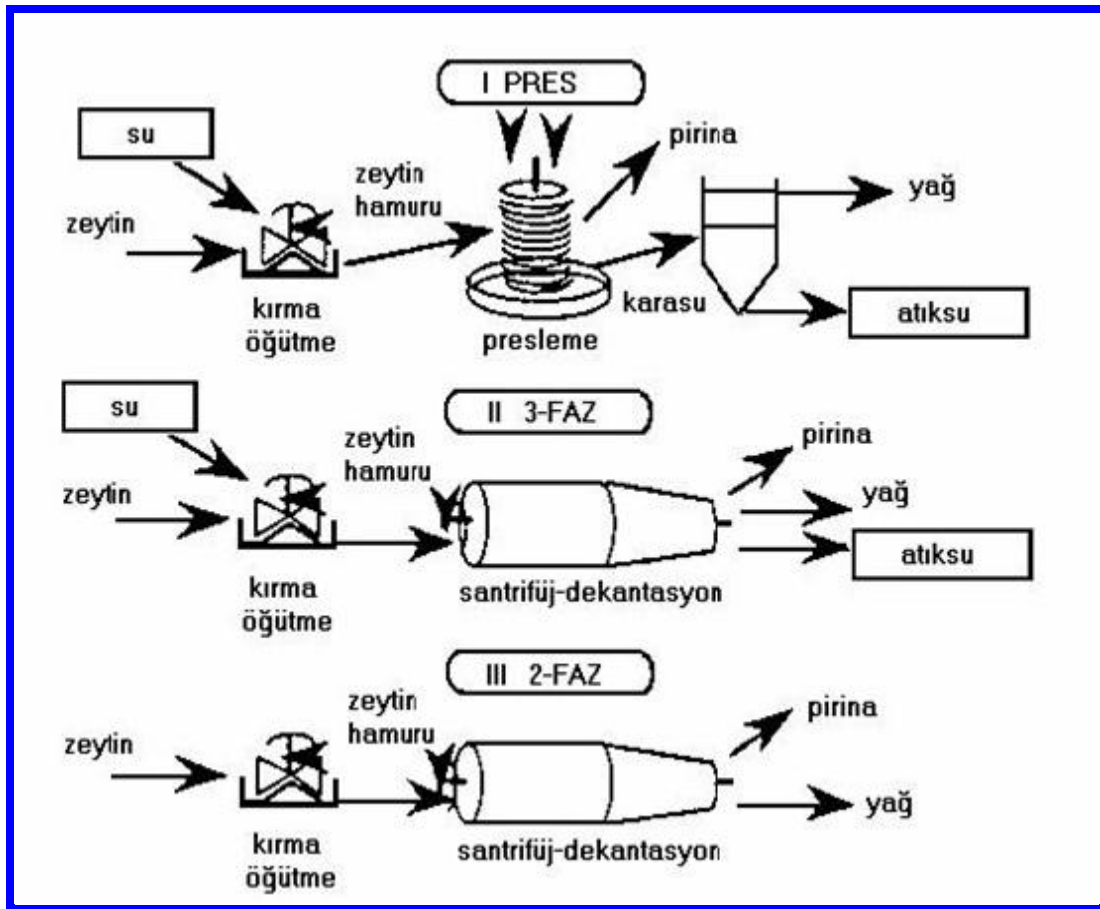
Kaynak: TÜİK, Bölgesel Göstergeler, 2009.

Tablo incelendiği zaman Aydın, Denizli ve Muğla illerinden oluşan TR 32 Bölgesinin ülkemizin zeytin üretimine önemli ölçüde katkıda bulunduğu görülmektedir. Özellikle Aydın ve Muğla'nın Türkiye'de başlıca zeytin ve zeytinyağı üretimi yapılan illerden olması dikkat çekicidir. Bölgede Aydın zeytin ağaçlarının kapladığı alan bakımından en ön sırada yer almaktadır. Bölge için zeytin ve zeytinyağı üretimi önemli ekonomik faaliyetler arasındadır (TÜİK, 2009; Zeytinlik, Muğla'da Avrupa Standartlarının Üzerinde Zeytinyağı Üretiliyor).

2. ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ

Zeytinyağı üretiminde kesikli (pres) ve sürekli (santrifüj) (3-fazlı üretim prosesi ve 2-fazlı üretim prosesi) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmakta olup, her iki yöntemde de üretim sonucunda pirina ve karasu gibi iki yan ürün oluşmaktadır.

Şekil 2. Zeytinyağı üretiminde kullanılan proseslerin akım şemaları.

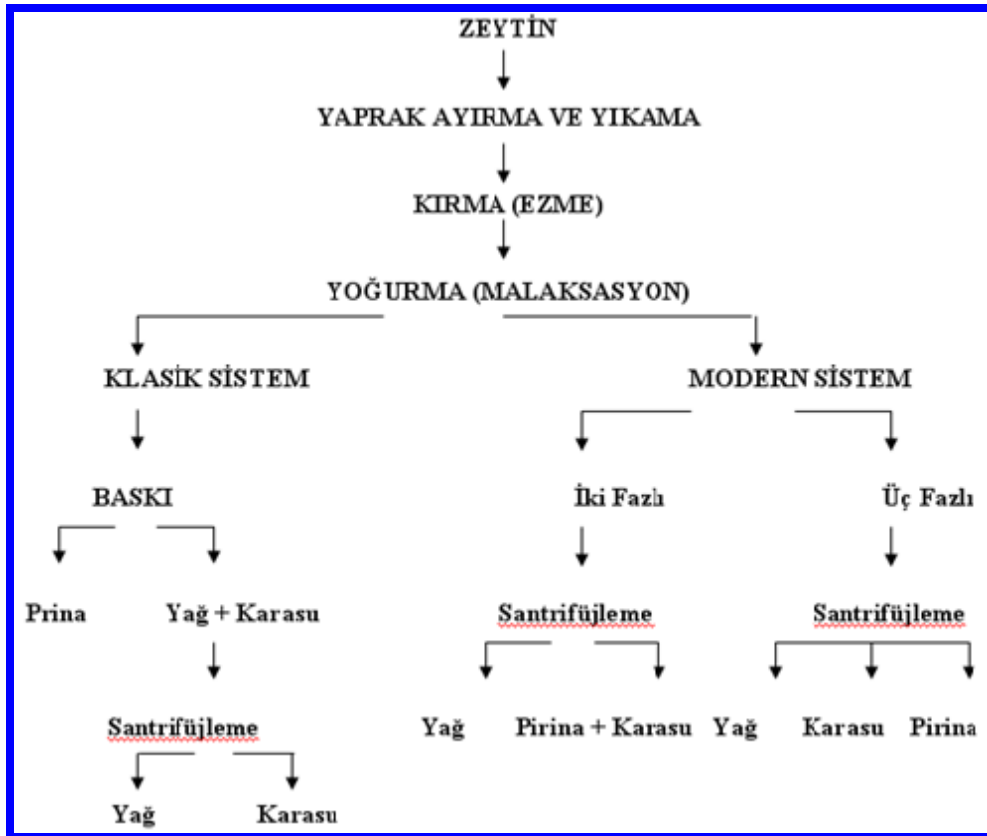


Kaynak: Şengül vd., 2003.

Sıvı atık olan karasuyun konsantrasyonu, üretim prosesine ve işletim koşullarına bağlı olarak büyük değişimler göstermekle birlikte, genelde zeytinyağı üretimi sırasında açığa çıkan atıksu miktarı 0.5-1.5 m³/ton zeytin civarında olmaktadır. Karasuyun organik madde, askıda katı madde, yağ ve gres içeriği oldukça yüksektir. Karasuyun yapısındaki organik bileşiklerin başında, şeker, azot bileşikleri, uçucu

asitler, pektin, polialkoller, yağ, polifenoller ile karasuya koyu rengini veren taninler yer almaktadır. Karasuyun arıtımında yaşanan güçlüklerin başlıca nedenleri, atıksuyun yüksek organik madde ve polifenoller gibi toksik maddeleri içermesi, **sezonluk üretim yapılması** ve bir üretim **sezonunun 3-4 ay** kadar sürmesidir (Şengül, F. vd., 2003).

Şekil 3. Zeytinyağı üretimi akım şeması.



Kaynak: Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Zeytinyağı Teknolojisi/Zeytinyağı Üretimi ve Akım Şeması.

3. ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ ESNASINDA OLUŞAN ATIKLAR

Zeytinin alt ürünleri, **karasu**, **pirina** ile **budama atıkları**dır. Türkiye'de budama atıkları sorun olmadan değerlendirilebildiğinden zeytinyağı üretimi esnasında oluşan atıklar, genel olarak presleme işleminde oluşan pirina (zeytin katı atıkları ve zeytin çekirdeği) ile zeytin öz suyu olarak sınıflandırılabilir. Pirina ve karasuyun çevreyi kirlilemeden arıtımı ve bertarafı zeytinyağı üreticisi diğer ülkeler gibi Türkiye açısından da önemli bir çevre problemi oluşturmaktadır.

Zeytinyağı üretimi sırasında oluşan karasu ve pirina, bileşimleri ve etrafa yaydıkları koku sebebiyle çevre açısından önemli bir kirlilik potansiyeli oluşturmaktadır. Karasu olarak nitelendirilen atıksu, gerek içerdiği yüksek miktardaki yağlardan gerek yüksek miktardaki KOİ gerekse düşük moleküler ağırlıklı fenolik maddeler nedeniyle arıtılabilirliği güç olan atıksulardır. Pirina ve karasuyun çevreyi kirlilemeden arıtımı ve bertarafı zeytinyağı üreticisi diğer ülkeler gibi Türkiye açısından da önemli bir çevre problemi oluşturmaktadır (Öcal, 2005; Kırıl Mert, Kestioğlu, Yalılı Kılıç, 2008; Kurtuluş 2003; Fırat 2007).

3.1. Zeytin Karasuyu

Zeytinyağı üretimi sırasında oluşan karasuyun miktarı ile özellikleri, zeytin çeşidine, zeytin ağaçlarının yetiştiği toprak ve iklim özelliklerine, zeytin hasat zamanına ve olgunluk derecesine, pestisit ile gübre kullanımına ve üretim teknolojisine göre değişmektedir. Zeytin tanesinin yaklaşık %45-50'sini oluşturan meyve suyu nedeniyle **klasik (baskılı) yağhanelerde bir ton zeytinin** işlenmesi sonucu **0.4-0.5 m³** karasu oluşurken, **kontinü** (üç fazlı, sürekli) **tesislerde** ılık su ilave edilmesi nedeniyle **bu değerin iki katı kadar karasuyun** ortaya çıktığı ortaya konulmaktadır. İşlemler sonucu ortaya çıkan organik kirlilik yükü işlenen her bir ton zeytin için 45-55 kg **BOİ₅** olarak verilmektedir. Son yıllarda zeytin üretiminin başı çektiği İspanya, İtalya ve Yunanistan gibi Avrupa Birliği ülkelerinde, kullanımı artan iki fazlı kontinü işletmelerde ise karasu pirinadan ayrılmadığından bir ton zeytinden **800-950 kg. sulu pirina**

(Alpeorujo) oluştuğu görülmektedir. Karasu sahip olduğu yüksek organik kirlilik yükü ile alıcı ortamlara verildiği takdirde önemli bir  evre sorunu oluşturmaktadır.

