

Endüstriyel Mikrobiyolojinin Çevre Kirlenmesinin Kontrolüne Katkısı

Prof. Dr. M. Hilmi PAMİR

A.Ü. Ziraat Fakültesi, Gıda ve Fermantasyon Teknolojisi Bölümü — ANKARA

Çevre sorunları arasında doğanın kirlenmesi, içinde bulunduğumuz yüzyılda yalnızca endüstrisi gelişmiş ve büyük insan topluluklarını barındıran ülkeleri değil, bütün dünyayı ilgilendiren bir önem kazanmıştır. Çünkü kirlenme sınırların ötesine taşar.

Endüstrileşmenin başlangıcı olan geçen yüzyıldan beri suların, toprağın ve havanın kirlenmesi insanlığı bu kadar hiçbir zaman ilgilendirmemiştir. Daha doğrusu kanalizasyonlardan, fabrikalardan ve nihayet taşıtlardan açığa çıkan ve sulardaki hayvan varlığının yok olmasına, doğanın tahrip edilmesine ve özellikle büyük yerleşim merkezlerinde insanların yaşamasının tehlikeli boyutlara varmasına neden olan katı, sıvı ve gaz halindeki atıkları doğanın masedeceğine inanılıyor ve çevresel düzenin bu kadar kısa zaman içinde bozulacağı tahmin edilmiyordu. Bugüne böyle gelindikten sonra, sorunun önemi karşısında şimdi teknik gelişmenin durdurulmasını önerenler bile çıkmaktadır. Fakat sorunu bu şekilde istismar edenlerin aksine, insan ve doğanın yararına olan çözüm yolları getirmek için çaba harçayan kişi ve kurumların sayısı hergeçen gün artmaktadır.

Endüstri atıklarının çevremizi nedenli kirlettiğini gösteren ve insan ve endüstri atıklarını bu yönden birbirleriyle karşılaştırma olanağı veren Tabla 1'i incelemek ilginçtir.

Endüstri ve kentsel atıkların doğayı kirlenmesi yanında, bu maddelerin atılarak heder olması ekonomik yönden bir kayıptır. Çünkü bu maddeleri tekrar insanlığın hizmetine vermek olanağı vardır. Diğer bir deyişle bu atık maddelerden tekrar faydalanmak yalnızca atıkları zararsız bir hale getirmek için değil, aynı zamanda doğayı korumak için de gerekmektedir. İstatistikçilerin ön gördükleri gibi, dünya nüfusu 2000 yılında bugünkünün iki katına ulaşacaksa, o takdirde bugün kullandığımız kaynaklara en azından 2 defa daha çok gereksinimimiz olacak demektir.

Atık maddeleri endüstrinin gereksinimi olan pek çok hammadde haline çevirmek için, insan dehası miktarı günden güne artan yöntemler geliştirmektedir. Tarımsal atıklar, şeker pancarı küspesi, nişasta ve meyve suyu fabrikasyon atıkları v.b. doğrudan hayvan yemi olarak kullanılabilirse de, besin değerlerini yükseltmek için birçok hallerde bunlara pahalı ve çoğunlukla ithal edilen bazı maddelerin katılması gerekir. Halbuki bu atıkların biyolojik dönüşüm yardımıyla besin değerini artırmak mümkündür. Bu aynı zamanda bu gibi atıkların dispozal sorununu da halleder. Örneğin kentsel atık sular üzerinde alg yetiştirilmesiyle bir taraftan BOD5 değeri % 80-90 oranında düşürülebildiği gibi, diğer taraftan elde olunan alg, besinlere % 50 oranında katılabilmektedir. Bütün esansiyel aminoasitleri içeren alg

Tablo 1. İnsan ve endüstri atıklarının kirlenme yönünden karşılaştırılması (Rehm, 1967)

İşletmenin cinsi	İşletme kapasitesi	İnsana eş değer kirlenme
Bir fabrika	1 hl bira	100
Meyve suyu fabrikası	100 kg meyve	50
Şeker fabrikası	100 kg pancar	70
Süt fabrikası	1000 kg süt	30
Peynir fabrikası	100 kg peynir	130
Sellüloz fabrikası	1t sülfid şurubu	1500 (Robert et. al., 1964)
Mezbaha	1 hayvan	21

proteininin besin değerinin yüksek olduğu çoktanberi bilinen bir gerçektir. Aynı atık suların hem değerlendirilmesi hem de BOG5'nin düşürülmesi başka şekilde de olanaklıdır. Bu durumda ise alg metan oluşturabilen bakterilerle beraber kullanılır. Böylece bir taraftan alg, diğer taraftan da yakıt olarak kullanılmak üzere metan gazı elde edilir. Bu proseste biyogaz, atık sudaki organik maddelerin aerob bakteriler tarafından okside edilirken açığa çıkan CO₂'in algler tarafından bünyelerinde tesbit olunmasıyla ve daha sonra bu organizmaların çamur içinde havasız yaşayabilen metan bakterileri tarafından metana dönüştürülmesiyle açığa çıkmaktadır.

