

Mısır işleme endüstrisinde kirlilik profili ve atık azaltımı yaklaşımı

M. Evren ERŞAHİN^{*1}, B. Hande TEZER, İzzet ÖZTÜRK¹, Cem BİLGE²

¹İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

²CARGILL, Karapınar Mevkii, Orhangazi, Bursa

Özet

Bu çalışmada Marmara Bölgesi'nde faaliyet gösteren büyük bir mısır işleme endüstrisi için kirlenme profili oluşturularak, çeşitli atık azaltım önerileri getirilmiştir. Bu amaçla söz konusu tesiste oluşan atıksu kaynak ve miktarları ile atıksu dışındaki atıkların tür, miktar ve özellikleri incelenmiştir. Tesiste üretim sürekli olup, ıslak öğütme ve rafineri olmak üzere iki temel proses mevcuttur. Tesisin üretim kademesindeki her bir işlem esnasında oluşan kirlilik konsantrasyonu belirlenerek kirlilik profili oluşturulmuştur. Endüstrinin biyolojik ve kimyasal kısımdan oluşan üç kademeli ileri atıksu arıtma tesisinin verimi ile deşarj suyunun kalitesi incelenerek ulusal ve uluslararası deşarj standartlarıyla kıyaslanmıştır. Kirlenme profilinin oluşturulmasında 2004-2005 dönemine ait bir yıllık kompozit numune bazlı analiz sonuçları dikkate alınmıştır. Kirlenme profili için KOİ yükü, deşarj suyunun değerlendirilmesinde ise KOİ, amonyak, nitrat, toplam fosfor ve askıda katı madde parametreleri incelenmiştir. Tesis için oluşturulan kirlenme profili incelendiğinde birim ürün başına oluşan atıksu miktarının rafineri prosesinde literatürle uyumlu olduğu; ıslak öğütme prosesinde ise literatür değerinin üstünde olduğu görülmüştür. Birim ürün başına KOİ yükleri incelendiğinde ise tesis değerlerinin literatür değerinin altında kaldığı görülmüştür. Atıksu oluşumu ve kirlilik açısından en önemli payı ıslak öğütme prosesinde yer alan evaporatör kondanse suyu oluşturmaktadır. İşletmenin arıtma tesisi performansına bakıldığında ise çıkış suyu değerlerinin ilgili ulusal ve uluslararası yönetmelik limitlerini rahatlıkla sağladığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık azaltımı, ileri atıksu arıtımı, kirlenme profili, mısır işleme endüstrisi.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Mustafa Evren ERŞAHİN. ersahin@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 67 87.

Bu makale, 07-09 Haziran 2006 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenen 10. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumunda sunulan bildirilen arasından, İTÜ Dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü dergisinde basılmak üzere seçilmiştir. Makale metni 12.09.2006 tarihinde dergiye ulaşmış, 19.10.2006 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.03.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Pollution profile and waste minimization study for a corn processing industry

Extended abstract

Products such as starch, gluten, glucose, dextrin, fructose etc. can be obtained from corn processing. Corn based glucose products are key ingredients in the growing international markets. As the intermediate products, the vegetable oil is bought by catering factories, protein and whole-wheat are bought by the farmers for animal feed, and fructose obtained from the starch is bought by food processing industries for sweetening and beverage. Effluent from corn milling industry is known as high strength wastewater due to its high protein and starch content. Wastewater from corn wet mill industries has high COD's (chemical oxygen demand) mainly of soluble and biodegradable character, with an initial inert COD content of less than 15%. This character has promoted the application of biological processes as appropriate treatment technology. Anaerobic and/or aerobic biological treatment systems have been used to treat these types of effluents.

In this paper, a pollution profile study for a corn processing industry located in Marmara Region as 21 ha was performed and some waste minimization approaches were proposed. For this purpose, the sources and the quantities of wastewater and other types of wastes generated in the industry were investigated. Around 264000 tons of corn are processed and 997000 tons of water are used annually in the investigated industry. The mean specific water usage can be calculated as about 3.8 m³/t-corn including regeneration and washing waters. The studied industry has a three-stage advanced wastewater treatment plant (WWTP) including anaerobic expanded granular sludge bed reactor (EGSB), intermittently aerated single sludge activated sludge system for biological nitrogen (N) removal and chemical post treatment unit for phosphorus (P) removal. Simultaneous C and N removal is achieved by the aerobic treatment stage. Chemical P removal has been performed by using FeCl₃ as the coagulant in the third stage. The final effluents from the WWTP are discharging to a nearby creek.