Zeytinlerin yağa işlenmesinden elde edilen koyu kırmızı renkli, organik ve mineral maddeler bakımından zengin asidik nitelikte, oluşan miktarı kullanılan yağ çıkarma sistemine bağlı olarak değişen sıvı alt ürün olan karasuyun bileşimi ise, uygulanan üretim teknolojisi, üretim miktarı ve kullanılan zeytin hammaddesine bağlı olarak değişim göstermektedir (Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Zeytinyağı Teknolojisi/Zeytinyağı Yan  r nleri). Yüksek kirlilik yükü dışında karasuyun asidik karaktere sahip olması ile tuzluluk düzeyini gösteren elektrik geçirgenlik değerinin yüksekliliği gibi olumsuz özellikleri de dikkat çekici düzeydedir. Karasuya koyu renk veren polifenollerin ve tanenlerin bulunması da karasuyun fitotoksik ve antimikrobiyal etki göstermesine neden olmaktadır (Kaplan, 2007).

Karasu kirlilik karakteristikleri, literatür verilerinden yararlanılarak aşağıda sunulan Tablo 2.'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiş olan karasuyu  zellikleri.

Parametreler (g/L)	Kestioğlu (2005)	Mekki (2005)	Andreozzi (1998)	Sierra (1991)	Hafidi (2005)	Mert, Kestioğlu, Kılıç (2008)
pH	4,7	5,5	5,1	4,5-6	4,7	4,5
AKM	65	8,9	102,5	-	-	60
Yağ&Gres	35	9,2	9,8	0,3-23	-	28
Toplam N	0,67	1,6	0,95	5-15	0,58	0,6
Toplam P	0,18	0,84	-	0,3-1,1	0,11	0,15
Toplam KOÇ	186	117	121,8	40-195	161	112
Toplam Fenol	9,7	9,2	6,2	3-24	4	7,4

Kaynak: Kırıl Mert, Kestioğlu, Yalılı Kılıç, 2008.

Akdeniz bölgesinde dünya üretiminin % 95 oluşturan **11 milyon zeytinden** 2,4 milyon ton/yıl zeytinyağı üretilmekte olup, dünyada yılda yaklaşık **30 milyon ton “zeytin karasuyu”** oluşmaktadır. Zeytin karasuyunun bertarafına ilişkin probleminin önemli bir kısmı Türkiye’de yağlık zeytin üretimde ilk sırada yer alan Ege bölgesinde yaşanmaktadır. Türkiye’de 2007 yılı verilerine göre yılda üretilen **1.183.439 ton** karasuyun **668.858 tonu** Ege Bölgesinden çıkmaktadır (Ardıç, 2009; Öztürk 2009).

Kirlilik derecesi yüksek olan zeytin karasuyu su kaynaklarına ve toprağa verildiği zaman ciddi zararlara sebep olmaktadır. Zeytin karasuyu **evsel atık suya** göre yaklaşık **230 kat** daha fazla kirlidir. Türkiye’de her yıl zeytinyağı ve yemeklik zeytin üretimi esnasında oluşan yaklaşık **1,5 milyon m³** zeytin karasuyunun kirlilik yükü **13 milyon insanın** oluşturduğu kirlilik yüküne eşdeğerdir. Üretim dönemleri sebebiyle zeytin karasuyu mevsimsel bir kirlilik olduğu için etkisi daha yüksek olmaktadır. Zeytin karasuyu biyolojik bozunmaya dirençli fototoksik ve antibakteriyel fenol bileşikleri içeren bir atık sudur. Karasuyun arıtılmasına yönelik metotlar bu kapsamda dikkatle seçilmelidir (Öztürk, 2009).

Aşağıda sunulan Tablo 4’te son sütunda yer verilen kirlilik katsayısı, zeytin karasuyunda bulunan maddelerin derişim ortalamalarının, evsel atıksuda bulunan maddelerin derişimlerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Bu hesaplama zeytin karasuyu ile evsel atıksuyun ilgili kirlilik parametreleri açısından karşılaştırılması için gerçekleştirilmiştir. KOİ parametresine ilişkin kirlilik katsayısını hesaplayabilmek için, zeytin karasuyu için 20.000-220.000 aralığında olan KOİ değerinin ortalaması $(20.000+220.000)/2=120.000$ olarak bulunmuş, bulunan bu değer evsel atıksu için verilen KOİ değerine bölünerek $120.000/600=200$ olarak kirlilik katsayısı belirlenmiştir. Tabloda sunulan kirlilik katsayısına ilişkin değerlerden de anlaşılacağı üzere, kirlilik düzeyi çok yüksek olan zeytin karasuyu, evsel atıksuya göre **200 kat** daha fazla **KOI**, **205 kat** daha fazla **BOİ**, **240 kat** daha fazla **yağ ve gres** içermektedir (Ardıç, 2009).

Tablo 3. Zeytin karasuyu ve evsel atıksu kirlletici parametrelerinin karşılaştırılması.

Parametre	Birim	Zeytin karasuyu	Evsel atıksu	Kirlilik katsayısı
pH	-	3-5,9	7,2	-
KOİ	mg/L	20.000-220.000	600	200
BOİ ₅	mg/L	23.000-100.000	300	205
Toplam Katı Madde	mg/L	1.000-103.000	500	104
Yağ ve Gres	mg/L	1.000-23.000	50	240
Polifenoller	mg/L	3.000-80.000	-	-
Uçucu Organik Asitler	mg/L	800-10.000	-	-
Toplam Azot	mg/L	300-1.200	40	18,75

Kaynak: Ardiç, 2009.

Karasuyun arıtımı için aerobik biyolojik arıtma, anaerobik biyolojik arıtma ve bu yolla biyogaz ve gübre elde edilmesi, fiziko-kimyasal arıtma, kimyasal arıtma, toprağa sızdırma ile gübre olarak kullanma, kompost üretime, buharlaştırma ve sızma için araziye boşaltma, lagünlerde buharlaştırma, katı yakıt elde etme ile tek hücre proteini üretme gibi birçok yöntem uzmanlar tarafından üzerinde çalışılan ve önerilen yöntemlerdir (Kaplan, 2007).

Karasuyun arıtımına yönelik birçok ülke özellikle İspanya ve İtalya'da önemli araştırmalar yapılmasına rağmen, henüz her yerde uygulanabilecek bir arıtma metodu ortaya konulamamıştır. Türkiye'de de hem Çevre ve Orman Bakanlığı hem de zeytin üreticileri zeytin karasuyunun arıtımına yönelik çalışmalarını sürdürmekte olup, henüz istenen bir sonuca ulaşamamıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında istenilen deşarj kriterlerinin yakalanabilmesi için ileri arıtma metotlarının da uygulanması gerekmekte ve bu metotlarının karasu arıtımında kullanılması da arıtma maliyetinin artması demektir. Özellikle yılda sadece **3-4 ay gibi kısa bir süre mevsimlik işletim yapan ve küçük çapta çalışan** zeytinyağı üreticileri, karasu arıtma

sistemlerini maliyeti yükselttiği için uygulamakta çekinmektedirler. Ulusal ve uluslararası platformda söz konusu soruna çözüm getirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülmektedir (Kırıl Mert, Kestioğlu, Yalılı Kılıç, 2008).

3.2. Pirina

Zeytinyağı fabrikalarında zeytinlerin sıkılmasından sonra arta kalan **zeytin küspesi olan pirina**, Akdeniz ülkelerinde görülen **önemli bir biyokütle** çeşididir. Düşük maliyetle oldukça büyük miktarlarda elde edilebilmektedir. Zeytinden elde edilecek prina ile yağ miktarı her ne kadar yetiştirme tekniği, zeytin çeşidi ve yağa işleme vb. durumlara bağlı olarak değişse de, ortalama olarak **100 kg zeytinden 15-22 kg zeytinyağı** ve 35-45 kg **pirina** elde edilebilmektedir. Geleneksel **hidrolik pres** veya **sürekli santrifüjleme** işlemi uygulayan zeytinyağı fabrikalarından elde edilmesine bağlı olarak iki tip prina çeşidi bulunmaktadır. Söz konusu iki tip prina sırasıyla % 25-30 ve % 45-55 nem içermeleri ile birbirinden ayrılmaktadır. Modern sürekli sistemlerden elde edilen prina klasik sistemlerden gelen prinaya oranla daha **çok nem** ve daha **az yağ** içerdiği için **daha düşük ticari değer** taşımaktadır (Kurtuluş, 2003; Öcal, 2005).

Yağlı pirina, yağsız pirinaya göre daha yüksek nem içermekte olup, santrifüj yöntemiyle yağ alma sonucunda oluşan pirinaların nem oranı presleme yöntemiyle elde edilen pirinaya göre daha yüksektir. Yağlı ve yağsız pirinalar arasındaki diğer önemli fark ise, alt ısı değerleridir. Yağlı pirinaların alt ısı değerleri, pirinanın yağ içeriği nedeniyle yağsız pirinaya göre daha yüksektir. Pirinaların içerdiği uçucu maddelerin büyük çoğunluğu düşük sıcaklıklarda açığa çıkmakta olup, sıcaklıkla kütle değişimi analizlerinde (TGA) 250-300°C sıcaklıklarda önemli oranlarda kütle kaybı olduğu gözlenmiştir (Akın, Biyokütle Olarak Pirinanın Enerji Üretiminde Kullanılması).

Tablo 4. Ham Pirina (Alperujo) Temel Karakteristik Özellikleri.