Yukarıda kentsel atıklar için verdiğimiz örnek, yani bir atığın dispozal sorunu halledilirken aynı zamanda o atığın değerlendirilmesi, özellikle gıda sanayinin atıkları için bahis konusudur. Aşağıda bu alandaki uygulamalardan veya henüz pratiğe geçmemiş araştırma sonuçlarından örnekler verilecektir.

Şarapçılık atıklarının biyolojik arındırılması kentsel ve diğer organik atıklarından daha zordur. Şarapçılık atıklarının yüksek BOG yanında mevsimlik değişimler göstermesi ve bekletme sırasında asit ve koku maddelerinin oluşması bunun nedenidir. Asit ve koku maddelerinin oluşması anaerobik koşullarda bakteri faaliyeti sonucudur. Şarapçılık atıklarının hiçbir işleme tabi tutulmadan akarsulara ve göllere verilmesi halinde suda erimiş oksijen hızla sarfolunur. Bu gibi yerlerde septik koşullar oluşur, balıklar ölür. Diğer yandan azot ve fosforca zengin olması nedeniyle göllerdeki alg gelişmesi teşvik edilmiş olur.

Şarapçılık atığı denilince aklı esas olarak cibre, tortu ve imbik bulduran şaraphaneler de cibre ve tortu vinasları v.b. şeyler gelir. Yapılan bir çalışmaya göre (Tofflemire, 1972), cibrenin bileşimi aşağıda verilen Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Cibrenin bileşimi (Tofflemire, 1972)

Maddeler	Miktar %
Protein	11.0 - 12.0
Yağ	3.3 - 7.4
Kül	4.7 - 8.1
Sellüloz	26.0 - 41.0
Nişasta	7.4 - 7.9

Büyük şaraphanelerde çoğunlukla damıtma imbikleri vardır. Bunlarda yapılan damıtmalardan sonra elde olunan vinasların bileşimleri kullanılan ham maddeye göre değişiklik gösterir. Doğaldır ki bu, kirlenme değerlerini de büyük ölçüde etkiler. Bu durum aşağıda verilen Tablo 3'de görülmektedir.

Damıtma imbikleri bulunmayan şarapçılık işletmelerinin atıksularının bileşimleri ise Tablo 4'de verilmiştir. Bu şişe yıkamadan, soğutma sularından, iyon değiştiricilerinden, cibreden, tortu filtrasyonundan ve şampanya yapımında tıpa değişiminden açığa çıkan atıksuyun bileşimi aşağıda verilen Tablo 4'de görülmektedir. a) Bu tablodaki bilgiler 2 yıl süreyle haftalık alınan örneklerin analizlerinin sonuçlarıdır.

Yukarıdaki kirlenme değerlerini verdiğimiz atıksular biyolojik işlemlere tabi tutulduğu takdirde, örneğin aktif çamur prosesinde 30 saat süreyle tutulan şarapçılık atıksuyunun BOG, % 80-90 düşürülebilmektedir. Diğer bir pilot sistemde de ortalama 1000 mg/1 BOG gösteren bir atıksu 2-8 günlük bir işlemde sonra 30 mg/1 BOG göstermişti ki, bu örnekteki düşme oranı % 97'yi bulmaktadır.

Şarapçılık işletmesi atıksuyunun biyolojik yolla arıtılmasında başka yöntemler de kullanılmaktadır. Bunlar lagün, dönen biyolojik disk (rotating biological disc), damlama, sulama ve anaerobik yöntemlerdir ki, aralarında BOG'ni % 96 oranında düşürülebilenler vardır. Ancak atıksuyun miktarında mevsimlik büyük değişimler ve atıksuyun asidik karakteri nedeniyle damlama sistemi ancak bazı önlemler alınırsa kullanılabilir. Dönen biyolojik disk sistemi işlemin kolay ve aynı zamanda etkin olması nedeniyle bir yöntem olarak gelecek vaat etmektedir. Lagün ve sulama yöntemleri ise en çok kullanılır. Bunlar arazi maliyetinin düşük olduğu hallerde çok uygundur. Donma ve koku bu yöntemde bir sorun ise de, uygun işlemlerle bu halledilebilir. Anaerobik yöntemde gelince, bunun alınacak bazı önlemlerden sonra BOG'nin daha fazla düşürülmesi amacıyla diğer yöntemlerden hemen sonra kullanılması uygundur. Son olarak bütün bu yöntemlerin iyi çalışabilmesi için azot ve fosforca fakir olan şarapçılık atıksuyuna bu maddelerin katılması gerektiği düşünülmelidir.