The related corn processing plant has two main production steps including wet mill and starch slurry production. In the wet mill process, corn germ, fiber, gluten and starch slurry are produced from corn by steeping. The starch slurry is further processed to

produce glucose, fructose and dextrin in the starch slurry derivatives units.

Efficiency of the existing three stage advanced wastewater treatment plant and the quality of effluents from the WWTP were investigated and compared with national and international discharge standards. One year data set (2004-2005) was considered to generate the pollution profile. All analytical measurements have been carried out by APHA standard methods at the wastewater laboratory of the industry. Control analyses have also been performed by Environmental Engineering Department of Istanbul Technical University on monthly basis. COD parameter for the pollution profile and parameters including COD, ammonium, nitrate, total phosphorus, suspended solids and pH were considered for the evaluation of effluents from the WWTP. The identified three wastewater sources from the wet mill process and seven wastewater sources from refinery process were characterized and the pollution profile was generated. The pollution profile have shown that the amount of wastewater generated per ton of raw material in the refinery process is consistent with the related literature, however in wet milling process the corresponding value is above the literature figure. The COD loading values are also in agreement with the previous works. According to pollution profile, wastewater generation and pollutant loads as COD are mainly originated from evaporator vapor condensate. The efforts should be on the way to minimize the pollution loading and wastewater generation of this process. Some advices were given for this purpose in the study. For example, recycled cooling water from evaporator may be treated by mechanically instead chemical treatment to reduce energy and water consumptions in the plant.

The quality of the final effluent meets the discharge limits of Aquatic Products and Water Pollution Control Regulations of Turkey and European Union (EU) Urban Wastewater Directive for Sensitive Regions. The whole WWTP has been operated very successfully and it is one of the best plants in this sector. The biosolids from the WWTP is planning to produce compost by mixing the residual corn wastes by applying windrow composting.

Keywords: Advanced wastewater treatment, corn processing industry, pollution profile, waste minimization.

Giriş

Mısır işleme proseslerinde esas olarak mısır parçalanarak, çeşitli bileşenlerine ayrılmakta ve bu bileşenler yiyecek endüstrisi ve diğer endüstrilerde kullanılmak amacıyla uygun hale getirilmektedir (Anderson ve Watson, 1982).

Bu çalışmada incelenen mısır işleme tesisinde, mısır işlenerek gıda sektöründe kullanılan ara ürünler elde edilmektedir. Söz konusu tesiste işlenen mısırın tamamı değerlendirilmektedir. İşlenen mısırdan mısırozü, protein, kepek ve nişasta üretilmektedir. Bu ürünlerden kepek ile mısır proteini (gluten) yem üreticilerine, mısır özü yemeklik yağ fabrikalarına, nişasta sütü, fruktoz ve dekstroz (tatlandırıcı) ise gıda sektörüne verilmektedir.

Tesiste yılda 264000 ton mısır işlenmekte ve yılda ortalama 997000 ton su kullanılmaktadır. Verilere göre tesisteki ortalama birim su kullanımını $3.8 \text{ m}^3/\text{ton}$ mısır'dır. Tesiste 3 kademeli ileri atıksu arıtma tesisi mevcuttur. Arıtma tesisi başlıca; anaerobik genleşmiş granüler çamur yataklı reaktör, azot giderimi için kesikli havalandırılmalı aktif çamur sistemi ve fosfor giderimi için kimyasal son arıtma ünitelerini içermektedir. Fosfor giderimi için 3. kademede koagülan olarak FeCl_3 kullanılmaktadır. Arıtma tesisi çıkış suyu Avrupa Birliği Hassas Bölgeler Yönetmeliği (EEC, 1991) limitini sağlamaktadır.

Üretim bilgileri

İncelenen tesis, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY, 2004) belirtilen sınıflandırmaya göre Gıda Sanayi kategorisinin Şeker Üretimi ve Benzerleri altkategorisine (Ek A, Tablo 5.11a) girmektedir.