Parametreler	Miktar Aralığı	Parametreler	Miktar Aralığı
Nem (%)	55.6-74.5	Fosfor (gKg ⁻¹)	0.7-2.2
pH (suda)	4.86-6.45	Potasyum (gKg ⁻¹)	7.7-29.7
Elektriksel iletkenlik (dSm ⁻¹)	0.88-4.76	Kalsiyum (gKg ⁻¹)	1.7-9.2
Organik madde (gKg ⁻¹)	848.9-976.0	Magnezyum (gKg ⁻¹)	0.7-3.8
Lignin (gKg ⁻¹)	323.0-556.5	Sodyum (gKg ⁻¹)	0.5-1.6
Selüloz (gKg ⁻¹)	140.2-249.0	Demir (gKg ⁻¹)	78-1462
Hemiselüloz (gKg ⁻¹)	273.0-415.8	Bakır (gKg ⁻¹)	12-29
Toplam organik karbon (gKg ⁻¹)	495.0-539.2	Mangan (gKg ⁻¹)	5-39
Toplam Azot (gKg ⁻¹)	7.0-18.4	Çinko (gKg ⁻¹)	10-37
C/N oranı	28.2-72.9	Fosfor (gKg ⁻¹)	0.7-2.2
Toplam yağ (gKg ⁻¹)	77.5-194.6	Suda çözülebilir fenoller	6.2-23.9
Suda çözülebilir	12.9-164.0		

Kaynak: Akın, Biyokütle Olarak Pirinanın Enerji Üretiminde Kullanılması

Ülkemizde zeytinyağı sanayi sonucu oluşan katı atık pirina miktarı yılda yaklaşık **200.000 ton** olup, ticari olarak yeterince değerlendirilemeyen pirinanın bir kısmı yakıt olarak kullanılırken, büyük bir çoğunluğu da alıcı ortamlara verilmekte, boş arazilere dökülmektedir. Bu durum çevre sorunu da oluşturmaktadır. Günümüzde ülkemizde, halen piranayı değerlendiren bir sanayi kolu mevcut değildir. Bu durum ülkemizin en büyük zeytin ve zeytinyağı üretici olan Ege Bölgesi açısından önemli bir ekonomik kayıp ve çevresel tehdittir (Demirtepe, 2008).

Pirina, gübre, yakıt, büyükbaş hayvanlar için yem olarak, hatta bitümle karıştırıldığında yol yapımında katkı malzemesi olarak kullanılabilmekte olup, sahip olduğu enerji içeriği nedeniyle en yaygın kullanım alanı yakıt amaçlı olarak kullanımıdır. İspanya ve İtalya gibi Akdeniz ülkeleri ile Türkiye’de oldukça büyük bir sektör olan zeytinyağı üretiminde senelerce atık madde olarak çevre kirliliği yaratmış olan pirinanın yakacak olarak endüstride değerlendirilmesine yönelik de çalışmalar yapılmaktadır. Diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında oldukça düşük olan maliyet gücü,

yüksek ısı değeri ve yenilenebilir oluşu yanında çevreye dost bir yakıt olması ile prina yakılmasının endüstriye getireceği yararlar oldukça fazladır. Enerji üretiminde verimli ve uygun bir şekilde prina kullanımı iki probleme birden çözüm sağlamaktadır; hem temiz enerji üretimi ve hem de zeytinyağı tesislerinin atığı olan bu maddenin tekrar kullanımı ile depolama alanı ihtiyacının azaltılması ile doğal kaynaklar üzerindeki baskının azaltılmasına sağlanan katkı. Ayrıca pirinadan solventler kullanılarak elde edilen yağ; sabun sanayisinde, şeker fabrikalarında evaporasyon kazanlarında köpük giderici olarak, yağ asidi imalinde yakıt maddesi olarak kullanılabilir (Makine Mühendisleri Odası, 2003; Öcal, 2005; Görel, Doymaz, Akgün).

3.2.1. Pirinanın Kurutulması

Prinanın bünyesinde bir miktar yağ ve karasu bulunmaktadır. Prinanın kurutulmasındaki amaç, prinadan daha fazla yağ alabilmektir. Rutubetli prinaya çözgen işlemediğinden, **çözücü ile yağ moleküllerinin** birleşmeleri için **yağlı prinanın** mutlak surette **tam kurutulması** gerekmektedir. Bu bölümde bir sistem üzerinden inceleme yapılmaktadır. İlk ünite kurutma ünitesidir. Burada fabrikaya gelen yağlı prinanın bünyesinde bulunan yağın tamamını elde etmek üzere birinci adım olan kurutma işlemini gerçekleştirilmektedir. Üniteye yer alan hava ısıtma kazanında; havanın ısıtılması için **brülör veya ocak teçhizatı** kullanılmakta olup, yakıt olarak başta yağı alınmış prina kullanılabildiği gibi alternatif diğer yakıtlar (LPG, fuel oil vb.) da kullanılabilmektedir. Hava ısıtma kazanına hava sağlamada **aspiratör** kullanılmaktadır. Aspiratör ile emilen hava, kazanın ısıtma haznesine gönderilmektedir. Kurutma fırını; döner silindir olarak tasarlanmış, elektrik motorundan aldığı güç ile düşük devirde sürekli dönme hareketi yapmaktadır. Kurutma fırınına prina yükleme yapabilmek için, hava ısıtma kazanı ile de hava bağlantısı olan, **prina giriş haznesi** bulunmaktadır. **Prina yükleme ünitesi (bunker)**, prinanın kurutma fırınlarına yüklenmesinde görev yapmakta olup, buradan **elevatör** ile fırına prina taşınmaktadır. Tipik bir prina kurutma makinesinin çalışma prensibi aşağıdaki maddelerde açıklanmıştır.

- Yaş prina yükleme haznesinden verilmekte,

- Helezon ile prina kurutma haznesine iletilmekte,
- Dış ortamdan taze hava alınarak, bir brülör ya da prina ocağı ile ısıtılmakta,
- Döner silindir içerisinde hareket hâlinde bulunan ürün, brülör ya da prina ocağı ile ısıtılan sıcak hava ile temas etmekte ve ürünün üzerindeki nem çok kısa bir sürede alınmakta,
- Kuru hâle gelen ürün helezona dökülmekte, bu esnada kurutma havası aspiratör vasıtası ile çekilerek siklondan bacaya iletilmekte, ürün daha sonra da ekstraktörlere alınmakta,
- Siklona iletilen ürün, bu kısımda düşürülerek siklonun altından alınmakta,
- Nemli hava aspiratör vasıtası ile dışarıya atılmaktadır. (Dışarıya atılan nemli sıcak havadan daha etkin faydalanmak için takviye sistemler de kurulabilmektedir.)

Prina yağ fabrikalarına gelen yağlı prinanın bekletilmesiyle **yağ asit değeri artış gösterecektir, bu sebeple** mümkün olan en kısa zamanda kurutulma işlemine geçilmesi önemlidir. Tesislere gelecek yağlı prina için, kurutma fırınına yakın üzeri ve üç tarafı kapalı bekletme alanları oluşturulabilir veya kurutma ünitesine raylı konteynırlar vasıtasıyla hiç bekletilmeden alınabilir (MEB, 2007).

3.2.2. Pirinadan Yağın Ayrıştırılması

Kurutulmuş prinaya bir çözücü uygulandığında prina içerisindeki yağ, buhar halindeki çözücü ile alınmaktadır. Zeytin meyvesinden çıkan yağ doğrudan yemeklik olarak kullanılabilenken, prina yağı rafine edilmeden tüketilememektedir. Prina yağı tipik kokulu koyu yeşil renkli bir yağ olup, kimyasal olarak asit bileşimi bakımından zeytinyağına oldukça benzemektedir. Ancak miktarda, ekstraksiyon sistemine ve prinanın stok sahasında beklemesine bağlı olarak % 3-45 oranında sabunlaşmayan maddelere ve serbest yağ asitlerine sahiptir.

Pirina, kurutma ünitesinden asansör ya da helezonlarla **ekstraktörlere** alınmaktadır. Ekstraktörler içerisine verilen hekzan gaz ve sıvı halde kapalı sistemde dolaşmaktadır. Hekzan ile prinanın yağı birleşerek pirinadan ayrılması sağlanmaktadır. Burada kuru prina, hekzanla ısıtılarak ayrıştırma işlemi yapılmaktadır. Kuru pirinanın ekstraksiyon işlemine tabi tutulduğu ekstraksiyon kazanları; basınca dayanıklı silindir

biçiminde ısı izolasyonu yapılmış galvanizli sacıla korunmaya alınmış üstten prina girişi, hekzan girişi ve alttan buhar girişi, yağ ile hekzan çıkışı bulunan, seri hâlde birbirlerine bağlanmaları olanaklı kazanlardır.

Daha önceleri karbon disülfid, trietilen, alkoller gibi farklı çözücüler kullanılmış olmasına rağmen bugün gerçekten **teknik, ekonomik ve kalite üstünlüğü** nedeniyle genel olarak hekzan kullanılmaktadır.

Tüm kullanımlar için ekstraksiyon çözücüleri İyi Üretim Uygulamaları (**GMP-Good Manufacturing Practise**)'na uygun olmalıdır. Bir ekstraksiyon çözücüsü, eğer kullanımı yalnızca teknik olarak engellenemeyen kalıntı veya türevleri insan sağlığına zarar vermeyecek miktarlarda içeriyorsa GMP'ye uygun ekstraksiyon çözücüsü olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, çözücü olarak kullanılan bütün çözücüler Türk Gıda Kodeksi'ne uygun olmalı ve tanımlanan aralıkta kullanılmalıdır.

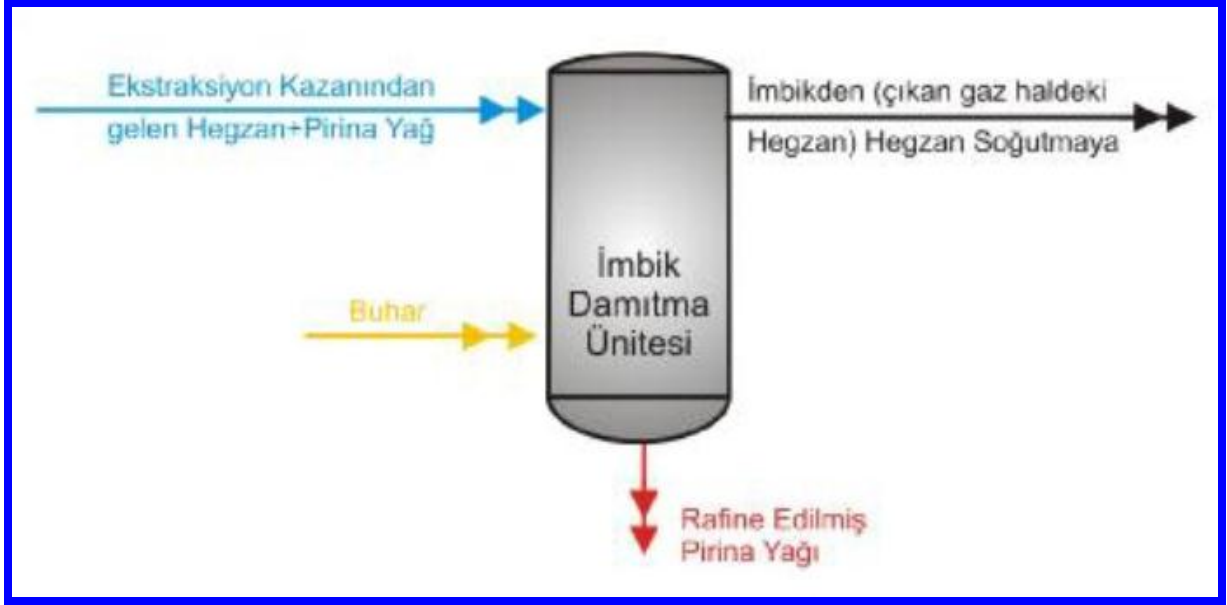
Söz konusu işlem için kesikli ya da kesikli olmayan sistemler kullanılabilir. Geleneksel sistemler kesikli sistemlerdir ve bu sistemlerde ön işlemlerden geçirilerek yeterli kıvama getirilen zeytin hamuruna pres yardımıyla baskı uygulanması yapılmaktadır. Böylece sıvı fazı oluşturan yağ ve hekzan bileşimi elde edilebilmekte ve fazdan ayrılmaktadır. Bahse konu sistemin maliyeti ile enerji tüketimi düşük, sistem dayanıklıdır. Ancak sistem hantal, iş gücü gereksinimi yüksek ve kesiklidir.

