

Araştırma Makalesi/Research Article

Sütçülük Atık Sularının Arıtılma Gereksinimi

Mubin KOYUNCU*, Yusuf TUNÇTÜRK

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, VAN

*e-posta: mubinkoyuncu@yyu.edu.tr

ÖZET: Yüksek organik ve tuz içeriğinden dolayı süt endüstrisi atıkları büyük çevresel sorunlara sebep olurlar. Süt kaynaklı karbonhidratlar, yağlar ve proteinler organik yükü teşkil eden bileşiklerdir. Bu atık sular çoğunlukla farklı miktarlardaki süt (veya süt ürünü) kalıntıları ile alkali ve asidik kimyasal içeren yıkama suyundan meydana gelmektedir. Doğaya akıtıldıklarında toprağın kimyasal ve fiziksel yapısına, ürün veriminin azalmasına ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olduğu için sütçülük atık sularının arıtılması gerekmektedir. Süt endüstrisi atık suları farklı yöntemlerle arıtılabilmektedirler. Bu atıklardan bazı bileşikler geri kazanılabilmektedir. Ayrıca fizikokimyasal ve biyolojik yöntemler de bu atıkların arıtılmasında kullanılabilir. Ancak bu yöntemler birçok küçük ve orta kapasiteli işletmeler için pahalı sistemlerdir ve bu yüzden işletmelerin çoğu atık sularını kanalizasyon sistemlerine veya çevreye akıtmakta ve ciddi çevresel zarara neden olmaktadır. Anlaşıldığı üzere alternatif çözüm arayışları için görev araştırmacılara ve belediye/hükümetlere düşmektedir.

Anahtar kelimeler: Sütçülük atık suları, PAS, Arıtma ve geri kazanım uygulamaları.

Dairy Wastewaters Need to Be Treated

ABSTRACT: Dairy wastewater causes major environmental problems, because of its high organic and saline effluent content. Carbohydrates, fats, and proteins from milk are the main contributors of organic load. These wastewaters are mainly composed by different dilutions of milk (or transformed products) and washing water containing alkaline and acidic chemicals after the cleaning of process equipment. Dairy wastewaters has to be treated because the discharge of dairy waste onto land can have a negative effect on the chemical and physical structure of soil, reduce crop yield, and pollute groundwater. Dairy wastewaters can be processed by different methods. Components of dairy product wastes are recovered by some techniques and obtained by-products; such as fat separation, recovery of proteins by ultrafiltration and gaining lactose by evaporation from whey and buttermilk. Dairy wastewaters are also treated using physico-chemical (coagulation/ flocculation, precipitation, oxidation process) and biological (anaerobic or aerobic digestion) treatment methods. However these methods are expensive for many small and medium-scale manufacturers, thus, a lot of dairy plants discharge wastewater into the municipal sewage or to the lands and cause serious environmental problems. As understood for solve the problem it is necessity to investigate about alternative treatments by researchers and municipalities/governments.

Key words: Dairy wastewater, Whey effluent, Treatment and recovery applications.

Giriş

Süt endüstrisi, her geçen gün artan ihtiyacı karşılamaya yönelik, ürün çeşitliliğini ve üretim kapasitesini arttıran en önemli sanayi dallarından birisidir. Endüstrileşme ve kentleşme süt sanayisinin gelişmesine ve dolayısıyla üretim sonucu ortaya çıkan atık su miktarının çok fazla artmasına neden olmuştur (Sarkar, 2005). Türkiye’de 2013

yılı itibarıyla kayıt altında 18 milyon tonun üzerinde süt üretimi gerçekleşmiş olup (Anonim, 2014), bu değer 2010 yılı için dünya genelinde kayıt altına alınabilen miktarı 700 milyon tonun üzerindedir (Anonim, 2011). Bahsi geçen bu devasa miktarlardaki sütün işlenmesi sırasında temelde üç kısma ayrabileceğimiz atık sular ortaya çıkmaktadır:

1. Süt ve süt ürünlerinin bileşiminde bulunan ve ürün işleme sürecinde ortaya çıkan atıklar. Süt esaslı bu ürünlerin başında peynir altı suyu (PAS) ve yayıkaltı gelmektedir.
2. Ortamın, üretim makinelerinin, taşıma materyallerinin ve depoların temizlenmesi sırasında ortaya çıkan ürün artıkları (süt kalıntısı, peynir yıkama suyu vb.).
3. Deterjan ve dezenfektan içeren atık sular.