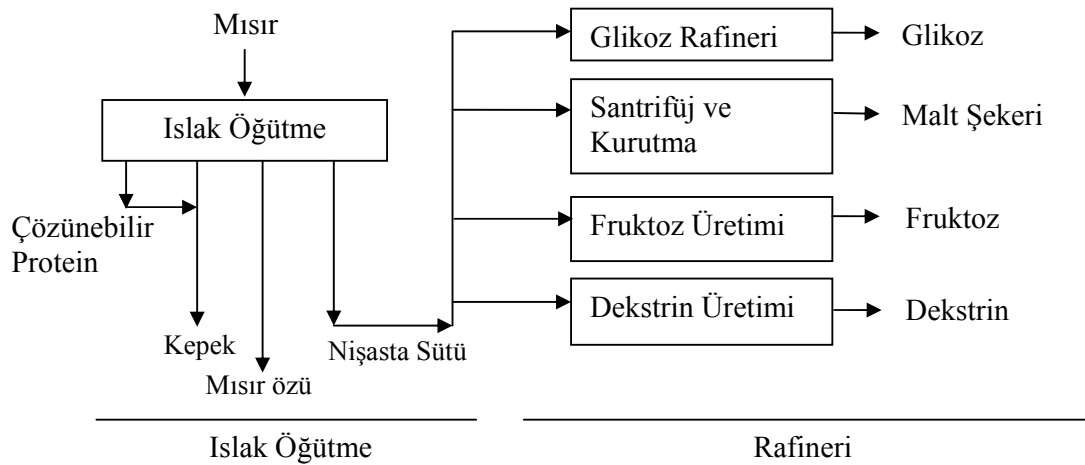
Tesiste üretim sürekli olup, ıslak öğütme (wet mill) ve rafineri olmak üzere (Şekil 1) iki temel proses mevcuttur (Erşahin, 2005).

Islak öğütme prosesi

Islak öğütme, mümkün olduğunca saf nişasta sütü ve yan ürünler elde etmek için mısırın, ters akışlı olarak sisteme verilen proses suyu yardımı ile bileşenlerine ayrılmasıdır. Öğütme tanklarında yumuşatılan mısır, kırma değirmenleri vasıtasıyla öğütülerek, mısırın içerisinde bulunan mısır özü, kepek, nişasta ve proteinin (gluten) birbirlerinden ayrılması sağlanmakta ve mısırın yumuşatılması (masarasyon) sırasında masarasyon suyu oluşmaktadır (Öztürk vd., 2005).

Rafineri prosesi

Rafineri prosesinde süt kıvamındaki nişastanın molekülleri arasındaki bağlar, sıcaklık ve katalizörler yardımıyla parçalanarak fruktoz ve dekstroz elde edilmektedir (Öztürk vd., 2005).



Şekil 1. Mısır işleme tesisinin üretim akış şeması

Rafineri prosesinde ilk olarak, ıslak öğütme kademesinde elde edilen nişasta sütü karıştırma tankına pompalanarak kostik (NaOH), kireç sütü ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ve alfaamilaz enzimi (AA) ile su buharı ilave edilmektedir.

Yüksek buhar basıncıyla nişasta moleküllerinin parçalandığı mekanik parçalama tankından geçen ürün sakkarifikasyon ünitesine gelmektedir. Daha sonra ürün, önceki işlemler esnasında kullanılan enzimlerin inaktive edilmesi ve bu işlemler esnasında oluşan ve safsızlık oluşturan yabancı maddelerin giderilmesi için saflaştırma tankına iletilmektedir. Dekstroz demineralizasyon tankında ürün içindeki istenmeyen maddeler, iyon değişimi yoluyla hidrojen iyonları ile yer değiştirmekte ve adsorbsiyon sonucu uzaklaştırılarak dekstrin üretilmektedir. Sonraki aşama olan izomerizasyon ünitesinde ise dekstroz monosakkaritleri fruktoz monosakkaritlerine dönüştürülmektedir. Bu işlemin ardından prosep aşamasında fruktoz diğer şekerlerden ayrılmaktadır. Prosep çıkışı ürün şeker karıştırma tankında, evaporasyondan çıkan ve % 70-72 toplam katı madde oranına sahip ürün ile karıştırılmakta ve depolanmaktadır.

Atıksu kaynak ve miktarları

Tesisin ıslak öğütme kademesinde yılda yaklaşık 700000 ton, rafineri prosesinde ise 134000 ton su kullanılmaktadır.

Islak öğütme prosesi göz önüne alındığında 3 kaynaktan atıksu oluştuğu görülmektedir. Bu kaynaklar; masarasyon sonrası evaporatörde oluşan kondanse atıksuyu, evaporatör yıkama suyu ve öğütücü yer yıkama sularıdır. Mısır özü ve kepek üretimi esnasındaki yıkama ve kurutma işlemleri gibi faaliyetler sonucunda oluşan kullanılmış sular ise sistem içinde geri döngü ile (genellikle masarasyon tankında yumuşatma amacıyla) yeniden kullanılmaktadır. Öğütme sırasında kullanılan su zengin çözünür protein içermesinden dolayı daha sonra evaporatörlerde konsantrasyonu artırılarak, kepeğe protein katkısı sağlayacak şekilde ilave edilmektedir.