Modern sistemler ise sürekli sistemler olup, yatırım ile enerji maliyeti yüksektir. Sistem otomasyona uygun olup iş gücü en aza indirilmiş ve klasik sisteme göre yağ kaybı biraz daha fazla olmaktadır (MEB, 2007).

3.2.3. Yağın Çözücünden Ayrıştırılması

Misella olarak adlandırılan yağ+çözücünün distilasyonu (yağı çözücünden ayırıştırma), karışımın ekstraksiyon kazanlarından imbik diye tabir edilen damıtma ünitesine gelmesi ve bu üniteye buhar verilmesiyle başlamaktadır.

Şekil 4. Damıtma (Distilasyon) Ünitesi



Kaynak: MEB, Pirina Yağı.

İmbik, verilen buharla kaynamaya başlamakta, çözücü (hekzan), yağa kıyasla çok daha uçucu bir madde olduğu için hızla buharlaşmakta ve imbiğin tabanında yağ kalmaktadır. İmbiğin dibindeki yağ dinlendirilmek üzere depoya gönderilirken, hekzan ise üstten bir boru ile gaz hâlinde imbikten soğutma ünitesine iletilmektedir. Soğutma ünitesinde sıvılaştırılarak tekrar kullanılmaktadır. İmbiklerden damıtılarak alınan yağ henüz kullanılmaya hazır olmayıp, Dinlendirilmesi gerekmektedir. Dinlendirilme sebebi, ayrıştırılan prina yağının tortu ve diğer kimyasal maddeleri içermesidir (MEB, 2007).

4. ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ ESNASINDA OLUŞAN ATIKLARA İLİŞKİN YAPILAN ULUSAL VE ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

4.1. Karasuyun Arıtılmasına Yönelik Çalışmalar

Karasu, İtalya, İspanya, Yunanistan gibi Akdeniz ülkelerinde yüzyıllardan beri önemli bir kirlilik kaynağı olmuştur. Ülkemizde ve zeytin yetiştiriciliği ile zeytinyağı üretiminin yoğun olarak gerçekleştirildiği Akdeniz ülkelerinde zeytinyağı üretimi esnasında oluşan atıklarının arıtımı ve değerlendirilmesi üzerine çok çeşitli araştırmalar yürütülmektedir. Özellikle, üretimin son 35-40 yılda önemli ölçüde artması, üretim yapılan işletmelerin küçük ve üretim yapılan bölgelerin her yanına dağılmış durumda olması, atıksuların direk olarak toprağa veya yeraltı suyuna boşaltılması nedeniyle çevreye olan olumsuz etkileri son yıllarda iyiden iyiye kendini hissettirmektedir. Bu sebeple, günümüzde karasuyun arıtımına geçmişe göre daha fazla önem verilmektedir.

Günümüze kadar geçen süreçte, kirlilik düzeyi çok yüksek karasuyun arıtımına yönelik pek çok yöntem denenmiş ve geliştirilmiştir. Karasuyun alıcı ortama verilecek standartlara ulaşıncaya kadar birkaç kademedan oluşan hem fiziksel kimyasal hem de biyolojik arıtma ünitelerinden ve proseslerinden geçirilmesi gerekmektedir (Şengül vd., 2003).

Zeytin yetiştiriciliği ve zeytinyağı üretimi açısından önde gelen Akdeniz ülkelerinden olan İspanya'da karasuyun gübre, kompost ve toprak ıslah edici olarak kullanılışı biriket yapımı ve yakacak olarak değerlendirilmesi, biyolojik olarak metan gazı elde edilmek suretiyle biyogaz olarak kullanılışı araştırılmış ve çalışma sonucunda tam ekonomik analizi yapılamamakla beraber karasuyun yukarıda belirtilen çeşitli alanlarda kullanılabileceği 1984 yılında yapılan bir araştırma da ortaya konulmuştur. Yine, karasuyun çok yüksek miktarda kimyasal ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı göstermesi nedeniyle kirlетici potansiyele sahip olduğunu 1986'da İspanya'da yapılan bir çalışmada belirlenmiştir.

Ülkemizde ise zeytinyağı üretimi esnasında oluşan ve zeytinyağı fabrikalarından alınan atıksuların incelendiği ve arıtma yöntemlerinin önerildiği birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. 1983 yılında **Aydın** yöresinde bulunan ve Güney Ege Bölgesi açısından önem taşıyan zeytinyağı tesislerinden alınan atık sularının incelendiği bir çalışmada, bunların fiziksel ve kimyasal olarak arıtılması için laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, fazla miktarda kirlilik içeren atık suların kimyasal arıtmadan sonra biyolojik arıtma kademesine de gereksinim duyduklarını tespit edilmiş, standartların sağlanması ile kirlilik yükünün azaltılması için % 97,7 Biyolojik oksijen değeri (BOD) giderme verimi sağlayan uzun havalandırmalı aktif çamur tesisi arıtma prosesi olarak önerilmiştir. 1987 yılında yapılan bir başka çalışmada ise zeytinyağı atık suyunun fiziksel, kimyasal ile analitik özellikleri incelenerek, kirleticiler için en uygun ve ekonomik arıtma modeli olarak buharlaştırma havuzları önerilmiştir. Bu çalışma sonrasında Akdeniz iklim şartları için **ideal buharlaştırma havuzu derinliği 1 m** olarak önerilmiştir. Çalışmada, karasuyun bileşiminde önemli miktarlarda bulunan besin maddeleri; 1 m³ karasuda yaklaşık 3,5–11 kg K₂O, 0,6–2,0 kg P₂O₅, 0,15–0,5 kg Mg olarak belirlenmiştir (Fırat, 2007).

Yukarıda sunulan çalışmalardan görülebileceği gibi, zeytin karasuyunun arıtımına yönelik çalışmalar yıllar öncesinde başlatılmış olup, uzun bir geçmişe sahiptir.

4.2. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Arıtma Sonrası Evsel Atıksularla Birlikte Arıtılabilirliğinin Respirometrik Yöntemle Araştırılması

Bursa ilinde gerçekleştirilen bir başka bilimsel çalışmada ise, kimyasal arıtmadan geçirilen karasuyun evsel atıksularla birlikte arıtılabilmesi üzerine çalışılmış ve destekler yönde sonuçlar bulunmuştur. Çalışmada karasuyun, kentsel atıksularla birlikte arıtıldığında deşarj kriterine inebilecek bir sistemin ortaya konması amaçlanmış olup, söz konusu amaca ulaşmak için önce kimyasal arıtma uygulanmış daha sonrada karasu ile evsel atıksular belirli oranlarda karıştırılarak solunum aktivite değerleri ölçülmüştür. Evsel atıksular ile belirli oranlarda karıştırılan karasuyun biyolojik olarak arıtılabilirliği çalışma sonucunda gösterilmiştir. **“Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Arıtma Sonrası Evsel Atıksularla Birlikte Arıtılabilirliğinin Respirometrik Yöntemle Araştırılması”** başlıklı çalışmada sürekli yöntemle (3-fazlı) zeytinyağı üreten

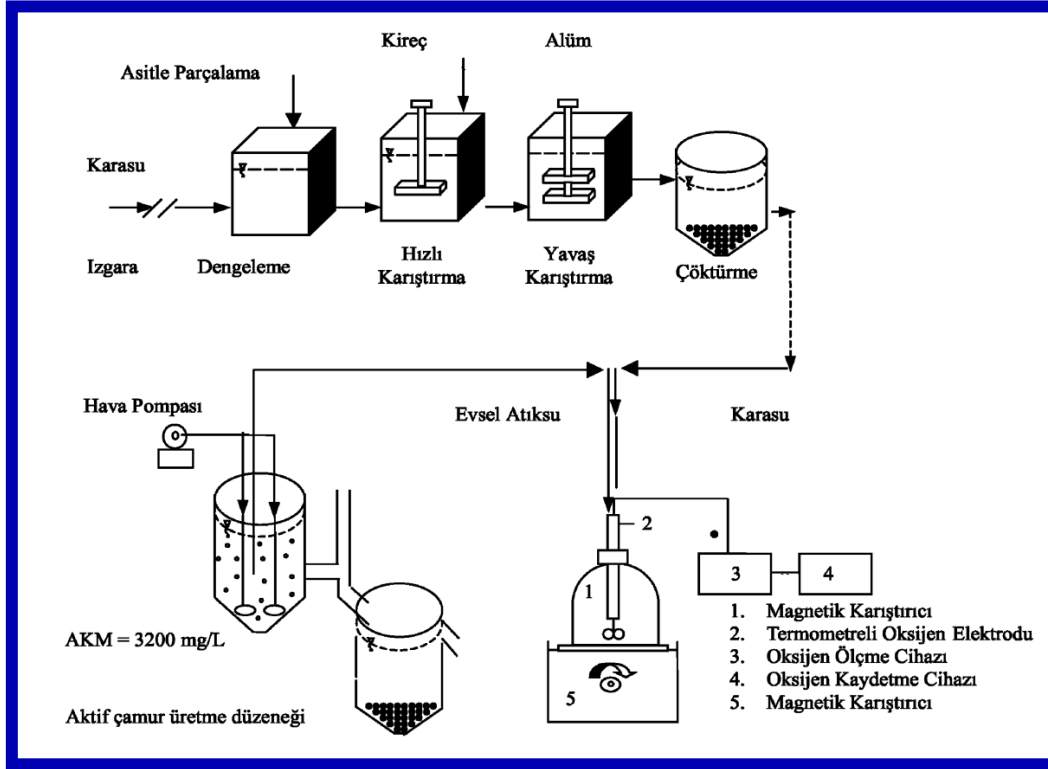
Bursa'daki bir tesisten alınan karasu numuneleri analiz edilmiştir. Alınan karasuyu numuneleri fizikokimyasal arıtmaya tabi tutulduktan sonra evsel atıksularla birlikte arıtılıp arıtilamayacağı respirometrik yöntemle araştırılmıştır.

Söz konusu araştırma kapsamında atık su numunelerinin asitle parçalama, fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları farklı koagülant dozlarında denenmiş, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Askıda katı Madde İhtiyacı (AKM), fenol giderim verimleri incelenmiştir. Çalışmada ayrıca her bir koagülant için optimum dozlar belirlenmiştir. Kimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında en uygun giderme verimleri; **8000 mg/L alüm dozunda** % 69 KOİ, % 74 fenol ve % 87 AKM, **8000 mg/L demir(III) klorür** dozunda % 80 KOİ, % 79 fenol ve % 91 AKM ve **6000 mg/L Ca(OH)₂ dozunda** % 80 KOİ, % 85 fenol ve % 86 AKM olarak tespit edilmiştir.