Süt esaslı atık sular ve ürün artıkları içeren atıklar, yüksek organik içerik nedeniyle çevresel zararı fazla olan ürünlerdir. Bu atıklar, sahip oldukları yağ, protein, karbonhidrat ve tuzlar nedeniyle biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) konsantrasyonları yüksek karakterde atık sulardır (Demirel ve ark., 2005; Pesta ve ark., 2007; Prazeres ve ark., 2012; Benaissa ve ark., 2014). Atık sular kullanılan temizleyiciye göre asidik veya bazik karakterde olabilmektedir (Passeggi ve ark., 2009). Süt işletmelerinde üretilen ürünlere bağlı olmakla birlikte ortalama her litre süte karşılık 2-6 litre atık (teknolojik işlemler ve temizlik sonucu ortaya çıkan atık sular dahil) ortaya çıkmaktadır (Mazzucotelli ve ark., 2014; Karadağ ve ark., 2014). Bu durum, küçük ölçekli bir peynir işletmesinin günlük 600 m³'lük ortalama atığının, yaklaşık 36000 kişinin meydana getirebileceği kirliliğe denk geldiğini ortaya koymaktadır (Karadağ ve ark., 2014). Bir süt işletmesinden çıkabilecek atıklara ait bazı özellik ve bileşimin verildiği Çizelge 1, sütçülük atıklarının işlem görmeden doğaya salınmasının oluşturabileceği olumsuzluklar hakkında açık bir fikir vermektedir.

Sütçülük atık sularının yağ, laktoz ve protein miktarları sırasıyla, 35-500, 250-930 ve 210-560 mg/L aralığındadır. Sütçülük atıklarının hiçbir arıtıma tabi tutulmadan çevreye salınmasının,

toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı üzerinde, ekimi yapılan ürün verimi, yeraltı suları ve akarsular üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bununla birlikte havanın kalitesi üzerine olumsuz etkileri olduğu da rapor edilmiştir (Hassan ve ark., 2012). Dolayısıyla bu atık suların arıtılması gerekli bir işlemdir (Anonim, 2000; Benaissa ve ark., 2014).

Sütçülük atık suları içindeki kirliliği meydana getiren bileşenlerin başında PAS yer almaktadır, PAS özellikle peynir işletmelerinin temel atığıdır. Bunun nedeni peynir üretimi için kullanılan sütün yaklaşık % 85 kadarının PAS'a dönüşmesidir (Carvalho ve ark., 2013). Çizelge 2'de sütün elde edildiği türe ve peynir randımanına bağlı olarak üretilen PAS miktarları verilmiştir.

PAS; önemli miktarda protein, yağ ve süt şekeri gibi mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanabilen organik maddeler içerir. Bu maddeler büyük ölçüde kirlenme kaynağıdır. Çünkü parçalanabilmeleri için sudaki çözünmüş oksijeni kullanırlar; dolayısıyla suda yaşayan canlılar kendi yaşamları için gerekli oksijeni bulamazlar ve yaşamlarını yitirmeye başlarlar. Oysa Sudaki yaşam için en az 5 mg/L miktarında çözünmüş oksijen gereklidir. Bu miktarın altına inildiğinde, sudaki canlıların yaşamı tehlikeye girer.

Organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması, ortamdaki oksijenin tüketilmesine neden olduğundan, kirli suların durumu için indikatör olarak oksijen istemi ya da ihtiyacı dikkate alınmaktadır. KOİ, mikroorganizmaların aracılığı olmadan atık bir suyun oksijen ile beslenen kısımlarının oksijen harcaması, yani organik maddelerin yalnızca kimyasal oksidasyonu için gerekli olan oksijen miktarıdır. BOİ ise atık sulardaki organik maddelerin 20 °C'de 5 gün içinde oksidatif olarak parçalanabilmeleri için mikroorganizmalar tarafından tüketilen

Çizelge 1. Bir süt işletmesinden çıkabilecek atıklara ait bileşim (Bumbac ve ark., 2015).

Parametre	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	N _{total} (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Varyasyon	1,296-2,328	581-1,213	39.3-76.2	28-49	11.2-29
Aralığı					
Ortalama	1,662	897	57	36	20

Çizelge 2. Sütün elde edildiği türe ve peynir randımanına bağlı olarak üretilen peynir altı suyu (PAS) oranının farklı çalışmalarda elde edilen değerleri (Carvalho ve ark., 2013)

Süt kaynağı	Ortalama süt yoğunluğu (g/cm ³)	Randıman (kg peynir/100 kg süt)	Ortaya çıkan PAS hacmi (L/L)
İnek	1.032	9.86	0.873
		-	0.85-0.90
Koyun	1.036	14.78	0.822
		-	0.85-0.90
Keçi	1.034	9.84	0.872
		-	0.85-0.90

oksijen miktarıdır ve litrede mg olarak belirtilir (Üçüncü, 2008).

Geri Kazanma Yöntemleri

Süt endüstrisi atık suları farklı yöntemlerle arıtılabilmektedirler. Örneğin süt esaslı ürünlerden bazı ürünler geri kazanılabilirken, bazen de biyolojik ya da fizikokimyasal yöntemlerle atık suların arıtılması söz konusu olabilmektedir. Süt yapısının büyük bir bölümünü serum proteinlerinin oluşturduğu PAS tozu, PAS protein izolatları ve bunların yanında süt yağı ile laktoz elde edilebilmektedir. Bu ürünlerin elde edilmesinde proteinler ultrafiltrasyon tekniği kullanılarak, yağlar seperasyon ve laktoz evaporasyon yöntemleri ile geri kazanılabilmektedirler.

Zengin besin değerine sahip olan PAS'ın büyük bir kısmı endüstriyel düzeyde değerlendirilememektedir. Büyük işletmeler PAS'ı kendileri toz haline dönüştürmekte veya süttozu fabrikalarına ya düşük ücret karşılığında ya da ücretsiz olarak vermektedirler. Küçük süt işletmeleri genellikle çözünür

proteinlerden tuzsuz lor üretirken, geri kalan materyali atmaktadırlar. Birçok mandıra açısından miktarın küçüklüğü nedeniyle bu üretim anlamlı görülmemekte, bu nedenle de PAS'ın tamamı atılmaktadır (Turan, 2011).

Sütçülük atık sularının geri kazanılması çalışmaları bu atıkların karbon kaynağı (Dragičević ve ark., 2010) ve H₂ kaynağı (Karadağ ve ark., 2014) olarak biyoenerji üretiminde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Arıtma Yöntemleri

Süt endüstrisi atık suları arıtım uygulamaları için fizikokimyasal ve biyolojik yöntemlere başvurulmaktadır. Fizikokimyasal yöntemler koagülasyon-flokülasyon ve oksidasyon gibi yöntemleri içerirler. Bu yöntemlere alternatif olarak biyolojik yöntemler geliştirilmiş (Benaissa ve ark., 2014, Carvalho ve ark., 2013) ve uygulamada rağbet görmüşlerdir. Fizikokimyasal proseslerde kullanılan kimyasal madde maliyetlerinin yüksekliği ve çözünmüş KOİ gideriminin az olması, biyolojik proseslerin tercih edilmesine sebep olmuştur (Demirel ve ark., 2005). Son

yıllarda yapılan çalışmalarda, biyolojik proseslerin de yüksek enerji gereksinimine sahip olmaları bir dezavantaj olarak değerlendirilmiş ve alternatif olarak membran sistemler önerilmiştir (Vourch ve ark., 2006, Kertész ve ark., 2011, Benaissa ve ark., 2014 Bennani ve ark., 2014).