Islak öğütme prosesinde yer alan ve atıksu oluşumu açısından önemli olan kaynaklar ve oluşan atıksu miktarları Tablo 1’de verilmektedir.

Rafineri prosesinde ıslak öğütmeye göre daha fazla atıksu kaynağı bulunmaktadır. Konversiyon, döner tambur filtrasyonu, karbon fırın, Dx ve Fx demineralizasyon rejenerasyon ve yer yıkama ile dolmuş olmak üzere 7 farklı noktadan atıksu oluşmaktadır. Rafineri prosesi için atıksu kaynak ve miktarları Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 1. Islak öğütme kademesi atıksu kaynak ve miktarları

Kaynak	Atıksu miktarı	
	(m ³ /gün)	(m ³ /ton mısır)
Evaporatör kondanse suyu	400	0.40
Evaporatör yıkama suyu	168	0.168
Öğütücü yıkama suları	72	0.072
Toplam	640	0.64

Tablo 2. Rafineri kademesi atıksu kaynak ve miktarları

Kaynak	Atıksu miktarı	
	(m ³ /gün)	(m ³ /ton mısır)
Konversiyon	168	0.28
Döner tambur filtrasyonu	48	0.08
Karbon Fırın	216	0.36
Dx demineralizasyon rejenerasyon suyu	144	0.24
Fx demineralizasyon rejenerasyon suyu	72	0.12
Fx 55 filtrasyon suyu	72	0.12
Dolmuş ve diğer yıkama suları	84	0.14
Toplam	804	1.34

Atıksu arıtma tesisine ıslak öğütme ve rafineri proseslerinde oluşan atıksuların dışında, yardımcı ünitelerden gelen atıksular ile yemekhane atıksuları da verilmektedir. Yardımcı üniteler olarak adlandırılan birimler; kazan ve soğutma kulesidir. Vakum pompalarının atıksuları prosesle temas etmediğinden bu bölüme dahil edilmiştir. Tablo 3’te proses dışı oluşan atık suların kaynak ve miktarları yer almaktadır.

Evsel atıksu tesisteki sosyal binalardan kaynaklanmaktadır. Tesiste toplam 130 kişi çalışmaktadır. Kişi başına su tüketimi 50 L/gün esas alınarak, tesiste oluşan toplam evsel nitelikli atıksu miktarı 6.5 m³/gün hesaplanmıştır.

Tablo 3. Proses dışı atıksu kaynak ve miktarları

Kaynak	Atıksu miktarı (m ³ /gün)
Kazan blöf suları	
Yumuşatıcı	1.92
Ters osmoz	264
Kazan	14.4
Soğutma kulesi	46
Vakum pompaları	
Islak öğütme	120
Rafineri	48
Evsel atıksu	6.5

Atıksu karakterizasyonu

Mısır işleme üretim tesislerinde oluşan atıksular yüksek oranda protein ve nişasta içerdiğinden organik kirlilik yükü yüksek (kuvvetli) atıksular olarak nitelendirilmektedir (Övez vd., 2001).

Ayrışabilir organik madde yüzdesi yüksek olan (% 80-85) bu atıksularda istenilen atıksu kalitesi, biyolojik arıtma ve/veya kimyasal arıtma uygulanarak sağlanabilmektedir. Bu amaçla hem anaerobik hem de aerobik arıtma teknolojileri uygulanabilmektedir (Blanchard, 1992; Howgrave-Graham vd., 1994).

Bu çalışmada incelenen tesisin ıslak öğütme, rafineri ve diğer ünitelerinden gelen atıksuyun karakterizasyonu Tablo 4'te, KOİ bazlı kirlenme profili ise Tablo 5'te verilmektedir. Kirletici yüklerin belirlenmesinde; endüstrinin su kullanımına göre öncelikleri incelenmiş, atıksu oluşumu ve kirletici özellikleri bakımından önemli olan prosesler için değerlendirme yapılmıştır. Atık yüklerinin hesabına esas olacak kirletici parametreler tesisten alınan bilgiler ve literatür araştırması sonucunda belirlenmiştir. Yapılan analizler Standart Metotlar'a (APHA, 1998) göre tesisin atıksu laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kontrol analizleri ise aylık olarak İTÜ

Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Tesise ait atıksu karakterizasyonu