Ham zeytin karasuyu (KS) ile **evsel aktif çamur (AÇ)** (AKM: 3200 mg/L), 1/1 (h/h), 1/2 (h/h), 2/1 (h/h) (KS/AÇ) hacimsel oranlarında karıştırılmış olup, sırasıyla % 67, % 79 ve % 75 oranlarında solunum aktivite azalması görülmüştür. Kireç, alüm, demir(III) klorür ile arıtılmış karasuyun 1/1 (h/h) ve 2/1 (h/h) hacimsel karışım oranlarında istenilen solunum aktivite verimi sağlanamazken, 1/2 (h/h) karışım oranında sırasıyla; %81, %9 ve %25 mertebelerinde bir solunum aktivite artışı belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda zeytinyağı üretiminden kaynaklanan karasuyun; kireç, alüm ve demir (III) klorür koagülantları ile kimyasal arıtmaya tabi tutulduktan sonra, 1/2 (h/h) karışım oranında biyolojik olarak arıtılabileceği tespit edilmiştir. Kullanılan kimyasallardan demir(III) klorür ve alüm daha düşük oranda verim sağladıkları ve daha pahalı olduklarından, yerlerine **kireç** tercih edilmesinin uygun olacağı ortaya konulmuştur (Kırıl Mert, Kestioğlu, Yalılı Kılıç, 2008).

Şekil 5. Çalışmaya İlişkin Deney Akım Şeması



Kaynak: Kırıl Mert, Kestioğlu, Yalılı Kılıç, 2008.

4.3. Zeytinyağı Fabrikası Atıklarının Enerji Amaçlı Kullanımı

Fosil yakıtlar hem hava kirliliğine sebep oldukları hem de tükenmekte oldukları için alternatif ve temiz enerji kaynaklarına araştırmalar ve teknoloji geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Alternatif enerji kaynakları bulunması doğrultusunda atıklardan enerji eldesi sağlanmasına yönelik çalışmalar da gerçekleştirilmektedir.

Bu kapsamda değerlendirilmek üzere üzerindeki çalışmalar sürdürülen zeytinyağı üretim atıklarından olan pirina, organik içeriği yüksek, enerji değeri linyite yakın, kül miktarı az ve kükürt dioksit emisyonu düşük bir yakıttır. Ancak pirina içeriğinde bulunan uçucu bileşenlerinin yüksek olması nedeniyle klasik yakma sistemlerinde tam yanma gerçekleştirilemediği için karbonmonoksit (CO) ve polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) emisyonları yüksek seyretmektedir. Pirinanın, bir çözücü özellikle hekzan ekstraksiyonu ile yağı alındıktan sonra yakıt olarak kullanılması düşünülmelidir. Pirina özel olarak projelendirilmiş ikincil yakma odasına sahip

tesislerde ya da mevcut sistemlerin yakıt besleme ve yanma havası beslemelerinin uygun hale getirilmesiyle revize edilen tesislerde yakılırsa, temiz bir enerji üretimi sağlayabilecek bir yakıttır.

Enerji üretimine yönelik pirinanın, akışkan yataklı bir yakıcıda **(bir sistemde)** yakılmasıyla ilgili uluslararası sıra-kademeli akışkan ve ulusal birçok çalışma bulunmaktadır. Söz konusu çalışmalarda pirina yalnız kullanılabildiği gibi kaya yağı veya diesel yağı ile birlikte de kullanılabilmektedir. Abu-Quadis tarafından yapılan çalışmada, yalnızca pirinanın yataklı bir sistemde **(kaynayan yatak)** yakılması üzerine çalışılmıştır. Akışkanlaştırıcı vasıta (araç) **kum** olarak kullanılmış olup, oldukça sabit bir yatak sıcaklığı (değişik hava/yakıt oranları için 800-930 0C arası) elde edilmiştir. Yatak sıcaklığındaki sağlanan güzel denge, yatak içindeki yatak malzemesi ile yakıt parçacıklarının iyi bir karışım halinde olduğunu işaret etmektedir. **Yanma verimi** hava hızıyla değişim göstermekle birlikte, yaklaşık olarak **% 85-95** civarındadır. Söz konusu çalışmadan daha detaylı yapılan Abu-Quadis ve Okasha çalışmasında, **diesel yağı ile pirina karışımının** düşey silindirik ve su soğutmalı yakıcı bir sistemde direkt olarak yakılması ile yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, diesel yakıtı içindeki pirinanın **kütle olarak yüzde miktarı** 0 ile 7 aralığında arttırılırken , yanma verimi de artmaktadır. Karışımda pirina yüzdesi ağırlık olarak % 20 olana kadar sabit, kararlı alevler görülmüştür.

Benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile pirinanın elde ediliş kolaylığı, yazarların pirinanın önemli bir enerji kaynağı potansiyeline sahip olduğu kanıya ulaşmalarına yardımcı olmuştur. Cliffe ve Patumsawad, **pirina ile kömür karışımının yanmasına yönelik çalışma yapmışlardır**. Pirina ile kömür akışkan yataklı bir fırında, pirinanın enerji kaynağı olarak kullanılmasını incelemek üzere yakılmış olup, yanma verimi ile CO emisyon analizleri % 100 kömür yakılması sonucu elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Kömür yakan bir akışkan fırında kütlece % 20'ye kadar pirina içeren, pirina+kömür karışımı yakılmış ve yakıt karışımı % 20 pirina içerirken, kömür fırını veriminde **en fazla % 5'lik bir düşme** gözlenmiştir. Yakıt karışımı **% 10 pirina** içerirken, **CO emisyon değeri** % 100 kömür yakılması sonucu elde edilen değerden **düşüktür** (Doğuş Pirina, Biyokütle Olarak Pirinanın Enerji Üretiminde Kullanılması)

Tablo 5.Yakıt Mukayese Cetveli

YAKIT TÜRÜ		KALORİ DEĞERİ	FAYDALI İŞ
Kömür	Linyit Kömürü	5,40 kWh/kg	% 65
	Afrika'dan İthal	6,98 kWh/kg	% 65
	Rusya'dan İthal	8,14 kWh/kg	% 65
Odun	Ocak Odunu	3,14 kWh/kg	% 65
	Ocak Odunu	3,14 kWh/kg	% 85
Elektrik		1,00 kWh	% 99
Doğal Gaz		9,01 kWh/m ³	% 90
Propan-Bütan		12,91 kWh/kg	% 92
Petrol		11,93 kWh/kg	% 75
Çekirdek	Kiraz/Vişne	3,37 kWh/kg	% 87
	Kayısı	3,49 kWh/kg	% 87
Fındık Kabuğu		4,88 kWh/kg	% 87
Çekirdek Pirina		3,70 kWh/kg	% 87
Pirina Peletleri 60kmg		4,30 kWh/kg	% 87

Kaynak: Doğu Pirina, Yakıt Mukayese Cetveli.

Prinanın enerji amaçlı kullanımı, piroliz ve gazlaştırma teknikleri kullanılarak ve yapılan tüm çalışmaların nem içeriğinin %5 civarına düşürülmesinden sonra gerçekleştirilmesi dikkate alınarak **“Zeytinyağı Fabrikası Atıklarının Enerji Amaçlı Kullanımı”** başlıklı çalışmada prinanın kurutulması ve kurutma kinetiğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Aydın yöresinden temin edilen (Ocak, 2003) taze sıkılmış prina örnekleri, 50-110°C sıcaklıklar arasında kabin kurutucuda kurutulmuş ve kurutmanın ısı değer, kül içeriği ile yağ içeriği üzerindeki etkileri üzerine çalışılmıştır.

Fotoğraf 1: Ekmek fırınlarında yakılmak üzere kalıplanmış, güneş altında kurumaya bırakılmış prinalar



Kaynak: Görel, Doymaz ve Akgün.

Aydın ve yöresinde pirina özellikle kalıplanarak güneşte kurutulduktan sonra ekmek fırınlarında yakılmaktadır. Prina, zeytin çekirdekleri ve etli kısımdan meydana gelmektedir. Çalışmada pirina, partikül büyüklüğü ile ilgili hiçbir ön işleme tabi tutulmamış, içinde kalan yağ miktarı ise destile edilmiş hekzan ile Soxhlet ekstraksiyonuna tabi tutularak tespit edilmiştir. Çalışmada, nem ve kül içerikleri ASTM standartlarına uygun olarak tayin edilmiş, ısı değeri ise IKA Calorimeter C 4000 model (Almanya) bomba kalorimetresinde 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilerek ortalama değer alınmıştır. Aşağıda sunulan Tablo 5 incelendiği zaman, pirinanın ısı değerine en büyük katkının **etli kısımdan kaynaklandığı** görülmektedir.

Tablo 6. Pirinanın Özellikleri

Özellikler	%	Isıl Değeri	kcal/kg
Nem İçeriği	44.78	Çekirdek	4674
Yağ İçeriği	12.5	Etli Kısım	5302
Kül İçeriği	1.55	Pirina	5000

Kaynak: Görel, Doymaz ve Akgün.

Çalışmada, 50-110°C sıcaklık aralığında kabin kurutucu kullanılarak yapılan kurutma deneylerine %5 nem içeriğine ulaşıncaya kadar devam edilmiştir. Çalışmada, sıcaklık arttıkça kuruma süresi de azalmış olup, kurutmanın enerji içeriği üzerindeki etkisini görmek amacıyla yapılan ısı değer ölçümlerinde ise hiçbir değişim gözlenmemiştir.

Prinaya uygulanacak ön işlemin enerji içeriğine yönelik katkısını incelemek üzere orijinal prina örnekleri çeşme suyuyla yıkandıktan sonra kurutma işlemine tabi tutulmuş, yıkanıp kurutulan bu örneklerin ısı değerinin arttığı, kül içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, yüksek sıcaklıklarda kurutmanın prina üzerinde gerek ısı gerekse kül içeriği açısından bir fark yaratmadığını buna karşılık zamandan tasarruf sağlanabileceğini göstermiştir. Çalışmada, musluk suyu ile yıkama sonucunda ise kül içeriğinde bir miktar azalma, ısı değerinde ise artma izlenmiştir.