Tablo 3. Tortu ve vinasların bileşimleri (Tofflemire, 1972)

Maddeler	Tortu	Konyak vinası		Tortu vinası	Cibre vinası
		A	B		
Toplam katı mad. (mg/1)	186.000	20.100	—	68.000	13.180 - 32.100
Uçucu katı mad. (%)	94.8	87.4	—	86.5	77.0 - 89.4
Yüzen katı mad. (mg/1)	152.000	3.120	—	59.000	18.700
KOG (mg/1)	—	—	22.400	—	—
BOG (mg/1)	163.000	11.000	12.000	20.000	2.400
Uçucu asitler (mg/1)	7.800	1.900	50	2.480	380
Genel asitlik (mg/1) (CaCO ₃ olarak)	—	3.170	—	9.860	1.220
pH	4.0	4.7	—	3.8	6.8 - 3.7
Toplam N (mg/1)	9.950	271	370 ^a	1.532	330
NH ₃ (mg/1, N olarak)	56	2.8	10	45.1	4
Toplam P (mg/1)	1.300	11.150	114	42.84	1.310
Potasyum bitartarat (%)	—	0.1	0.75	2.3	—

a) Pres kullanılmayan yılla ait atıksu.

Tablo 4. Şarapçılık atıksuyunun bileşimi (Tofflemire, 1970)

Maddeler	Pres kullanılmış			Pres kullanılmamış		
	En az	En çok	Ort.	En az	En çok	Ort.
Atıksuyun miktarı (gpd)	30.000	205.000	188.000	30.000	120.000	85.000
Sıcaklık (°F)	59	70	65	38	73	54
pH	5.3	11.3	8.6	4.9	9.5	8.0
Erimiş oksijen (mg/1)	1.6	7.8	5.3	0	10	5.5
Yüzen katı mad. (mg/1)	5	460	200	5	448	170
Klorürler (mg/1)	10	60	20	20	5.000	600
Top. fosfat (mgPO ₄ /1)	22.10	40.0	27.82	7.7	25.7	14.57
Orto- fosfat (mgPO ₄ /1)	10.0	30.0	16.83	0.8	4.8	2.39
Top. Klefdahil N (mg/1)	1.02	5.71	2.37	1.23	12.39	4.42
Nitratlar (mg/1)	0.9	2.30	1.45	0.09	0.50	0.30
BOG (mg/1)	131	5.000	2.000 ^a	131	5.000	2.000
BOG (1b) (gün)	—	—	3.140	—	—	1.420
Yükleme süresi, günler	—	—	60	—	—	305

a) Bu tablodaki bilgiler 2 yıl süreyle haftalık alınan örneklerin analiz sonuçlarıdır.

Biracılıkta her hektolitreye bira için kirletme oranı ortalama 11-17 insan eşdeğerinde atıksu hesaplanır. Bu değer insan başına günde 54 g BOG faktörüne dayanır ve bu su içinde üretim ve sanitasyon suyu oranı olarak ağırlık kazanır. Bundan başka 1 hl bira üretiminde BOG 1000-1200 mg/l olan yaklaşık 1500 l atıksu çıkar. Bu hesapta şıra filtresi yıkama suyu hesaba katılmış ve daha önce şıra ve şerbetçiotü tortusunun, keza mayanın ayrılması dikkate alınmıştır.

Küspenin kurutulmasında küspeden çıkan pres suyunun miktarı mayşe filtresi veya süzme kazanıyla ilgili olarak hektolitreye bira başına BOG yaklaşık 1200 olan 2-3 l atıksu demektir. Bunun bütün atıksu içindeki payı yaklaşık % 1.1'i bulur. Ayrıca filtre bezlerinin yıkanmasıyla BOG yaklaşık 4900 mg/l olan hektolitreye başına yaklaşık 8 l yıkama suyu çıkar ki, bunun da atıksuyu yüklemesi yaklaşık % 4.6'dır.

