

SÜT ENDÜSTRİSİNDE SU KULLANIMI VE ATIKSULARIN ARITILMASI*

Fehiman ÇİNER - Neşe TÜFEKÇİ

1968 yılında Niğde'nin Bor ilçesinde doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Niğde'de tamamlamıştır. Üniversite eğitimini Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Müh. Bölümü'nde 1989 yılında tamamlamıştır. Aynı yıl Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Müh. bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. 1990-1993 yılında aynı üniversitede yüksek lisansını tamamlamıştır. Halen doktora çalışmalarına İTÜ Çevre Müh. Bölümü'nde devam etmektedir.

Neşe TÜFEKÇİ

1962 yılında Gaziantep'te doğdu. Orta öğrenimini Üsküdar Cumhuriyet Lisesi'nde tamamladıktan sonra 1980 yılında İTÜ İnşaat Fk. Çevre Müh. Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 1984 yılında mühendis unvanını alarak aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. programında yüksek lisans öğrenimine başladı. 1987 yılında Yüksek mühendis Unvanı alarak aynı enstitüde doktora programına kaydoldu. 1996'da Doktor Unvanı aldı. 1986-1987 arasında İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Haziran 1997'den itibaren İÜ Müh. Fak. Çevre Müh. Bölümü'nde Yard. Doçent olarak görevini sürdürmektedir.

ÖZET:

Endüstrinin ana amacı, artan talebi karşılamak için üretim yaparak çok sayıda ve çeşitte ürünü üretmektedir. Her endüstrinin üretim türü, üretim miktarı ve üretim teknolojisi farklı olduğundan, atık sularının kalitatif ve kantitatif özellikleri de büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle arıtma teknolojilerinin belirlenmesinde ve seçeneklerin ortaya konmasında her endüstrinin ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, besin ihtiyacımızı karşılamada kullandığımız temel hammaddelerden biri olan süt endüstrisi ele alınmıştır. Süt ve süt ürünleri endüstrisi ülkemizde önemli bir paya sahiptir. Gerek devlet sektöründe, gerekse özel sektörde süt işleyen işletmelerin sayısı oldukça fazladır. Çalışmada, süt endüstrisinden kaynaklanan su kirlenmesi ve alınması gerekli önlemler konusunda bilgi verilmiştir.

GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı talebi artırmakta bu da arzın yükselmesine neden olmaktadır. Artan talebi karşılamak için endüstrilerin üretim ve çeşitlerini artırması gerekmektedir. Üretim sırasında veya sonrasında meydana gelen gaz, sıvı ve katı atıkların toplanarak arıtılması için "arıtma tesisi" kurulup işletilmesi endüstrinin asıl amacı ile çalışmakta ve bu yaptırım ek bir ekonomik yük getirmektedir. Her endüstrinin üretim türü teknolojisi ve üretim miktarı farklı olduğundan, atık sularının kalitatif ve kantitatif özellikleri de büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle arıtma teknolojilerinin belirlenmesinde ve seçeneklerin ortaya konmasında her endüstrinin ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir.

Süt ve süt ürünleri endüstrisi, temel ihtiyaçlarımızın karşılanmasını sağlayan ve üretim miktarı oldukça yüksek olan bir endüstri grubudur. Oluşan atıksu hacmi, kirliliği ve kullanılan su miktarı bakımından da göz ardı edilemeyecek bir endüstridir. Süt işleyen tesislerin pek çoğu küçük işletmeler halinde ülkemizin çeşitli yerlerine dağılmış olarak bulunmaktadır. Çevre Kanunu ve buna bağlı yönetmeliklerin çıkmasıyla bu işletmeler arıtma tesisi kurmaya başlamışlardır. Atıksu içinde bulunan yağ ve laktoz bazı arıtma tesislerinde işletme problemi meydana getirmektedir. Bu nedenle arıtma tesisinin seçiminde ve projelendirilmesinde dikkatli olunmalıdır. Bu çalışmada, süt ve süt ürünleri endüstrisinden kaynaklanan su kirlenmesi ve alınması gerekli önlemler konusunda bilgi verilmiştir.