Türkiye'deki mevcut prina rekoltesi yaklaşık 50 MW'lık bir potansiyele sahip olup özellikle ülkemizde üretimde başı çeken Ege Bölgesinde bu konudaki yatırımların teşvik edilmesinin önem taşıdığı değerlendirilmektedir. Düşük kül ve kükürt içerikli bu tür bir yan ürünün yakma dışında ısı bir dönüşüm prosesi kullanılarak en etkin şekilde değerlendirilmesiyle hem ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlanmış olacak, hem de atık miktarı ve depolama alanı ihtiyacı azaltılmış olacaktır. Bu durum çevre kirliliğinin önlenmesi ve kaynakların etkin kullanımı ile doğal kaynaklar üzerindeki baskının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Prinanın yakıt olarak kullanımında bazı avantaj ile dezavantajlar bulunduğu görülmektedir. Üretilen birim enerji başına düşen yakıt maliyetinin birincil yakıtlara göre düşük olması, depolamadan kaynaklanan bir sorun olmaması nedeniyle birkaç sene önceki prinanın dahi kullanılabilmesi, kül içeriğinin (yaklaşık %1.5) düşük olması, atığın tamamen değerlendirilmesi sonucu zeytinyağı üretimi esnasında çıkan depolanacak atık miktarı ve depolama alanı ihtiyacının azalması, yanma sonucu oluşan emisyonların fosil yakıtlara göre daha az olması ve çevrenin korunmasına katkıda bulunulması dikkat çeken avantajlardır.

Ancak üretimin yapıldığı yerlerde kullanılması gerekliliği, farklı bir yerde kullanılma durumunda nakliye masraflarının enerji üretim maliyetine olan olumsuz etkisi, zeytin hasadının mevsimlik olması (Kasım-Mart ayları arasında) sebebiyle üretiminin sürekli olmaması ve yıllık rekoltenin (zeytin meyvesinin yaklaşık 1/3'üne karşılık gelen) “var” ve “yok” yılına bağlı olarak düzensiz seyretmesi pirinanın yakıt olarak kullanımındaki dezavantajlar olarak görülmektedir (Görel, Doymaz ve Akgün).

4.4. Zeytinyağı İşletmeleri Katı (Pirina) ve Sıvı (Karasu) Atıklarından Mikrobiyal Lipaz Üretimi

Zeytinyağı işletmelerinden çıkan katı (pirina) ve sıvı (karasu) atıklarının, enzimatik biyodizel üretiminde kullanılan ve bir hücre-dışı enzim olan lipaz üretimi için besi ortamı olarak değerlendirilmesi üzerine yapılan **“Zeytinyağı İşletmeleri Katı (Pirina) ve Sıvı(Karasu) Atıklarından Mikrobiyal Lipaz Üretimi”** konulu TÜBİTAK Projesinde dört farklı mikroorganizmanın, *Rhizopus oryzae*, *Circinella sp.BIM*, *Streptomyces sp.EUB* ve *Starmerella bombicola* lipaz üretim kapasiteleri üzerine çalışılmıştır.

Çalışma esnasında yapılan denemeler sonucu zeytin karasuyundan lipaz üretimi için en uygun mikroorganizmanın *R.oryzae* olabileceği ortaya konulmuştur. Zeytinyağı İşletmesinden alınan karasu, 1:1 oranında çeşme suyuyla karıştırılmış, içerisine % 1 maya özütü (YE) ve %1 oranında mısır yağı ilavesi yapılarak lipaz üretiminde kullanılmıştır. Erlenlerde en iyi üretimin bu şartlarla elde edilebileceği çalışmada ortaya konulmuştur. 1-, 3- ve 30-litre kapasiteli biyoreaktörlerde gerçekleştirilen üretimlerde artan hava ve karıştırma hızları ile enzim miktarının da arttığı gözlenmiştir. Dolayısıyla karasudan lipaz üretim prosesinde oksijen transferinin önemli olduğu görülmüştür. Elde edilen lipazın +4 ve -20 °C'de depolama kararlılığı ile ilgili denemeler yapılmış, sonuçta 288 saatlik bir depolama süresince enzimin başlangıçtaki aktivitesinin sırasıyla, % 38 ve % 22'sini kaybettiği görülmüştür. Bu sebeple uzun süreli depolamalarda -20 °C'lik bir depolama sıcaklığının daha uygun olabileceğine kanaat getirilmiştir.

Çalışmada gerçekleştirilen saflaştırma işlemi sonucunda, 2750 ml fermantasyon sıvısından amonyum sülfat, Sepharose ve Sephadex kromatografisi ile 38 kat saflaştırmayla, 3160 U/mg spesifik aktiviteye sahip, yaklaşık 8 mg saf lipaz elde edilmiştir. SDS-PAGE metodu sonucu bu lipazın kütlesinin, yaklaşık 30 kDa civarında olduğu tespit edilmiştir. *R.oryzae*'nin kabak lifi ve aljinat taneciklerine immobilizasyonu ile, lipaz üretiminde tekrar kullanılabilirliği incelenmiş, her iki metot ile elde edilen immobilize mikroorganizma ile üretimin üç kez tekrarlanabildiği tespit edilmiştir. Silika jel üzerine immobilize edilmiş lipaz ile metanol ve soya yağından oluşan enzimatik biyodizel reaksiyonunun dönüşümü %35 oranında gerçekleşmiştir. İşletim ve ortam parametrelerinin optimizasyonu ile bu dönüşüm oranının yukarılara çekilebileceği anlaşılmıştır.

Karasu birçok atık maddeyi bünyesinde ihtiva etmekte olup, özellikle polifenolik bileşikler, askıda katı maddeler vb. içerikler biyoprosesi etkileyen en önemli parametrelerdir. Fermantasyon öncesinde karasudan bu bileşiklerden arıtılması, karasuyun havalandırma gibi bazı ön işlemlere tabii tutulması önemlidir. Bununla birlikte, fermantasyon süresince Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), fenol miktarı ile Askıda Katı Madde (AKM) gibi bazı parametrelerin takip edilmesi üretimi ve üretimi etkileyen parametrelerin ortaya konulması açısından yerinde bir yaklaşımdır.

Gerçekleştirilen söz konusu çalışma ile farklı türdeki mikroorganizmaların zeytinyağı işletme tesisi atıkları olan karasu ve pirinayı kullanabilme kapasiteleri araştırılarak, küf türü bir mikroorganizma ile **başarılı bir şekilde bu atıkların katma değeri yüksek bir ürün olan enzim (lipaz) üretiminde substrat kaynağı** olarak kullanılmasının mümkün olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada, maksimum üretim için gerekli optimum şartlar hem klasik hem de istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Yapılan işlemler sonrasında atıklardan saf enzim eldesine kadar olan üretim aşamaları başarılı bir şekilde ortaya konulmuştur. Çalışmanın ilerletilerek **ekonomik boyuta taşınması bölge için** önem taşımaktadır (Elibol vd., 2008).

4.5. Pirinanın Farklı *Pleurotus* Türlerinin Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması

Hızlı nüfus artışı, çevresel sorunlar ve tarım alanlarının azalması nedeniyle dünyanın birçok bölgesinde büyük bir gıda açığı bulunmaktadır. Buna rağmen toplam tarımsal üretimin yarısından fazlası sap, saman, kavuz yaprak, kabuk, koçan ve gıda endüstrisi artıkları/atıkları olarak atılmakta ve değerlendirilememektedir. Lignoselüloz içerikli bitkisel artık ve atıkların bir diğer bertaraf etme yöntemi de yakma olup, söz konusu artık/atıkların doğaya bırakılma veya yakma gibi yöntemler vasıtasıyla uzaklaştırılması hem çevresel sorunlara sebep olmakta hem de doğal kaynakların optimum şekilde kullanılmamasına yol açmaktadır. Lignin ve selüloz esaslı bu maddelerin mikrobiyolojik degradasyon yolu ile parçalanarak protein içeriği yüksek besin maddeleri haline dönüştürülmesi mümkündür. Örneğin, lignoselüloz esaslı her türlü artık ve atık materyal ***Pleurotus* cinsi mantarların** yetiştiriciliğinde “substrat” olarak kullanılabilir. “**Pirinanın Farklı *Pleurotus* Türlerinin Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması**” başlıklı bir çalışmada tarımsal bir artık madde olan pirinanın, ***Pleurotus spp.*** üretiminde kullanım olanağı olup olmadığı araştırılmıştır.

Günümüze değin farklı *Pleurotus* cinsi mantarların üretimi için çok çeşitli atık ve artık maddelerin denenmesine yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Bununla birlikte, pirinanın beş farklı *Pleurotus* türünden herhangi biri için substrat olarak kullanılmasına yönelik bir çalışmaya rastlanılmadığından söz konusu çalışmada pirinanın *Pleurotus sp.* yetiştiriciliğinde kullanım olanakları üzerine çalışılarak, pirinanın çevresel bir tehlike oluşturmadan tüketilmesi ve ekonomik bir katma değer eldesi amaçlanmıştır.

Çalışmada, beş farklı *Pleurotus* türüne (*P.ostreatus*, *P.sajor-caju*, *P.djamor*, *P.eryngii* ve *P.citrinopileatus*) ait **miseller** farklı oranlarda **pirina, buğday samanı, buğday kepeği ve kavak talaşı** içeren dört, pirina içermeyen bir ve sadece pirina içeren bir grup olmak üzere **altı farklı substrata asılanarak** uygun inkübasyon koşullarında misellerin substrat içerisindeki ilerleme hızları düzenli olarak takip edilmiş ve ölçülmüştür. Çalışma süresince, beş farklı *Pleurotus* türü ile asılan substratlar 30 gün süre ile karanlıkta inkübe edilmiş, 5 günlük periyotlar ile substratlardaki misel

ilerleme hızları ölçülmüştür. 30 gün süren inkübasyon süresi sonunda beş farklı *Pleurotus* türüne ait misellerin **% 25 oranında pirina içeren substrat grubundaki** misel **gelişim hızları** diğer kompost gruplarından **yüksek bulunmuştur**.

Çalışma sonucunda sadece pirina içeren ortamda, misel gelişmesinin zayıf olması *Pleurotus spp.* üretiminde kavak talaşı, buğday kepeği ve buğday samanı gibi malzemelerin misel gelişimi için gerekli olduğunu göstermiştir. Organizmalar pirinayı tüm yaşamsal istekleri için kullanamamakta, bununla beraber pirina substrat içerisinde % 25 orana kadar buğday samanının yerini alabilmekte ve misel gelişimini artırıcı özellik göstermektedir. Hem şapka eldesi hem de farklı kullanım alanları için kullanılan substratın mümkün olduğunca kısa sürede **mantar miselleri ile kaplanması** gerekmektedir. Söz konusu çalışmada, % 25 oranında pirina ilave edilmiş geleneksel *Pleurotus* substratı misel gelişimi bakımından en iyi sonuç elde edilmiştir. ***Pleurotus spp.*** yetiştiriciliğinde her türlü tarımsal atık ile artık materyal çok basit işlemlerden geçirilerek kullanılabilmekte olup, bu kapsamda, hemen her yörede bol miktarda bulunan bu artık ve atıkların değerlendirilerek hem ***Pleurotus spp.* gibi ticari açıdan değerli ürünlere** dönüştürülmesi hem ekonomik bir katma değer oluşturulması hem de çevrenin korunması açısından son derece önemlidir. Söz konusu çalışmada pirinanın ana substrata ilavesi ile, zeytinyağı fabrikası yan ürünün, çevreyi kirletmeden yüksek katma değere sahip bir ürüne dönüştürülebileceği ve doğal kaynakların verimli şekilde kullanımına katkı sağlayabileceği gösterilmiştir (Kalyoncu, Kalmış, 2007).