Biyolojik uygulamalar havalı ve havasız uygulamalar olarak iki kısma ayrılır. Havalı prosesler, özellikle aktif çamur tesisleri, süt endüstrisi atık suları arıtımında sıkça kullanılmaktadır, ancak yüksek enerji sarfıyatı bu yöntemler için büyük bir dezavantaj olarak görülmektedir. Havasız prosesler ise havalandırma için enerjiye ihtiyaç duyulmaması, fazla çamur oluşumunun az olması ve daha küçük alanlara kurulabilme avantajlarına sahiptir. Aynı zamanda bu yöntem ile biyogaz üretimi gerçekleştirilebilmesi de sistemi cazip kılmaktadır. Son yıllarda süt endüstrisi atık sularının arıtımında havalı ve havasız uygulamaların beraber kullanıldığı görülmektedir (Demirel ve ark., 2005; Pesta ve ark., 2007). Schneider ve Topalova (2010) gerçekleştirdikleri çalışmada süt endüstrisi atık sularının arıtılması amacıyla atık sulardan biyokütlenin immobilizasyonu ve dönüştürme işlemlerinin beraber kullanıldığı yöntemin verimli çalıştığını göstermiştir.

Yapılan çalışmalar süt esaslı atık suların KOİ seviyelerini kabul edilebilir düzeye düşürmek için nanofiltrasyon, reverse osmosis membran gibi uygulamalardan herhangi birinin tek başına yeterli olmadığını göstermiştir. Atık suların istenilen bileşime sahip olabilmesi, kabul edilebilir KOİ ve iyon seviyelerine indirilebilmesi için tamamlayıcı bir uygulamaya (membran veya filtrasyon) ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Balanec ve ark., 2002).

ATS (Aquatic Treatment System) ile küçük ölçekli süt işletmelerinin atık

sularının KOİ seviyesinin azaltılması çalışmalarında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Munavalli ve Saler, 2009). Bu sistemde tercih edilen bitkilerden birisi de su sümbülüdür (*Eichhornia crassipes*) (Şekil 1).



Şekil 1. Su Sümbülü (*Eichhornia crassipes*).