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ

ENDÜSTRİSİNDE ALT KATEGORİZASYON YAKLAŞIMI

Bir endüstri kategorisinde, altkategorilerin oluşturulması, endüstrinin atıksu karakterizasyonunun belirlenmesi için çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Alt kategorizasyon, kirlenme unsurları yönünden farklılıkları ortaya koyacak ve kendi içinde standart bir değerlendirmeye imkan verecek şekilde yapılır. Alt kategoriler, genellikle kategori içerisinde iyi belirlenmiş ve kendi içerisinde homojen bir grubu oluştururlar (Görgün, 1991).

Çizelge 1. Süt ürünleri endüstrisi atıksularının özellikleri (Barnes et al., 1984).

Parametre	Konsantrasyon (mg/l)	
	Aralık	Ortalama
BOI ₅	40-48.000	2300
KOI	80-95.000	4500
AKM	24-4500	820
Yağ	35-500	209
Azot	1-180	64
Fosfor(PO ₄ olarak)	9-210	48
Klorür	48-1930	480
Sıcaklık(°C)	18-55	35
pH	4.5-9.4	7.2

Süt ve süt ürünleri imal eden işletmelerde, genel olarak homojenizasyon, pastörizasyon, şişeleme, yoğunlaştırma, peynir, krema, tereyağ, süt, yoğurt, ayran, süttezu ve dondurma üretimi gibi işlemler yer alır. Herhangi bir tesiste işlemlerin hepsi bulunabileceği gibi, biri veya birkaçı da bulunabilir. Bu işlemlerden kaynaklanan atıksuların özellikleri birbirinden farklı olabileceğinden özellikle küçük tesislerde farklı özelliklerde atıksuya rastlanabilmektedir. Bu nedenle, herhangi bir tesiste kirlenme problemi ele alındığı zaman öncelikle atıksu karakterizasyonu yapılarak, endüstrinin kirlenme profili ortaya çıkarılmalıdır.

ATIKSU KAYNAKLARI, MİKTARLARI VE ÖZELLİKLERİ

Süt endüstrisinin altkategorilerini oluşturan üretim dallarında başlıca hammadde süt olmasına rağmen, sağlıklı koşulların sağlanabilmesi için bütün işlemlerde su kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

Süt ve süt ürünleri işletmelerinden gelen atıksuları dört grupta toplamak mümkündür. Isıtma ve soğutma sistemlerinden gelen temiz sular, evsel atıksular, tesis ve makinaların yıkanmasından gelen atıksular ile peynir altı atıksularıdır. Küçük işletmelerde genellikle ilk üç gruptaki sular birlikte toplanmakta sadece peynir altı suları ayrı olarak toplanabilmektedir. Atıksuların arıtılmasında her tip atıksuyun ayrı ayrı toplanıp arıtılması esas olmakla birlikte küçük işletmelerde ilk üç gruptaki sular birlikte arıtılmaktadır. Bu atıksuların dışında kalan peynir altı atıksuları, protein ve mineral maddeler açısından zengin olmakla beraber, değerlendirilememekte ve atıksu olarak bertarafı gerekmektedir (Pala ve Sponza, 1994).

Atıksu miktar ve özellikleri üretim şekli ve ürün cinsine bağlı olduğu için tesisten tesise büyük farklar göstermektedir. Atıksuları karakterize eden en önemli parametreler BOI₅, KOI, Askıda Katı Madde (AKM), pH, yağ ve gres, sıcaklıktır. Bu parametrelerin değişim aralığı Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Süt üretim proseslerinden kaynaklanan atıksuların miktar ve özellikleri gün içinde ve mevsimler boyunca değişiklik gösterebilmektedir. Süt fabrikaları genellikle sabahları çalışıp, öğleden sonra ise temizlik yapılmaktadır. Atıksuların kirlenme değişimi haftanın ilk günleri yüksek olan üretim hızı, hafta sonu temizliğe bağlı olarak değişmektedir. Mevsimlik değişikliklerde atık miktarlarına etki yapmaktadır. Yaz aylarında üretim artışlarıyla birlikte değişik atıklar da söz konusudur.

Tesislerde oluşan atıksu debilerini, işlenen süt tonajına veya üretilen ürün miktarına bağlı olarak verebilmek büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Çizelge 2'de çeşitli işlemlerde kullanılan birim su miktarlarını göstermektedir. (Orhon ve Artan, 1984).