4.6. Balık Yemlerinde Pirina ve Pirina Yağı Kullanımı Üzerine Araştırmalar

Küreselleşme, yenisidünya düzeni, piyasa şartları ve ticari rekabetin gittikçe zorlaşması maliyet düşürücü her türlü çalışmayı, girişimcilerin hedefi haline getirmiştir. Bölgemizde önemli bir ekonomik faaliyet olan su ürünleri yetiştiriciliğinde toplam maliyetin % 60-70'ini yem giderleri oluşturmaktadır. Söz konusu yemlerin yapımında en çok kullanılan hammadde olan balık unu ile soya küspesi, balık yemleri içerisinde en çok kullanılan protein kaynaklarıdır. Bunlar, doğal stoklarının azalması ve yurt dışından getirilmek durumunda kalınması sebebiyle maliyeti etkileyen yüksek fiyatlara ulaşmaktadır. Bu nedenle hazırlanan yem karmalarında balık unu miktarını en alt

düzeye indirebilmek için "Alternatif Protein Kaynakları"nın kullanımı konusunda çalışmalar sürdürülmektedir. Balık yemlerinde kullanılan en önemli yağ kaynağı ise balık yağı olup, balık yemlerinde esansiyel besin maddelerini dengeleyebilmek için yüksek oranlarda balık unu ve yağının kullanılması zorunludur. Yağlar, diğer organik bileşiklere göre çok daha fazla enerji vermekte, yemin lezzetini arttırmakta ve bunlar yemin içerisindeki yağın önemini artırırken maliyeti ile bulunabilirliğini önemli derecede etkilemektedir. Söz konusu maddelerinin yem yapımında yüksek orandaki kullanımı yemlerin fiyatını arttırmakla birlikte ihtiyacı karşılayacak yeterlilikte üretilmemeleri, alternatif yem hammaddelerinin önemini arttırmakta ve bunlarla ilgili çalışmalar yapılmasını zorunlu hale getirmektedir.

Bu çalışmada da yerel, bulunabilirliği yüksek, maliyeti düşük ve zeytinyağı üretim işlemleri esnasında yan ürün olarak meydana gelen **pirina ile pirina yağının** alternatif besin kaynağı olarak yem formülasyonlarına eklenmesi ile balık beslemedeki kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu konu hem **bölgede** su ürünleri yetiştiriciliğinin önemli bir ekonomik faaliyet olması hem de bölgenin zeytin ve zeytinyağı üretiminde başı çeken yerlerden olması sebebiyle önem taşımaktadır (Demirtepe, 2008).

4.7. Pirinanın Tarımda Toprak Düzenleyici Olarak Kullanımı

Pirinanın, toprak üzerine etkilerinin belirlenmesine, bu potansiyelin tarımda değerlendirilmesine, organik bir girdi olarak, tarımda gübre ve toprak ıslah edici madde olarak kullanılmasına ilişkin araştırmalar ile çalışmalar yürütülmektedir. Pirina organik maddece çok zengindir ancak içindeki yağ ve çekirdekteki lignin kolayca humik maddelere dönüşmemektedir. Pirina, özellikle toprak karbon miktarını ve agregat stabilitesini arttırmada önemli bir kaynak olarak kullanılabilirlikle beraber pirina kullanımının bazı dezavantajları da olabilmektedir. Pirina ile ortama verilen karbon (C) kaynağı arttığı için büyük miktarda azot (N) immobilizasyonu oluşabilmekte olup, bu durum bitkiler için gerekli olan N alımı üzerine olumsuz etki yapabilmektedir. Tarımsal atıkların tarımsal amaçlarla değerlendirilmesine yönelik bu tür çalışmalar önemlidir. Söz konusu faaliyetlerin başarılı şekilde uygulanması kimyasal gübre kullanımını azaltacak, bir yandan ekonomik kazanç sağlanırken, bir yandan

atıkların yeniden değerlendirilmesiyle atık bertarafına ilişkin sorunlar yaşanmayacak, diğer yandan ekolojik dengeyi bozmayan çevreye duyarlı toprak düzenleyici materyaller kullanımı ile toprağın sürdürülebilir kullanımı sağlanacaktır.

Pirinanın doğrudan ham ve kompost yapılarak topraklara farklı dozlarda karıştırılması ve bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda zeytin katı atığı ve kompostunun farklı toprak tekstürlerinde toprağın hacim ağırlığına, porozitesine, toprak su tutma karakteristiklerine, su iletkenliği gibi fiziksel özelliklerine etkisi belirlenmekte ve değerlendirme yapılmaktadır. Benzer bir çalışmada pirinanın bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliği değerlendirilerek, test amacı ile domates bitkisi üzerinde denemeler yapılmış ve denemeler sonunda, pirina ve pirina kompostunun bitki ve bitki kök gelişimi üzerine, ayrıca bitki yetiştirilen toprakların bazı fiziksel ile kimyasal özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir.

Pirina ve pirina kompostunun domates bitkisinde bitki ve kök gelişimine etkisinin belirlenmesi için, başlangıçta her saksıya beş adet domates tohumu ekilmiştir. Tohumların çimlenmesi gözlenip tohum ekimini takiben yedinci gün ve on ikinci günde her saksıda çimlenen tohumlar sayılmıştır ve seyreltme yapılarak fidelerden iki adet bırakılmıştır. Ekimden ondört gün sonra tüm saksılarda seyreltme yapılarak bir adet domates fidesi bırakılmıştır. Domatesler belirli periyotlarda sulanarak ekimden iki buçuk ay sonra domateslerde bitki boy uzunluğu, yaprak sayısı, dal sayısı, klorofil ölçümü yapıldıktan sonra domates bitkileri hasat edilmiştir. Hasatdan sonra ise bitki yaş ağırlığı ve etüvde 60 °C .de 24 saat kurutulduktan sonra bitki kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bitkilerin toprak üstü ölçümlerinden ayrı, pirina ve pirina kompostunun bitki kök gelişimine etkisini araştırmak için, hasattan sonra saksılar tam ortadan ikiye bölünerek saksı toprağının yarısı elek yardımıyla yıkanmış ve yıkamadan sonra elek üstünde kalan kökler tarayıcıdan taranarak kök uzunluğu, kök alanı gibi bazı kök parametreleri WinRhizo Basic Programı ile belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar iki ile çarpılarak saksılardaki bitki ve bitki kökünün yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Saksı topraklarının kalan diğer yarısındaki toprak ile de, topraklarının pH, EC, Kireç, %Stabilite, %C, %N, Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) analizleri gibi bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır (Killi, 2008).

4.8. Zeytinyağı Atıklarının Gübre Olarak Değerlendirilmesi

Nüfusun artmasına ve dolayısıyla besin ihtiyacının artmasına rağmen, küresel iklim değişikliği gibi tüm dünyayı etkileyen küresel çevre sorunları, artan çevre kirliliği, doğal kaynaklar üzerindeki baskı, hızlı ve çarpık kentleşme, aşırı ve yanlış tarımsal faaliyetler, zirai ilaçlar ile kimyasal gübrelerin gereğinden fazla kullanımı tarım alanlarının azalmasına neden olmaktadır. Bu durum ülkemizde de yaşanan ciddi bir sorundur. Ülkemiz kendini besleyen ülke konumundan gıda açısından dışa bağımlı bir ülke haline gelmeye başlamıştır. Bu da ülkemizin gıda güvenliğini ciddi anlamda tehdit etmektedir.

Özellikle tarım alanlarında aşırı ve yanlış şekilde kullanılan ticari gübre ve kimyasal ilaçlar sorunu daha fazla tetiklemektedir. Tüm bunlar sonucunda toprak yorulmakta ve verimsiz hale gelmektedir. Üstelik insan ve çevre sağlığı da olumsuz etkilenmektedir. Bu kapsamda hem oluşan organik atıkların değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması hem de atık miktarının azaltılarak depolama alanı miktarının azaltılması önem taşımaktadır. Üstelik kimyasal gübre yerine varolan organik atıkların kullanılması yoluna gidilmesi toprağın korunması, verimliliğine katkı sağlanması ve ekonomik açıdan da fayda sağlayacaktır.

Bu kapsamda zeytin atıklarından organik gübre olarak yararlanılabilmektedir. Zeytinyağı fabrikası atığı olan karasuyun, oluşturduğu çevre sorunlarını gidermek, toprağı yoran ve kirlüten kimyasal gübreler yerine organik gübre alternatifleri geliştirmede kullanılabilmesi üzerine çalışmalar yürütülmektedir (Fırat, 2007).

4.9. Karasuyun Değerlendirilmesine İlişkin Son Gelişmeler

Bir şirket tarafından zeytin kara suyunun içindeki zararlı ve yararlı maddeleri ayırıştırabilen bir makine geliştirilmiştir. Zeytin kara suyundan zeytin özü üretme makinesine patent almak için çalışmalar başlatılmış olup, patentli bir biçimde üretilmeye başlanacak bu makine ile elde edilmesi beklenen zeytin özünden fabrikaların önemli kazançlar elde edileceği şirket yetkilileri tarafından açıklanmaktadır.

Geliştirilen makinenin işletmelere kurulması ile zeytin kara sularının dışarıya verilmeyecek ve kara suyun içindeki zeytin özü çıkartılacaktır. Zeytin özü çıkartıldıktan sonra yeniden ayrıştırılarak ilaç, gıda ve kozmetik sanayii ile birlikte hayvan yemi olarak kullanılması yoluna gidilecektir. Bu makinenin başarı ile çalışması sonucunda, ülkemizde yeni bir pazar oluşması beklenmektedir. İşletme oluşan kara sular fabrika içindeki borularla, oksijenle temas etmeden ayrıştırıcı makineye alınarak işlem yapılmaktadır. Söz konusu makinenin başarı ile çalışması ve başarı sağlandığı takdirde kullanımın yaygınlaşmasının bölgenin zeytinyağı üretimden kaynaklanan atıklara ilişkin sorunlarının çözümünde önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir (Mücadele Gazetesi Haber Sitesi, Zeytin Karasuyu Artık Çevreyi Kirletmeyecek).