Diğer yönden maya yıkama suyu olarak

Tablo 5. Bir bira fabrikası atıksuyunun bileşimi (Thiel ve Dutoit, 1965)

Maddeler	Tam örnek	Çöktürüldükten sonra	Santrifüjden sonra
pH	4.9	—	—
Kondüktivite (μ mhos 20°C)	470	—	—
Toplam katı mad. (mg/l) (TS)	9.500	8.400	8.200
Uçucu katı mad. (mg/l) (VS)	8.950	7.930	7.850
TS içinde % VS	% 93	% 95	% 96
KOG (mg/l)	15.100	11.580	10.630
Organik C (mg/l) ^a	5.680	4.350	4.000
NH ₃ azotu (mg/l)	—	—	2
Organik N (mg/l)	185	85	63
Uçucu yağ asitleri (mg/l) (Asetik asit olarak)	—	—	270
Serbest a. asitleri (mg/l) (Lösin olarak)	—	—	95
Toplam a. asitler (mg/l) (Lösin olarak)	925	500	300
Eriyebilir protein (mg/l)	—	—	30
Serbest indirgen şeker (mg/l) (glükoz olarak)	—	—	3.040
Serbest glükoz (mg/l)	—	—	1.260
Toplam indirgen şeker (mg/l) (glükoz olarak)	6.400	6.400	6.100
Toplam glükoz (mg/l)	5.500	5.500	5.280
Orto - fosfat (mg/l P)	—	—	42
Toplam fosfat (mg/l P)	120	100	95
Eterde eks. mad. (mg/l)	360	—	—
C/N oranı	30/1	50/1	64/1
C/P oranı	135/1	120/1	120/1

a) Organik C KOG'nin 12/32 ile çarpılmasından bulunmuştur.

da BOG yaklaşık 7400 mg/l olan hektolitre bira başına yaklaşık 1.6 l atıksu çıkar. Buna hektolitre bira başına BOG yaklaşık 69.000 mg/l olan 1.6 l bira filtratı eklenir. Böylece atıksu yüklemesi sırasıyla yaklaşık % 1.3 ve % 13.3'ü bulur. Geriye kalan yüklemenin % 76.2'si soğutma ve sanitasyon atıksuyuna isabet eder.

Yukarıda fabrikasyonun çeşitli aşamalarında elde olunan atıksu miktarı ve BOG'leri verildi. Tablo 5'de ise bir bira fabrikasında her 15 dakikada alınan 50 ml örnekler birleştirildikten sonra yapılan analizlerin sonuçları görülmektedir.

Bir biracılık atıksuyunu önce anaerobik sonra aerobik biyolojik arındırma yöntemiyle

zararsız bir duruma getirmek olanaklıdır. Böylece başlangıçtaki BOG 1000 mg/l olan bir atıksuyun BOG 25 mg/l'ye düşürülebilir. Diğer yöntemle, örneğin aktif çamur veya damlama yöntemleriyle BOG yaklaşık % 90 oranında düşürülebilmektedir. Biracılık atıksuyunun BOG normal bir kurutma kabında % 78'e kadar azaltılabilir. Hatta bir literatüre göre (Anonymous, tarihsiz) iyi bir biyolojik arıtmada organik maddelerin % 95'i parçalanabilmekte, buna karşın, örneğin azotlu maddeler, fosfor ve potasyum bileşikleri gibi besin maddelerinin parçalanması % 50'den daha ileriye gitmemektedir.

İspirtoculuk atıksuyu olan vinas (şilempe) çok fazla kirletmeye neden olur. Diğer yönden

bu atıksu başka amaçlar için değerlendirilebilir. Memleketimizde yalnız rakı fabrikalarından açığa çıkan bu atığın miktarı yaklaşık 105 milyon litre/yıl olarak kabul edilmektedir. İspirto fabrikalarından, işlenen ton melas başına mayasız olduğu takdirde KOG 180 kg, mayalı olduğu takdirde de KOG 210 kg olan vinas açığa çıkmaktadır (Bronn, 1977). Bu atık suyun BOG değeri KOG'nin % 80'ini oluşturur. Bunun % 75'i de fabrikasyonda kullanılan melastan ileri gelir ve işlenen bir ton melasın yarattığı kirlilik yaklaşık 2000-3000 insanınkine eşdeğerdedir.

İspirto fabrikalarının atığı olan vinasın bir suya verilmesinde herhangi bir kirletmenin söz konusu olmaması için KOG'nin 15 mg/l olması istenir. Bu ise atıksuyun % 99.8-99.9 oranında temizlenmesi demektir. Fermantasyon sırasında melastaki kuru maddenin 1/3'ü maya tarafından kullanılmadan kalır. Bunlar kısmen atıksuyun yüksek kirleticiliğine neden olan organik maddelerle kısmen de atığın yem ola-

rak değerlendirilmesini sınırlandıran, başlıca potasyum gibi metal tuzlarıdır. Bu durumu aşağıda verilen Tablo 6'da görebiliriz.