TESİS İÇİ KONTROL VE ATIKLARIN AZALTILMASI

Üretim sırasında kaybolan ham ve mamul maddelerin ekonomik değeri ve ortaya çıkan atıksuların arıtılması için yapılacak masraflar dikkate alınırsa kirlenme yüklerinin azaltılmasına yönelik tesis içi kontrol önemli bir hale gelmektedir. Bu nedenle süt ve süt ürünleri endüstrisinde atıkların tesis içinde kontrol edilerek azaltılması önemli bir mühendislik sorunu haline gelmiştir.

Harper ve Chambers (1978), Amerika'da yapılan çalışmalar sonucunda atıksu miktarlarının ortalama %50, BOI₅ ve AKM miktarlarının ise ortalama %33 oranında düşürüldüğünü belirtmişlerdir.

Süt ve süt ürünleri endüstrisinin atıksu hacmi ve kirlenme yükü kontrolünde farklı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden ilki ek bir ekonomik maliyete gerek duyulmaksızın işletme uygulamaları ile elde edilecek yararları, diğeri de BOI yükünü ve atık-su miktarını doğrudan etkileyecek mühendislik önlemlerini içermektedir (Görgün,

1991).

İyi bir işletme uygulamasında aşağıdaki kriterler göz önüne alınmalıdır.

1. Kullanılan suyun kontrolü
2. Atıksu miktarını ve KOI yükünü etkileyen işlemlerin denetim derecesi,

Çizelge 2. Çeşitli İşlemlerde Kullanılan Birim Su Hacimleri (Orhon ve Artan, 1984).

İşlem	Su Kullanımı (m³/ton işlenen süt)
Süt kaplarının yıkanması	0.001
Süt tankerlerinin yıkanması	0.07
Depoda süütün soğutulması	0.2
Pastörizasyon	0.35
Şişe yıkama	0.5
Kazanlar ve evaporatörler	0.25
Temizleme	0.23
Püskürtme ile tankların temizlenmesi	
Ön çalkalama	0.005
Temizleme	0.01
Son çalkalama	0.005
Sağlıklı koşula getirme	0.005
Boruların temizlenmesi	
Ön çalkalama	0.0005
Temizleme	0.001
Son çalkalama	0.0005
Sağlıklı koşula getirme	0.0025
Buharlaştırma	9.0
Yoğunlaştırma	12.0
Soğutma, teslim alma, şişeleme, dondurma, krem peynir	1.2

3. Her türlü taşmaların, boru, vana ve pompalardaki sızıntıların mertebesi,
4. Ambalajlama, depolama ve soğutma işlemlerinde ürünün dökülmesi, bozulması gibi olayların mertebesi,
5. Peynir altı suyunun işlenmesi ve uzaklaştırılmasında uygulanan yöntemler,
6. Özellikle lor peyniri üretiminde kesik süt taneciklerinin tutulmasındaki verim,
7. Lor peyniri ve tereyağ üretiminde yıkama işlemlerinin kullanılan su miktarını azaltacak şekilde iyileştirilmesi,
8. Çalkalama veya pastörizasyon işlemlerinin devreye alma/devre dışına alma adımlarında süt katılarının ayrılması ve geri kazanılması uygulamalarındaki verim,
9. Geri dönen ürünlere uygulanan işlemler,
10. Atık kontrolüne yönelik bir yönetim tutumunun mevcut olup olmaması.

Bu genel esaslar çerçevesinde, tesisin işletilmesine yönelik şu önlemler ile atıksu hacmini ve kirletici yükünü etkili bir şekilde azaltmanın mümkün olduğu ortaya konmuştur (Orhon ve Artan, 1984):

1. Ayrı kanallarla, tüm belli başlı atıksu akımlarının birbirinden ayrılması,
2. Kirlenmemiş atıksuların ayrılması ve yeniden kullanılması,
3. Atık azaltılmasına yönelik bir otomasyon sistemi kullanılması, tanklardan ve diğer yıkama işlemlerinden kaynaklanan durulama sularının toplanması veya ürün değişikliği,
4. Son çalkalama sularının toplanarak, bunlardan temizlik malzemelerinin yapımında kullanılması,
5. Endüstriyel yağların toplanması ve tekrar kullanılmak üzere geri kazanılması.