Kaynak	Parametreler		
	KOİ (mg/L)	TKN (mg/L)	pH
Islak Öğütme			
Evaporatör Kondanse Suyu	5200	4	3.5-4
Evaporatör Yıkama Suyu	2340	200	3.5-4
Öğütücü Yıkama Suyu	2480	200	6.5-7
Rafineri			
Konversiyon	500	12	3.5-4.5
Döner Tambur Filtrasyonu	1000	-	-
Aktif Karbon Geri Kazanma Suyu	1750	4	6-7
Dx Deminer. Rej. Suyu	2250	205	3.5-4
Fx Deminer. Rej. Suyu	2250	44	3.5-4
Fx 55 Filtrasyon Suyu	2300	15	8
Dolum ve diğ. yıkama suyu	3000	7	5
Diğer			
Yumuşatıcı	30	4	8
Kazan			
Ters Osmoz	50	5	7.5
Kazan	80	10	11
Vakum			
Öğütücü	500	5	7
Pomp.			
Rafineri	500	9	7
Soğutma Kulesi	150	4	8
Evsel Atıksu	250	20	-

Literatür ile karşılaştırma

Literatürde mısır işleme endüstrisi için verilen değerler Tablo 6'da yer almaktadır. Tablo 6'dan görüldüğü gibi incelenen mısır işleme tesisi ıslak öğütme prosesinde oluşan atıksu miktarı 0.64 m³/ton mısır iken, literatür değeri 0.475 m³/ton mısır'dır.

Tablo 5'ten de görüldüğü üzere, ıslak öğütme kademesinde en önemli atıksu kaynağı evaporatör kondense suyudur. Bu üniteden kaynaklanan hem kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) konsantrasyonu hem de atıksu miktarı, evaporatör ve yer yıkama sularının değerlerine nazaran çok yüksektir. Dolayısıyla bu üniteye atıksu oluşumunun minimize edilmesi gerekmektedir.

Tablo 5. Kirlenme profili

Kaynak	Atıksu Oluşumu			KOİ	
	m ³ /gün	m ³ /ton-mısır	mg/L	kg/gün	kg/ton-mısır
<i>Islak Öğütme</i>					
Evaporatör Kondanse Suyu	400	0.400	5200	2080	2.08
Evaporatör Yıkama Suyu	168	0.168	2340	393	0.39
Öğütücü Yıkama Suyu	72	0.072	2480	179	0.18
Toplam	640	0.64	4140	2652	2.65
	m ³ /gün	m ³ /ton-fruktoz	mg/L	kg/gün	kg/ton-ürün
<i>Rafineri</i>					
Konversiyon	168	0.28	500	84	0.14
Döner Tambur Filtrasyonu	46	0.08	1000	48	0.08
Aktif Karbon Geri Kaz. Suyu	216	0.36	1750	378	0.63
Dx Demin. Rej. Suyu	144	0.24	2250	324	0.54
Fx Demin. Rej. Suyu	72	0.12	2250	162	0.27
Fx 55 Filtrasyon Suyu	72	0.12	2300	166	0.28
Dolum ve diğer yıkama suları	84	0.14	3000	252	0.42
Toplam	804	1.34	1755	1411	2.35
Genel Toplam	1444	1.98	2810	4060	

Tablo 6. İncelenen tesisin atıksu oluşum ve KOİ değerlerinin literatür değerleri ile karşılaştırılması

Parametre	Atıksu Kaynağı	Birim	Tesis Değeri	Literatür Değeri*
<i>Atıksu miktarı</i>	Islak Öğütme	m ³ /ton-mısır	0.64	0.475
	Rafineri	m ³ /ton-ürün	1.34	1.75
<i>KOİ yükü</i>	Islak Öğütme	kg/ton mısır	2.62	3.36
	Rafineri	kg/ton-ürün	2.35	8.75
<i>Toplam KOİ</i>	Islak Öğütme & Rafineri	mg/L	2810	4850

*Övez vd., 2001.

Rafineri prosesinde ise ürün başına oluşan atıksu miktarı literatürde verilen değerlerin altında kalmıştır. Literatür değeri 1.75 m³/ton ürün iken incelenen tesisin rafineri prosesi için bu değer 1.34 m³/ton ürün'dür. Rafineri prosesinde atıksu oluşumu açısından öne çıkan diğer kaynaklar; aktif karbon geri kazanma suyu, konversiyon atıksuyu ve Dx demineralizasyon atıksuyudur.