Vinasın arıtılması için mekanik ve fiziko-kimyasal yöntem dışında biyolojik yöntem kullanılır. Bu yöntem, esas doğada cereyan eden kendi kendine temizlenmeyi yapay olarak yapmaktır. Yani vinstaki çözülmüş maddeleri biyokitle gibi kısmen katı hale getirerek, kısmen de bunları CO₂ veya CH₄ ve CO₂ gibi gaz haline çevirerek uzaklaştırmaktır. Örneğin, aerob yöntemlerle (aktif çamur yöntemi) beher kilogram BOG başına 0.55 kg biyokitle kuru maddesi, buna karşılık damlama yönteminde de 0.1-0.3 kg biyokitle kuru madde elde olunmaktadır. Elde olunan bu biyokitle proteince çok zengin olmasından dolayı hayvan yemi olarak kullanılabilir.

Melas vinasından yem mayası üretimi göreceli olarak ekonomik olmaması yanında KOG'ni ancak yaklaşık % 50 düşürür. 60.000

Tablo 6. Vinasın bileşimi

Maddeler	Miktar		
	A	B	C
Kuru madde (Bx) (%)	—	8 - 10	3.0
Toplam katı mad. (%)	2.4	—	—
Toplam org. mad. (%)	—	6 - 7	1.5
Karbonhidrat (%)	0.5	—	—
İndirgen şekerler (%)	0.5	0.5 - 1.0	—
Protein (%)	0.4	0.3 - 0.4	0.7
Kül (%)	0.3	2 - 2.5	0.8
Toplam asitler (g/l)	6.1	—	—
pH (tartarik asit olarak)	—	4.5 - 5.0	—
Tiyamin (mg/100 g)	0.14	—	—
Riboflavin (mg/100 g)	0.06	—	—
Niyasin (mg/100 g)	0.04	—	—
Sodyum (mg/100 g)	6.5	—	—
Potasyum (mg/100 g)	27.0	1 - 1.2 (K ₂ O)	0.3
Kalsiyum (mg/100 g)	6.5	0.3 - 0.4 (CaO)	—
Demir (mg/100 g)	1.5	—	—
Fosfor (%)	—	0.1 - 0.2 (P ₂ O ₅)	—
BOG (mg/l)	—	40.000 - 50.000	15 (kgO ₂ /m ³)
KOG (mg/l)	—	70.000	22 (kgO ₂ /m ³)

A = Yazıcıoğlu, et. al. (1978)

B = Taygun ve Kılıç (1978)

C = Skognan (1979)

mg/l KOG olan bir ton melas şilempesinden 15 kg kuru yem mayası elde olunabilmektedir.

Son zamanlarda geliştirilen bir yöntemde ise (Bronn, 1977), atık su önce bir çürüme tankına alınmakta ve orada anaerobik bir parçalanmaya tabi tutularak metan gazı oluşturulmaktadır. Bu sırada azotlu maddeler, özellikle betain, anorganik amonyuma indirgenmektedir. Çürümeye tabi tutulmuş atıksu tortusu alındıktan sonra bir kalevileştirme kabına sevkedilerek kireç ilave edilmekte, sonra bir damıtma kolonundan geçirilerek amonyumun yaklaşık % 80'i amonyak halinde alınmakta ve bir absorban madde üzerinde amonyum sülfat olarak tutulmaktadır. Bu madde maya fabrikasında azot kaynağı olarak kullanılır. Daha sonra son temizleme işlemine tabi tutulmak üzere kısmen aktif çamur tesisine, kısmen de çürütme tankına geri sevkedilerek atık suyun BOG değerinde % 99'un üstünde bir düşme elde olunmaktadır.

Memleketimizde yapılan bir çalışmada (Taygun ve Işık, 1978), vinasdan THP üretimi yoluyla kirletmeye bir çözüm aranmış, laboratuvar ve pilot ölçeğindeki çalışmalarda başarılı sonuçlar alınmasına karşın, KOG değerinde yeterli bir düşme elde edilememiş ve THP üretiminden sonra geride kalan artığın hala yüksek değerlerde kirletici özelliğe sahip olduğu saptanmıştır.