Kirletici yükün azaltılmasına yönelik tesis içi tedbirlere ilave olarak özellikle peynir sularının yağ ve proteinin geri kazanılması mümkündür. Böylece hem önemli miktarda besin kaynağı geri kazanılmış hem de arıtma yükü ve dolayısı ile maliyeti azaltılmış olacaktır (Eroğlu ve Akça, 1989). Peynir üreten tesislerde, işlenen sülün ağırlıkça yaklaşık %85'i peynir suyu halinde atılmaktadır. Norbert (1983) ortalama olarak BOI5=29.500 mg/1, KOI=64.000 mg/1 olan bu suların büyük bir kirletici kaynağı oluşturduğunu vurgulamışlardır. Peynir sularından ultrafiltrasyon, hiperfiltrasyon veya terz ozmoz gibi membran prosesleri ile protein ve kazeinin geri kazanılması mümkündür. Hipert'iltrasyon ile yapılan geri kazanma, filtre edilmiş peynir suyunda ortalama olarak BOI5=880 mg/1, KOI=1700 mg/1 olarak bulunmuştur (Norbert, 1983).

SÜT ATIKSULARININ ARITILMASINDA KULLANILAN ARITMA PROSESLERİ

Ülkemizde geçerli olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonymous, 1988) endüstriler için ölç faklı deşarj standardı vermektedir. Bunlar, doğrudan alıcı ortama verme, sonu tam arıtma ile biten kanala verme durumlarıdır.

Doğrudan alıcı ortama verme durumunda istenen deşarj standardı (24saatlik kompozit numunede BOI5= 40 mg/1, KOI=160 mg/1, yağ-gres=30 mg/ 1'dir. Sonu tam arıtma ile biten kanala verme durumunda, KOI=600 mg/1, yağ-gres=50 mg/1, yaklaşık olarak %85 KOI ve %85 yağ-gres giderme verimi olmalıdır. Sonu deniz deşarjı ile biten kanala verme durumunda istenen deşarj standardı KOI=4000 mg/1, yağ-gres=250 mg/1'dir. Bu değerleri sağlamak için ön tasfiye yeterli olmaktadır. Bu amaçla, ızgara veya elek, dengeleme-nötralizasyon ve yağ tutucudan meydana gelen arıtma tesisi en uygun ve en çok kullanılan sistemdir. İlk iki durumda, ön arıtma yeterli olmamakta fizikokimyasal, biyolojik veya fizikokimyasal+biyolojik ikinci kademe arıtma gerekli olmaktadır (Eroğlu ve Akça, 1989).

Bu amaçla kullanılabilir tasfiye sistemleri; ön arıtma kapsamında (ızgara, kum tutucu, dengeleme havuzu, yağ tutucu, çözünmüş hava flatosyonu, kimyasal arıtma), biyolojik arıtma düzeyinde (tek veya iki kademeli damlatmalı filtre, aktif çamur, uzun havalandırmalı aktif çamur, biodisk, havalandırmalı lagünler, stabilizasyon havuzları) ve sulama havuzları olarak sıralanmıştır. Aşağıda her sistemin verimi ve özelliklerinden kısaca bahsedilmiştir.

a) Fizikokimyasal Arıtma

-Çözünmüş hava flatosyonu; askıda madde, yağ ve gres, elyaf vb. maddelerin giderilmesinde kullanılır. Süt ürünleri sanayi atıksularında, biyolojik arıtma öncesinde yağ tutmak amacıyla kullanılır.

-Kimyasal arıtma; koagülant madde kullanılarak süt atıksularında bulunan albüminler, askıda maddeler uzaklaştırılır. Laktoz gibi çözünmüş halde bulunan bileşikler giderilemez. Atıksu özellikleri ve deşarj standardına göre, tek başına veya damlatmalı filtre, aktif çamur gibi biyolojik arıtma sistemlerinden önce kullanılabilir. Karpati v.d. (1989), süt atıklarına ön arıtma olarak Ca(OH)2 ve FeSO4 ile yaptıkları fizikokimyasal arıtma çalışmalarında yüksek KOI arıtma verimi elde etmişlerdir.

b) Biyolojik Arıtma

-Damlatmalı filtre; süt endüstrisi atıksularının arıtılmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak yapışkan biofilm oluşmasından dolayı filtrede tıkanma ve göllenmeler meydana gelmektedir. Atıksu içinde bulunan yağın filtreyi tıkamaması için damlatmalı filtreden önce kimyasal veya fiziksel bir ön arıtma yapılması gerekmektedir. Tıkanma, boşluk oranı yüksek malzeme kullanımı ve çıkış suyunun sürekli geri devrettirilmesi ile de önlenbilir (Eroğlu ve Akça, 1989).