Ürün başına oluşan atıksuyun kirlenme profilini KOİ açısından incelendiğinde, incelenen tesisin rafineri kaynaklı atıksu KOİ değeri literatür değerinin oldukça altında kalmaktadır.

Islak öğütme prosesinde de KOİ konsantrasyonu literatür değerinin altında kalmaktadır. Bu süreçte de yine kirlilik açısından en önemli payı evaporatör kondense suyu oluşturmaktadır. Çünkü hem bu üniteden kaynaklanan KOİ konsantrasyonu 5200 mg/L hem de oluşan atıksu

miktarı 400 m³/gün olup diğer kaynaklardan oldukça yüksek değerdedir.

Tablo 6'da verilen toplam KOİ konsantrasyonları için bir karşılaştırma yapıldığında tesisin KOİ değerinin literatür değerinden düşük olduğu görülmektedir. Tablo 5'ten de görüldüğü üzere tesisin genelinde KOİ konsantrasyonunun en yüksek olduğu kaynaklar evaporatör kondense suyu ve rafineri prosesinde dolum ile yer yıkama sularıdır. Bu sebepten dolayı yer yıkama sularından kaynaklanan yüksek KOİ konsantrasyonunu ve bunun sonucu ürün kaybının önüne geçmek gerekmektedir.

Diğer atıklar

Tesiste üretim sonucu, atıksu oluşumunun yanı sıra katı atıklar ve arıtma çamurları da oluşmaktadır. Oluşan bu atıkların büyük kısmı düzenli depolama alanına ve geri dönüşüm tesisle-

rine, çok az bir miktarı ise yakma tesisine gönderilmektedir. Tablo 7’de bu atıkların türlerine göre yıllık oluşum miktarları ve uzaklaştırma/geri kazanma yöntemleri toplu halde görülmektedir.

Tablo 7. Tesiste oluşan diğer atıkların tür, miktar ve uzaklaştırma yöntemleri

Uzaklaştırma/ Geri Kazanma Yöntemi	Atık Türü	Toplam Yıllık Atık Miktarları (ton)
Düzenli Depo- lama Tesisi	Evsel katı atıklar	114
	Proses atıkları	308
	Prekot çamuru	155
	Mısır koçanları	125
	AAT çamuru	850
Atık İşleme Sektörü	Metaller	21.26
	Karton kutular	0.4
	Plastik kaplar	1.8
	IBC *	3.15
	Bigbag *	4.75
	Tahta paletler	11.35
Yakma Tesisi	İşlenmiş çamur	54
	Atık yağlar	2.526
	Yağlı bezler	1.1

* IBC: 1 m³’lük plastik kafesli bidonlar
Bigbag: 1 m³’lük torba ya da çuval

Mısır işleme endüstrisinde kirlilik önleme ve kontrol

İncelenen tesisteki başlıca kirlilik önleme uygulamaları;

- hava nemini kontrol edip, izleyerek yenilebilir materyallerde çürüme oluşumunu önlemek,
- daha iyi üretim kontrolü ile ürün kayıplarını azaltmak,
- temiz bir çalışma yeri, ürün geri kazanımı ve hava emisyonlarının kontrolü için toz tutucular kullanmak,
- temizleme kimyasallarını ve su kullanımını optimize etmek,
- soğutma sularını üretim hattında geri döndürmek suretiyle proses içinde yeniden kullanılmak,
- sürekli örnekleme ve önemli üretim parametrelerini ölçmek, bu sayede üretim kayıplarını tanımlamak ve azaltmak,

ana başlıklarında odaklanmaktadır. Buna göre incelenen tesiste atık azaltılmasına yönelik olarak aşağıdaki yaklaşımlar öngörülmektedir:

- Dekstroz prosesinde kullanılan katyon değiştirici reçineler, reçine rejenerasyon suyunun oluştuğu ürünleri tutmak amacıyla tuzlu (brine) bir çözelti ile işleme tabi tutularak, istenmeyen bir ürün olan jips oluşumunu önlemek.
- Karbonhidrat içeren iyon değiştirici reçinelerin rejenerasyon sularının atıksu arıtma tesisine gönderilmesi yerine yakında bulunan hayvan çiftliklerine verilmesidir.
- Temizleme işlemi bittikten sonra açık bırakılan hortumlar önemli oranda su kaybına neden olduğundan, aç-kapa musluk düzenlenmesi ile toplam su tüketiminin azaltılması ve böylece çıkış hidrolik yükünün minimize edilmesidir.
- Başlangıç kuru temizleme işlemi öncesi, yüzey temizlemek için yüksek basınçlı, düşük hacimli su jeti veya sprey kullanımı ile zemin yıkamalarda su tüketiminin azaltılmasıdır.
- Kimyasal solvent yerine biyolojik olarak parçalanabilen ürünlerin kullanılmasıdır.
- Arıtma çamurlarının stabilize edildikten sonra, yan ürünle karıştırılıp satılmasıdır.
- Islak öğütme ve rafineri yer yıkama sularının proses içindeki çeşitli kademelerde geri devirli olarak kullanılması ve ızgaralarla kaba partiküllerin tutularak hayvan yemine katılmasıdır.
- Mısırın, ozon ile masarasyon işlemine tabi tutulmasıyla işlemde tehlikeli madde sınıfına giren sülfür kullanımı azaltılacak veya tamamen ortadan kaldırılacaktır. Bunun sonucunda da mısırdan elde edilecek ürünler daha güvenli şartlarda üretilmiş, çalışma koşulları ve çevre kalitesi iyileştirilmiş olacaktır (Ruan vd, 2003).
- Evaporatör/kondansatörlerde kullanılan geri devirli soğutma sularının arıtımının kimyasal yöntemler yerine mekanik arıtma ile yapılmasıyla daha az enerji harcanacak ve su kullanımı azaltılmış olacaktır. Dolayısıyla daha az atıksu oluşur ve suyu yumuşatmak için kullanılan kimyasallar ile tuza gerek kalmayacaktır (MNTAP, 2001).

Arıtma performansının incelenmesi

İncelenen mısır işleme tesisinden çıkan arıtılmış sular dereye deşarj edilmektedir. Tesisin, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY) Gıda Sanayi kategorisinin Şeker Üretimi ve Benzeri faaliyetler (Ek A, Tablo 5.11a) için verilen limitleri ve Su Ürünleri Yönetmeliği (SÜY) nutrient (azot ve fosfor) limitlerini sağlaması öngörülmektedir.

Türkiye'de endüstriyel atıksuların atıksu deşarjlarını düzenleyen esas mevzuat Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'dir. Ancak incelenen mısır işleme tesisinde olduğu gibi, alıcı ortamın su ürünleri üretimi yapılan akarsu, göl, koy veya körfez alanı olması halinde Su Ürünleri Yönetmeliği deşarj limitlerinin de sağlanması istenebilmektedir. Bu yönetmelikte, endüstriler için herhangi bir sektör ayırımı gözetmeksizin SKKY'de bulunmayan nutrient (N, P) limitlerinin de sağlanması öngörülmektedir. Ayrıca ülkemizin AB uyum sürecinde olduğu göz önünde tutulursa incelenen tesis için "AB Hassas Bölgeler Yönetmeliği"ndeki limitlerin de dikkate alınması uygun olacaktır. Bu yönetmeliğe göre nüfusun 10000-100000 arası olduğu yerleşim yerlerinde toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) için deşarj standartı değerleri sırasıyla 15 mg/L ve 2 mg/L'dir. Nüfusun 100000'den büyük olduğu yerleşim yerlerinde ise TN ve TP için bu değerler sırasıyla 10 mg/L ve 1 mg/L'dir. Sözü edilen standartlardaki değerler ile birlikte tesisin arıtma tesisi çıkış suyu değerleri Tablo 8'de özetlenmektedir.

Tablo 8'den de görüldüğü üzere ortalama değerler de tesisin çıkış atıksuyundaki bütün parametreler ulusal ve uluslararası yönetmeliklerde belirtilen limitleri sağlamaktadır.

Su Ürünleri Yönetmeliği'nde öngörülen azot limitleri ise AB Hassas Bölgeler Yönetmeliği için öngörülen sınırların oldukça altındadır. Yönetmelikte belirtilen sınır değer ancak, nutrient giderimli biyolojik arıtmaya ilave 3. kademe kimyasal arıtma + (filtrasyon) prosesinin uygulanması halinde sağlanabilmektedir.

Tablo 8. Türk ve AB Yönetmeliklerindeki deşarj standartları ve incelenen tesisin atıksu arıtma tesisi ortalama çıkış suyu değerleri

Parametre	SKKY (2004)	SÜY (1995)	AB Hassas Bölgeler Yönet.	Tesis Ortalama Çıkış Değerleri
BOİ ₅	-	75	25	-
KOİ	450	255	125	60
AKM	80	200	60	35
NH ₃ -N	-	0.2	-	3.8
NO ₃ -N	-	5	-	1.3
TN	-	1	15	5.8
TP	-	-	10	0.5
			2	
pH	-	5-9	-	6.9

* pH dışındaki tüm birimler mg/L'dir.