Zeytin karasuyuna ilişkin bir başka çalışma ise, arıtma tesislerine yönelik çalışan bir işadami tarafından gerçekleştirilen zeytin karasuyunun arıtımına yönelik çalışmadır. Ar-ge çalışmaları sonucu ile 36 ayrı ekipmandan oluşan bir sistem ile karasuyun içme suyu standartlarına kadar arıtılması sağlanmıştır. Söz konusu sistemin başarı kazanması sonucunda, şirket tarafından Irak, Macaristan ve Fransa'ya devlet ihalesiyle teknoloji transferi yapılmış, aynı tesislerin Irak'ta da kurulması için ön anlaşma gerçekleştirilmiştir. Dünyada zeytin ve zeytinyağı üretimi sonucu ortaya çıkan atık suların arıtılması büyük bir sorun. Özellikle zeytin ve zeytinyağı üretimin yoğun olduğu ülkelerde uzun yıllardır birçok çalışma yapılmasına rağmen karasuyun arıtımı konusunda her yerde uygulanabilecek ekonomik ve etkin bir sistem ortaya konamazken; ülkemiz tarafından üretilen benzer sistemlerin geliştirilmesi, kullanım yaygınlığının sağlanması ve dış pazarlarda satılması ile pazarlama konusunda destek sağlanması önem taşımaktadır.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Zeytin meyvesi, zeytinyağı üretimi ve atıklarının yeniden değerlendirilmesi açısından önemli ekonomik değere sahip bir üründür. Uzun yıllardır sürdürülen zeytin atıklarının değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalar, başta çevre kirliliğinin önlenmesi, alternatif enerji kaynakları bulunması, atıkların yeniden değerlendirilerek doğal kaynaklar üzerindeki baskının hafifletilmesi gibi nedenlerle son yıllarda artırılmıştır.

Bu çalışmada zeytin karasuyu ve pirina üzerine yürütülen araştırma ve çalışmalar sunulmuştur. Aydın, Denizli ve Muğla illerinden oluşan TR 32 Bölgesi ülkemizin önemli zeytin ve zeytinyağı üretim merkezlerindendir. Bölge için zeytinyağı üretim atıklarının bertarafı ve değerlendirilmesi uzun yıllardır sorun teşkil etmektedir. Bu incelemede ele alınan birçok çalışmadan görülebileceği üzere zeytinyağı atıkları enerji eldesinden balık yemi üretimine, ekonomik değeri olan lipaz ve çeşitli mantar türlerinin üretimine kadar farklı alanlarda değerlendirilebilmekte ve karasuyun arıtımına yönelik değişik alternatifler ortaya konulabilmektedir.

Bölgedeki zeytinyağı üretim tesislerinin birçoğu, küçük ölçekli işletmelerdir. Bu kapsamda bu tesislerin atıklarını kendi başlarına bertaraf etmeleri ve/veya değerlendirmeleri etkin, ekonomik ve tesislerin kapasitelerine uygun bir çözüm değildir. Bu kapsamda bölgedeki tesisler coğrafi ve hukuksal olarak bir araya getirilerek **“Zeytin İhtisas Organize Sanayi Bölgeleri”**nin oluşturulması önemli bir adımdır. Ancak bu çalışma gerçekleştirilirken zeytin ve zeytinyağı üretim artışı dikkate alınarak ileriki dönemlerde kurulabilecek işletmeleri dikkate alacak şekilde planlama yapılması gerekmektedir. Organize Sanayi Bölgesinde üretilen atıkların birlikte arıtımının sağlanması, birlikte seçilen değerlendirme yöntemine göre sisteme kazandırılmaları, üretilebilecek enerji ile sanayi bölgesinin enerji ihtiyacının bir bölümü/tamamının karşılanması uygulanabilecek en optimum çözüm olarak görülmektedir.

Tesis kurulmadan önceki aşamada, zeytinyağı işletme atıklarının değerlendirilerek nasıl ekonomik açıdan fayda sağlanabileceği analiz edilmelidir. Bu çalışmada bahse konu olan araştırmaların ekonomik boyuta çekilerek katma değeri yüksek ürünler üretilebileceği ve bölgeye ek gelir kaynakları sağlanabileceği de göz ardı edilmemelidir.

Örneğin bölge su ürünleri yetiştiriciliği açısından (deniz ve iç su) Türkiye'nin en önde gelen illerini bünyesinde barındırmaktadır. Pirinanın, maliyeti oldukça yüksek olan balık yemlerinde kullanılabilmesine yönelik bir çalışmanın başarı kazanması bölge açısından hem atıkların çevreye zarar vermesinin önlenmesi, atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik değerlere dönüştürülmesi açısından üzerinde durulması gereken bir çalışmadır.

Söz konusu inceleme, değerlendirme ve ön çalışmalar yapılırken, Güney Ege Kalkınma Ajansı, İl Çevre ve Orman Müdürlükleri, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ziraat Odaları ile birlik temsilcileri, üniversitelerinin bu alana yönelik çalışan araştırmacıları ve işletmecilerin ortak bir platformda buluşturulması önem taşımaktadır. Faaliyetlerin bilimsel ve teknik gelişmeler paralelinde, bölgeye yeni ekonomik değerler katabilecek şekilde yürütülmesi bölge için gerçekleştirilmesi aciliyet ve önem taşıyan çalışmalardandır. Bu kapsamda Ajansın koordinatör ve katalizör bir kurum olarak önemli bir rolü bulunmakta olup bölgeye katabileceği artıların fazla olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

BİNİCİ ALTINTAŞ, Günnur, “Zeytinyağının Ülkemiz Ekonomisine Katkıları, Sorunları ve Beklentileri”, İzmir Ticaret Odası, AR&GE Bülten Araştırma ve Meslekleri Geliştirme Müdürlüğü, Ağustos, <<http://www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/7475BDA1-95B7-4855-B351-9ADCE4362AFE/5046/gunnurizeytinyagi.pdf>>, 08.11.2010.

T.C. Doğu Akdeniz Zeytin Birliği, Akdeniz Bölgesinde Zeytinciliğin Bugünkü Durumu & Öneriler, Dünyada ve Türkiye’de Zeytinyağı ve Sofralık Zeytin Üretimi Tahmini Değerleri.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Bölgesel Göstergeler, 2009.

ARDIÇ, İlker, Ters Ozmos Zeytin Karasuyu Arıtma Tesisi, Çevre Yönetim Merkezi Makine Taşıma Teknolojileri İnş. Tarım. End.San. Tic. Ltd.Şti., Kasım 2009.

KIRVELİ, Ş., Biyokütle Enerji Kaynağı Olarak Pirinanın Doğrudan Yakılmasında Klinoptilolit Kullanımının Isıl Davranış ve Emisyon Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi, Ege Üniversitesi, 2007.

ŞENGÜL, Fusün vd., Zeytin Karasuyu Arıtımı Projesi, EBSO Projesi Kapsamındaki Zeytinyağı İşletmeleri İçin Durum Tespiti, Karasuyu Karakterizasyonu, Karasu Arıtılabilirlik Çalışmaları ve Sonuçları, İzmir, Kasım 2003.

Doğuş Pirina, “Biyokütle Olarak Pirinanın Enerji Üretiminde Kullanılması”, < <http://www.dogusprina.com/biyokutle.php> >, 27.01.2011.

Doğuş Pirina, Yakıt Mukayese Cetveli, <<http://www.dogusprina.com/ym.html>>, 27.01.2010.

KİLLİ, Dilek, Zeytin Katı Atığı (Pirina)nın Toprak Kalitesi Üzerine Etkileri ve Tarımda Toprak Düzenleyici Olarak Kullanım Olanakları, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 2008, Çanakkale.

GÖREL, Özün; DOYMAZ, İbrahim, AKGÜN, Nalan A., "Zeytinyağı Fabrikası Atıklarının Enerji Amaçlı Kullanımı", Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü.

Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, "Zeytinyağı Teknolojisi/Zeytinyağı Üretimi ve Akım Şeması", <<http://www.zae.gov.tr/zeytinyagi/akim.gif>>, 20.10.2010.

Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Zeytinyağı Teknolojisi/Zeytinyağı Yan Ürünleri, <<http://www.zae.gov.tr/zeytinyagi/7.asp>>, 20.10.2010.

FIRAT, Jülide, Zeytinyağı Fabrikası Atığı Olan Karasuyun Mısır Bitkisinin Yetiştiriciliğinde Gübre Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Adnan Menderes Üniversitesi, Tez, 2007.

ELİBOL, Murat; YAŞA, İhsan; KARAÇANCI, Şevket; ÇOBAN, Işık; ÖZSOY, Güneş, Zeytinyağı İşletmeleri Katı (Pirina) ve Sıvı (Karasu) Atıklarından Mikrobiyal Lipaz Üretimi, Proje No: 106M464, Ağustos 2008, İzmir.

KURTULUŞ, Esra, "Prinanın Bir Yakıt Olarak Kullanımı ve Eldesi", Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Doç.Dr. Mustafa İLBAŞ, Makine Mühendisleri Odası, Editörler: Yrd. Doç. Dr. Şükrü SU, Yayın No: E/2003/330, EKİM 2003, Kayseri.

ÖCAL, Arzu, Zeytinyağı Atıksuyu ve Pirinanın Bitki Yetiştirilmesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2005.

KIRIL MERT, Berna; KESTİOĞLU, Kadir; YALILI KILIÇ, Melike, "Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Arıtma Sonrası Evsel Atıksularla Birlikte Arıtlabilirliğinin Respirometrik Yöntemle Araştırılması", Ekoloji, 17, 66, 39-46, 2008.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Prina Yağı, Gıda Teknolojisi MESEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Ankara, 2007.

AKIN, Sebahat, "Biyokütle Olarak Pirinanın Enerji Üretiminde Kullanılması", Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Balıkesir; <http://www.emo.org.tr/ekler/17c99c4861918e5_ek.pdf>, 20.10.2010.

BAŞKAYA, Hüseyin S.; KOCAER, F. Olcay; UÇAROĞLU, Selnur, "Karasuyun Arazide Arıtım Yöntemiyle Bertarafı", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, 2004.

ÖZGÜR SOY, Savaş, Hatay İlinde Zeytin ve Zeytinyağı Sektörünün Ekonomik Analizi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 2006.

KALYONCU, Fatih, KALMIŞ, Erbil, "Pirinanın Farklı *Pleurotus* Türlerinin Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması", BAÜ FBE Dergisi, Cilt:9, Sayı:2, 87-92, Aralık 2007

DEMİRTEPE, Murat, Balık Yemlerinde Pirina ve Pirina Yağı Kullanımı Üzerine Araştırmalar, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2008.

Zeytinlik, "Muğla'da Avrupa Standartlarının Üzerinde Zeytinyağı Üretiliyor", 09 Ocak 2008, <<http://zeytuni.blogspot.com/2008/01/mulada-avrupa-standartlarnn-zerinde.html>>, 25.01.2011.

Bursa Hakimiyet, "Büyük Buluş", <<http://www.bursahakimiyet.com.tr/haberDetay.aspx?hid=3145>>, 20.10.2010.

Aydın Yerel Haber Mücadele Gazetesi Haber Sitesi, "Zeytin Karasuyu Artık Çevreyi Kirlletmeyecek." S. 6254, 18.10.2010 , <<http://m.mucadele.com.tr/>>, 18.10.2010.