Sonuç

Sütçülük atık suları KOİ ve BOİ konsantrasyonu yüksek atık sular olduğu için, doğaya akıtıldıklarında büyük zararlara ve çevresel sorunlara neden olurlar. Bu atık suların organik madde içeriklerinin seviyeleri çeşitli ürün geri kazanım yolları ile düşürüldüğünde çevresel kirlenici potansiyelleri büyük oranda azalmaktadır. Aynı zamanda bu atıkların arıtma işlemleri de çok daha verimli ve kolay olmaktadır. Süt endüstrisi atık sularının arıtımı sadece küçük ve orta kapasiteli işletmelerde değil, bir kısım büyük işletmelerde dahi gerçekleştirilememektedir. Atık işleme sistemlerinin maliyeti bu durumun en önemli sebebidir. Bu şartlar altında sütçülük atık sularının öncelikle ürün kazanımı yoluyla çok daha az zararlı hale getirilmesi ulaşılabilir en yakın çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak daha kalıcı ve maddi yönden ulaşılabilir çözüm uygulamalarının geliştirilmesi için ilgili kurum ve kuruluşların üzerlerine büyük sorumluluklar düşmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, Türkiye İstatistik Kurumu, (2014). Hayvansal üretim istatistikleri, Haber Bülteni.
- Anonim, The European Parliament and The Council of The European Union, (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of The Council. Official Journal of The European Communities, 43: 1-72.
- Anonim, Ulusal Süt Konseyi, (2011). Dünya ve Türkiye’de Süt Sektör İstatistikleri.
- Balanec, B., Gésan-Guiziou, G., Chaufer, B., Rabiller-Baudry, M., Daufin, G., (2002). Treatment of dairy process waters by membran operations for water reuse and milk constituent concentration. *Desalination*, 147: 89-94.
- Benaissa, F., Kermet-Said, H., Moulai-Mostefa, N., (2014). Optimization and Kinetic modeling of electrocoagulation treatment of dairy wastewater. *Desalination and Water Treatment*. Ahead-of-print.
- Bennani, C. F., Ousji, B., Ennigrou, D. J., (2014). Reclamation of Dairy Wastewater Using Ultrafiltration Process. *Desalination and Water Treatment*. Ahead –of-print.
- Bumbac, C., Ionescu, I. A., Tiron, O., Badescu, V. R., (2015). Continuous flow aerobic granular sludge reactor for dairy wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 71.3: 440-445.
- Carvalho, F., Prazeres, A.R., Rivas, J., (2013). Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the Total Environment*, 445-446: 385-396.
- Demirel, B., Yenigün, O., Onay, T.T., (2005). Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review. *Process Biochemistry*, 40:2583-2595.
- Dragičević, T. L., Hren, M. Z., Grgas, D., Buzdum, I., Čurlin, M., (2010). The potential of dairy wastewater for denitrification. *Mljekarstvo*, 60(3):191-197.
- Hassan, A.N., Nelson, B.K., (2012). Invited review: Anaerobic fermentation of dairy food wastewater. *Journal of Dairy Science*, 95: 6188-6203.
- Karadağ, D., Köroğlu, O. E., Özkaya, B., Çakmakçı, M., Heaven, S., Banks, C., (2014). A review on fermentative hydrogen production from dairy industry wastewater. *J Chem Technol Biotechnol*, 89: 1627-1636.
- Kertész, S., László, Z., Forgács, E., Szabó, G., Hodúr, C., (2011). Dairy wastewater purification by vibratory shear enhanced processing. *Desalination and Water Treatment* 35:195-201.
- Mazzucotelli, C. A., Durruty, I., Kotlar, C. E., Moreira, M. R., Ponce, A. G., Roura, S. I., (2014). Development of a Microbial Consortium for Dairy Wastewater Treatment. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 19: 221-230.
- Munavalli, G. R., Saler, P. S., (2009). Treatment of dairy wastewater by water hyacinth. *Water Science and Technology*, 59(4): 713-722.
- Turhan, K.N., (2011). Peyniraltı suyu ve ürünleri. Bölüm 18. Peynir Biliminin Temelleri. (Editör Hayaloğlu, A.A., Özer, B.) Sidas Medya, İzmir.
- Passeggi, M., Lopez, I., borzacconi, L., (2009). Integrated anaerobic treatment of dairy industrial wastewater and sludge. *Water Science and Technology*, 59(3): 501-506.

- Pesta, G., Meyer-Pittroff, R., Russ, W., (2007). Utilization of Whey. Part 10. Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry. (Editors Oreopoulou, V., Russ, W.) Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA.
- Prazeres, A.R., Carvalho, F., Rivas, J., (2012). Cheese whey management. Journal of Environmental Management, 110: 48-68.
- Sarkar, B., Chakrabarti, P.P., Vijaykumar, A., Kale, V., (2005). Wastewater treatment in dairy industries-possibility of reuse. Desalination, 195: 141-152.
- Schneider, I., Topalova, Y., (2010). Bioaugmentative Approaches for Dairy Wastewater Treatment. American Journal of Agricultural and biological Sciences, 5(4):459-467.
- Üçüncü, M., (2008). A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi, cilt II. 691 s. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
- Vourch, M., Balannec, B., Chaufer, B., Dorange, G., (2006). Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. Desalination, 219:190-202.