Sonuçlar ve değerlendirme

Bu çalışmada bir mısır işleme tesisinde üretim bazında inceleme yapılarak, proseslerdeki su kullanımı ve atıksu oluşumu zaman ve üretim bazında ifade edilmiştir. Bununla beraber tesisin kirlenme profili oluşturulmuş ve çeşitli atık azaltım önerileri getirilmiştir.

Kirlilik profilinden elde edilen değerler literatürde mevcut değerlerle kıyaslanarak, kirlilik yükü ve atıksu oluşum miktarı açısından tesisin durumu karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Tesiste oluşan atıksu dışındaki atıkların tür, miktar ve özellikleri incelenmiştir. Son olarak tesisin arıtma sonucu oluşan çıkış suyunun kalitesi belirlenerek ilgili deşarj standartları ile kıyaslanmıştır. Bu bağlamda elde edilen bilgiler, incelenen konularda mısır işleme endüstrisi ile ilgili sınırlı literatür bilgisi bulunduğundan, bu anlamda da katkı sağlayacaktır.

Tesis için oluşturulan kirlenme profili incelendiğinde birim ürün başına oluşan atıksu miktarının rafineri prosesinde literatürle uyumlu olduğu; fakat ıslak öğütme prosesinde literatür değerinin üstünde olduğu görülmüştür. Islak öğütme prosesinde en önemli atıksu kaynağını evaporatör kondanse suyu oluşturduğu, dolayısıyla bu ünite de atıksu oluşumunun azaltılması gerektiği belirlenmiştir.

Birim ürün başına KOİ yükleri incelendiğinde ise tesis değerlerinin literatür değerinin altında kaldığı görülmüştür. Burada yine kirlilik açısından en önemli payı evaporatör kondanse suyu oluşturmaktadır. İncelenen tesiste üretim proseslerinden oluşan toplam KOİ konsantrasyonu 2800 mg/L civarında olup, bu değer literatürde verilen değerler ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Tesisin atıksu arıtma tesisi deşarj değerlerine bakıldığında (2004-2005 yılı) deşarj edilen arıtılmış atıksuda ortalama olarak KOİ 60 mg/lt, amonyak 4 mg/L, nitrat 1.5 mg/L, toplam fosfor 0.5 mg/L ve AKM konsantrasyonu 35 mg/L seviyelerinde olup, bu değerlerin maksimum seviyede dahi Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve AB Hassas Bölgeler Yönetmeliği'ni rahatça sağladığı görülmektedir.

Kaynaklar

- Anderson, R. A., and Watson, S. A., (1982). *Handbook of processing and utilization in agriculture*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- APHA, (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Ed., Washington D.C.
- Blanchard, P. H., (1992). *Technology of corn wet milling*, Elsevier, USA.
- Erşahin, M. E., (2005). Mısır İşlemesi Atıksularının Anaerobik Arıtımına ADM1 Modelinin Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- EU 91/271/EEC, (1991). Council directive of 21 May 1991 concerning urban wastewater treatment, *EU Directive*.
- Howgrave-Graham, A. R., Isherwood, H. I. and Wallis, F. M., (1994). Evaluation of two upflow anaerobic digesters purifying industrial wastewaters high in organic matter, *Water Science and Technology*, **29**, 9, 225-229.
- MNTAP. (2003). 15 seconds of fame: reducing water and chemical use helps Pillsbury keep its cool, Technical Report, University of Minnesota, USA.
- Övez, S., Eremektar, G., Germirli, F. G., Orhon, D., (2001). Pollution profile of a wet mill, *Fresenius Environmental Bulletin*, **10**, 6, 539-544.
- Öztürk, İ., Erşahin, M. E., Tezer, B. H., (2005). Cargill Orhangazi Mısır İşleme Fabrikası'nda atık yönetimi, kirlilik profili, Teknik Rapor, İTÜ Geliştirme Vakfı İktisadi İşletmesi, İTÜ Çevre Müh. Bölümü, İstanbul.
- Ruan, R., Wilcke, W., Fulcher, R. G., Chen, P., Lin, X., Lei, H., Deng, S. (2003). An ozone aided corn steeping process, Technical Report, University of Minnesota, USA.
- SKKY, (2004). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, No:25687, Tarih:31.12.2004.
- SÜY, (1995). T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Su Ürünleri Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, No:22223, Tarih:10.03.1995.