Melastan ekmek mayası üreten fabrikaların atıksuyu da melas ispirotoculuğunda olduğu gibi, büyük bir kirleticidir (Bronn, 1977). Bir

ekmek mayası fabrikasından işlediği ton melas başına 25-50 m³ atıksu çıkmaktadır. Fabrikada kullanılan soğutma suyu atıksuya dahil edilmeyip atıldığı takdirde, miktarı ton melas başına 20 m³'ü bulan atıksuyun içerdiği organik maddeler nedeniyle kirletme değeri, yani BOG, literatürde farklı beyan edilmektedir. Örneğin bu değer değişik araştırmacılara göre 8.000-16.000, 5.000-10.000, 18.000-22.000 mg O₂/l olarak verilmiştir. Bu değer işlenen melas başına hesap edilseydi, bir araştırmacıya göre 100 kg O₂/t, diğer bir araştırmacıya göre de fabrikanın yalnız işletme ve ticari maya bölümlerinin atıksuyunda 160 kg O₂/t olacaktı. Bir araştırmaya göre de bir ekmek mayası fabrikasından ton melas başına 154 kg KOG olan bir atıksu açığa çıkarkı, bunun BOG, KOG'nin % 80'ini bulur. Bunun % 75'ide fabrikasyonda kullanılan melasa aittir. Melas kuru maddesinin yaklaşık 1/3'ü maya tarafından assimile edilmeyen organik ve inorganik maddelerden oluşur. Bu maddeler separatörlerde mayadan ayrılan sıvı kısım ile değişmeksizin atıksuya geçer. Bu durum Tablo 7'de görülmektedir.

Yukarıda verilen Tablo 7'de görüldüğü gibi maya tarafından alınmamış maddelerin bir kısmını, *Saccharomyces cerevisiae* tarafından assimile edilemeyen betain gibi maddeler, bir kısmını da potasyum gibi assimile edildiği halde melasta fazla miktarda bulunan maddeler teşkil etmektedir. Keza aynı tabloda melasın fermentasyondan önce ve sonraki karşılaştırmasından maddelerin bir kısmının kaybolduğu

Tablo 7. Prosesde kullanılan melasla karşılaştırmalı olarak atıksuyun bileşimi (Bronn, 1975)

Maddeler	Melas (g/100 g)	Melas	
		Fermt. önce	Fermt. sonra
		(g/100 g)	
Kuru madde	77.2	8.57	3.00
Toplam karbonhidrat	51.0	5.60	0.07
Azotlu org. maddeler	17.9	1.96	1.50
Betain	3.7	0.4	0.4
Diğer org. maddeler	2.1	0.23	0.63
Kül	6.2	0.78	0.80
Potasyum	3.6	0.4	0.3
KOG (mgO ₂ /kg)	yak. 630.000		
KOG (mgO ₂ /l)		yak. 70.00	yak. 16.000

anlamı çıkarılabilir. Bunlar mayanın assimile ettiği veya solunumla kullandığı maddelerdir. Diğer bir nokta ise, atıksuyun kirletme yükünde, tabloda «diğer organik maddeler» olarak gösterilen maya metabolizma ürünleri de sorumludur. Bu durum fermantasyondan sonraki melasda bu tür maddelerin fermantasyon öncesi melasa göreceli olarak artış göstermesinden anlaşılıyor.

Yukarıda bileşimi verilen atıksuyun kirletme yükü kalparada uygulanan biyolojik yıkımla 5-6 saat içinde % 60-80 oranında düşürülebilmektedir. Bu amaçla BOG 12-20 kg/t olan atıksu önceden BOG 6.000 mg/l olacak şekilde seyreltilmekte ve biyolojik yıkım sırasında kaba kilogram BOG başına 8-12 m³ hava verilmektedir. Kireçle nötralize edilmiş ve seyreltilmiş aynı atıksuyun aerobik muamelesinde ise, BOG 24 saat sonra % 60-70 düşmektedir.

Bir başka yöntemde ise, her iki yıkım şekli, sırasıyla anaerobik sonra aerobik olmak üzere arka arkaya kullanılmaktadır. Bu durumda 20 t melasın işlenmesinden açığa çıkan 8600 mg/l BOG olan 350 m³ atıksuyun biyolojik yıkımda 100-1500 m³ metangazı (% 30-40 CO₂li) elde olunurken, diğer yönden de BOG ilk aşamada % 85, ikinci aşamadan sonra ise % 90-95'e kadar düşürülebilmektedir.

Süt ve mamulleri fabrikaları atıksularının

dispozal sorunu giderek önemini artırmaktadır. Bu atıksular içinde peynir suyu miktarının her geçen gün artması ile bütün dünyada son yıllarda dikkatleri üzerine çok çekmektedir. Bu atıksudan bazı memleketler % 100'e varan oranda faydalandıkları halde, memleketimizde yıllık üretimi 230.000 t olduğu ifade edilen (Yazıcıoğlu et al, 1980) peynir suyu değerlendirilmeyerek atılmaktadır.