-Aktif çamur sistemi; özellikle atıksu BOI, değeri 1000 mg/1'den daha düşük ise kullanışlı olmaktadır.

Atık suların aktif çamur sistemleriyle arıtılması durumunda çok gözlenen problemler köpüklenme ve çamur kabarmasıdır. Bu olay, ÇHI (Çamur hacim indeksi)'nin 100-300 ml/g değerlerine yükselerek, çamurun son çöktürme tankında iyi çökmeden, çıkış suyuna karışmasıdır. Atıksuyun pH'sının düşük olması ve yüksek C:N (karbon:azot) oranları söz konusu olduğunda gözlenen bir durumdur. Yetersiz havalandırma ya da çok yüksek (>0.6 kg BOL/ kgMLSS.gün) veya çok düşük (<0.1 kg BOI,/ kgMLSS.gün) çamur yüklemeleri bu olayın nedenlerindedir (Marshall and Harper, 1984). Chudoba (1985), atıksuyun kompozisyonunun da yüzücü çamur meydana gelmesinde rol oynadığını ve glikoz gibi sakkarit içeren atıksuların arıtılmasında bu olayın meydana geldiğini göstermiştir.

-Oksidasyon hendekleri; süt ürünleri endüstrisi atıksularının arıtılmasında oldukça sık karşılaşılan bir uygulamadır. Sistem sürekli çalışabileceği gibi kesikli düzenle de çalıştırılabilir. 50 saatlik bekletme süreli, bir tesisin çok yüksek verimlerde çalışabileceği belirtilmektedir (Jones, 1974).

Uzun havalandırmalı sistemlerin yanısıra, kontakt stabilizasyon, yarı sürekli/ardışık havalandırmalı sistemler gibi, aktif çamurun modifiye edilmiş diğer şekilleri de kullanılmaktadır.

-Biyodisk; damlatmalı filtre gibi biyofilm esasına dayalı bir sistem olan biyodisk uygulaması oldukça yeni bir sistem olmakla beraber, literatürde süt endüstrisi atıksularına uygulanmış örnekleri vardır. Giriş BOI5 konsantrasyonunun 1000 mg/1 olması durumunda verimi %95'e ulaşmaktadır. Bu sisteme bir lagün ilave edildiği zaman toplam verim %98 ve çıkış BOI5 değeri 50 mg/1 olarak belirtilmektedir (Kalkan, 1986).

-Lagün sistemleri; havalandırılmalı lagünler ve stabilizasyon havuzları genellikle geniş arazi gerektiren, basit sistemlerdir. İşletmeleri çok kolaydır ve debi salınımlarından çok az etkilendikleri için özellikle küçük işletmelerde tavsiye edilmektedir. Sıcaklık değişimlerinden çabuk etkilendikleri için ılıman iklim bölgelerinde kullanımları daha uygundur. Stabilizasyon havuzunda 144 gBOL/m³/gün organik yüklemeye BOI5 giderme verimi yazın ortalama 29 °C su sıcaklığında %85 kışın ortalama 2 °C sıcaklığında %20 olarak belirtilmektedir (Kalkan, 1986).

-Sulama; süt atıksularının püskürtmeli sulama ile araziye verilmesi son yıllarda en ucuz ve en iyi arıtma yöntemlerinden biri olarak tavsiye edilmektedir. Ham atıkların 5-6 saatten fazla depolanmaması gerekmektedir. Depolama tankları sulama alanına yakın yapılmalıdır. Aynı zamanda arıtma tesisine de yakın olması gerekmektedir. Sulamada; birim alana verilen su atıksu hacmi, arazinin tipine ve bitki örtüsüne bağlı olarak değişmektedir. Süt artıklarının % 10-60'ının tüberküloz basillerini içerdikleri tahmin edildiğinden dezenfeksiyon işleminin yapılması gerekmektedir (Şengül, 1989).

SONUÇ

Süt ve süt ürünleri endüstrisinin ülkemiz ekonomisinde önemli bir yeri olmasına karşın, oluşan atıksu hacmi, kirliliği ve kullanılan su miktarı bakımından önemli bir paya sahiptir. Türkiye'de 1 yılda işlenen süt miktarı 10.5 milyon ton, 1 kg süt işlenmesinden ortaya çıkan BOI5, 5.8 kg ve evsel atıksularda, nüfus başına 1 günde ortaya çıkan BOI5 54 g alınarak yapılan yaklaşık bir hesaba, süt işleme tesislerinin toplam kirlitici potansiyelinin, evsel atıksulardan kaynaklanan toplam kirlenmenin %3'ü kadar olduğu görülmektedir (Eroğlu ve Akça, 1989).

Endüstrinin ana amacı, artan talebi karşılamak için çok sayıda ve çeşitte üretim yapmaktadır. Bu sırada meydana gelen atıkları arıtmak için kurulması düşünülen arıtma tesisi endüstriye ek bir ekonomik yük getirmektedir. Bu nedenle endüstriye mali yük getirmeyen, aksine kazanç sağlayan tesis içi önlemler ve geri-kazanma uygulamaları büyük bir önem kazanmaktadır.

Sanayisi gelişmiş ülkelerde, değerli mineral maddeler ile protein ihtiva eden peynir altı suyu geri kazanılarak yararlı ürünlere dönüştürülmekte, böylece hem gıda maddesi israfı hem de çevrenin kirlenmesi önlenmektedir. Arıtma alternatifleri incelendiğinde atıksuyun sonu deniz deşarjı ile biten kanala verilmesi durumunda yağ tutucu yeterli olmaktadır. Sonu tam arıtma ile biten kanala verme durumunda ise, yağ tutucuya ilave olarak fizikokimyasal arıtma ya da yüksek hızlı damlatmalı filtre veya biyodisk gibi biyolojik arıtma sistemi kullanılabilir. Alıcı ortama deşarj halinde ise yağ tutucu (bazen fizikokimyasal arıtma) ve biyolojik arıtmadan (damlatmalı filtre veya aktif çamur gibi) meydana gelen bir sistemin uygulanması gerekmektedir. Küçük tesislerde uzun havalandırılmalı sistem, yeterli arazi olması ve ılık iklime sahip olma durumunda ise lagün sistemleri daha uygun olmaktadır.

Ülkemiz şartlarında, atıksu miktarını ve kirlilik yükünü etkileyecek mühendislik önlemleri alınarak ucuz ve basit sistemlerin seçilmesi daha uygun bir seçim olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1988. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, Sayı 19919, sh. 13-73.
- Barnes, D. et. al., 1984. Food and Allied Industries Vol. I, Pitman Publishing Ltd.
- Chudoba, J. 1985. Control of Activated Sludge Filamentous Bulking-VI; Formulation of Basic Principles, Water Research, V.19, N.8, pp. 1017-1022.
- Eroğlu V. ve Akça L., 1989. Beşinci Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, Çukurova Üniversitesi, s.523-533.
- Görgün E., 1991. Süt Endüstrisinde Atıksu-Peynir Altı Suyu Karışımlarının Biyolojik Arıtılabilirliği, Y. Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bil. Ens.
- Harper, W. J., Chambers, J. V., 1978. Upgrading Dairy Waste Treatment Systems, Proc. IDF seminar on Dairy Effluents, Doç. 104, IDF, Brussel, 173-175.
- Jones, H.R., 1974. Pollution Control in the Dairy Industry, N.D.C., New Jersey.
- Kalkan. C., 1986. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi Atıksularının Kirlenme Profili, Arıtma Seçenekleri ve Tasarım Esasları Üzerine Bir Araştırma, Y. Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bil. Ens.
- Karpati, A. vd., 1989. New Physico-Chemical Pretreatment of Dairy Effluents, International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, İstanbul.
- Marshall, K.R., Harper, W.J., 1984. Food and Allied Industries, Pitman Publ. Inc., London.
- Norbert, W., Schmidtke and Associates Ltd., 1983. Concentrating Whey by Hyperfiltration at a Small Canadian Cheese Plant, Technology Development Report ESP 4-EP-83-2, Environmental Protection Programs Directorate, Environment Canada, Canada.

- Orhon, D., Artan N.,1984. Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi-Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi İTÜ Çevre ve Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi.

- Sponza, D., Pala, A., 1994. Bir Süt Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu ve Arıtma Sisteminin İncelenmesi, Su Kiri. Kont.Dergisi Cilt: 4, Sayı: 3.

- Şengül, F., 1989. Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması, Dokuz Eylül Üniv., Müh.-Mim. Fak., Çevre Müh. Böl., İzmir.

* Bu Makale, Su ve Çevre Sempozyumu (Haziran 1997, İstanbul) Bildiriler Kitabı'ndan alınmıştır.