Peynir suyunun bileşimi peynir çeşidine ve kullanılan yöntem, kullanılan mayanın kalite ve miktarına, pıhtılaşma sıcaklığı ve süresine, pıhtının parçalanma biçimine, telemeye uygulanan işlemlere ve peynir randımanına göre değişmektedir (Konar, 1978). Çeşitli kaynaklara göre peynir suyunun bileşimi Tablo 8'de görülmektedir.

Peynir ve laktoz fabrikalarının atıksularının arındırılması için tuğla parçacıkları, plastik v.b. maddelerden yapılmış yastıklar kullanılmaktadır (Clavier, 1980). Yukarıda adı geçen maddelerden yapılmış yastıklara 4 ay süreyle günde 5 kg/BOG/m³ yüklü 3 m³/h atıksu verilmektedir. KOG değerindeki ortalama düşmeler tuğla parçalarından yapılmış yastıkta % 49.6, pozzolanadan yapılmışta % 41.7 ve plastikten yapılmışta ise % 34.7 bulunmuştur.

Süt ve mamulleri fabrikalarının atıksularının miktarları ve bunların BOG'leri mamülün

Tablo 8. Peynir suyunun bileşimi

Maddeler	Pıhtılaşma Biçimi		M İ K T A R I			
	Maya	Asit	Konar 1978	Yazıcıoğlu 1980	Ling 1963	Reesen 1978
Su (%)	93.0	93.0	93.3	92	93.4	94.25
Laktoz (%)	4.90	5.10	4.70	5	4.8	4.40
Protein (%)	0.90	1.00	0.90	0.85	0.9	0.80
Yağ (%)	0.30	0.10	0.30-0.60	0.3	0.3	0.05
Kül (%)	0.60	0.70	0.60	0.3	0.6	0.50
Demir (mg/100 ml)	—	—	—	0.12	—	—
Sodyum (mg/100 ml)	—	—	—	14.5	—	—
Potasyum (mg/100 ml)	—	—	—	30.0	—	—
Kalsiyum (mg/100 ml)	—	—	—	13.5	—	—
Riboflavin (mg/100 ml)	—	—	—	0.10	—	—
Niyasin (mg/100 ml)	—	—	—	0.10	—	—
pH	—	—	—	5.5	—	—
BOG (mg/l)	—	—	44.000	—	—	—

çeşidine göre büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin UHT süt işleyen bir fabrikadan litre süt başına 2.12 - 5.12 l, yayık yağı için 1.2 - 1.3 l ve bir italyan peynir çeşidi için de 1.1 l atıksu elde olmaktadır. Bu atıksuların BOG değerleri ise sırasıyla 3.43 - 3.63, 2.53 - 2.73 ve 1.8 kg/t süt bulunmuştur (Pompe, 1979).

İtalya'da pilot tesis ölçeğinde yapılan model geliştirme çalışmalarında homojenizasyon/havalandırma tankı, havalandırmayı izleyen bir ön çöktürme tankı/çöktürme aşamalarını içeren bir sistemde BOG'sinin % 98-99 düşme gösterdiği bulunmuştur. Bir diğer model sistemde ise ön-çöktürme tankı derveden çıkarıldığında, ise BOG'sinin düşme % 98'i KOG'sinde % 91'i bulmuştur (Marini et. al., 1977).

Süt ve mamülleri atıksularının değerlendirilerek bir kirlenme amili olmaktan kurtulmaları çeşitli şekillerde düşünülebilir. Bunlar arasında biyolojik olanların yeri ve önemi büyüktür. Buna peynir suyundan biyolojik yolla çeşitli ürünlerin elde edilmesini örnek gösterebiliriz.

A.B.D. de yapılan bir araştırmada *Torulopsis sphaerica* ve *Kluyveromyces fragilis* kullanarak biyokitle elde olunmuştur. Sonuçta KOG'de % 60 oranında bir düşme ortaya çıkmıştır (Al-Omar, 1978).

Peynir altı suyundan biyokitle üretimi yoluyla peynir suyunun kirlenmesinin azaltılması amacıyla yapılan bir başka çalışmada ise, *Kluyveromyces fragilis* Y-1156 suşu kullanılmış ve inkübasyon 35°C de ve 20 saat sürekli havalandırılarak yaptırılmıştır. Yetiştirmeden önceki ve sonraki KOG ölçmeleri iki yöntemle göre yapılarak değerlendirilmiştir. 16 ve 20 saat aralığı yapılan ölçmelerde yöntemlerden birine göre KOG azalması sırasıyla % 29 ve % 37 bulunmuştur. Diğer yöntemde bu azalma 16 saat sonra % 66, 20 saat sonra ise % 77'ye çıkmıştır. Ayrıca proteini alınmış peynir suyunda benzer bir durum saptanmıştır. Denemenin başında birinci yöntemle peynir suyunun KOG'si ortalama 61.000 mg/l, diğeriyle ise ortalama 69.000 mg/l ölçülmüştür. Diğer yönden adı geçen maya laktozun tamamını 16 saat içinde yıkıma uğrattırırken, laktik asidin ve protein olmayan azotun bir kısmı olduğu gibi kalmıştır.

Peynir suyunun diğer bir biyolojik değerlendirme biçimi ekonomik açıdan büyük ümitler vaatmektedir. Bu, peynir suyundan alkol üretimidir (Reesen ve Strube, 1978). Bu yöntemle ultrafiltrasyon dahil edilerek peynir suyunun proteinini ayırmak, değerlendirmeyi daha ileri boyutlara vardırabilir. Bu amaçla laboratuvar ve pilot tesis ölçeğinde *Kluyveromyces fragilis* ile yapılan araştırmalar peynir suyunun kirlenme yükünün bu yolla düşürülebileceğini göstermektedir. Gerçekten de alkol fermantasyonunu izleyen destilasyonla peynir suyunun KOG'si % 90 düşmüştür. Ancak 50°C'nin üstünde olan destilasyon atığının hala yaklaşık 7.000 mg/l KOG göstermesi bu atığın birçok hallerde ikinci bir arıtmaya tabi tutulmasını gerektirir.

Burada gıda sanayinin diğer atıklarında da kısaca bahsetmek isteriz. Sebze konservesi işleyen bir işletmeden elde edilen ve miktarları, kirlenme değerleri ve katı madde içerikleri değişik, sırasıyla 4 m³/h-BOG₇, 25-30.000 mg/l-% 1 katı madde; 4m³/h-BOG₇, 30.000-35.000 mg/l-% 10 katı madde ve 0.4 m³/h-BOG₇, 45.000 mg/l-% 0.6 katı madde içeren 3 ayrı atıksu karıştırıldıktan sonra 50 m³ hacimli bir biyoreaktörde aerobik yıkıma tabi tutulmuştur. Deney atmosferik basınç altında yapılmıştır. Tepkime 57°C'de 6 saat sürdürülmüş ve karıştırma bir pompa aracılığıyla ve saniyede 65 l'lik bir akış hızıyla yapılmıştır. Havalandırma ise başlangıçta 45 l/saniye, sonra 35 l/saniye olmuştur. Deney sonunda atık suyun ölçülen BOG₇ değeri 11.000 mg/l'den daha az bulunmuştur ki, BOG düşmesi % 65 oranında demektir. Bu ise müsaade edilen sınırlar içinde bulunur (Carlson, 1980). Başka bir çalışmada sebze, meyve ve et işleyen gıda endüstrisinin atıkları, at gübresi ve kanalizasyon çamuru karışımına dolgu materyali olarak odun kabuğu katılarak açıkta veya çukurlarda 2x4x100 m yığınlar halinde bir kompostto hazırlanmıştır. Yığınlar arasına devşirilerek havalandırılmıştır. Bu işlemin sıklığı ve derecesi fermantasyonunun sıcaklığı, ortamdaki CO₂ konsantrasyonu ve nem oranı otomatik çalışan bir aletle düzenlenmiştir. Bu aerobik termofilik fermantasyon sonunda BOG değeri 17 gün sonra ölçülmüş ve % 85 azaldığı saptanmıştır. Bu deneyde devşirme sıklığı her 21-30 günde 48-72 saat, sıcaklık 57-61°C, CO₂ konsantrasyonu %

Tablo 9. Çam ağacı sülfid şurubunun BOG değerinin çeşitli arındırma ve değerlendirme yöntemleriyle düşürülmesi.

	Maksimum hacim yüklemesi kg BOG/m ³	BOG değerinde düşme (%)	
		Mak.	Ort.
Arındırma yönt.			
Aktif çamur	1.0	95	—
Damlama	3.84	81	65-70
Daldırma	5.7	86	70-75
Değerlendirme yönt.			
Metan fermentasyonu	0.9	80	60-70
Aseton-Bütillalkol fer.	27.0	79	—
Laktik asit Fer.	40-47	—	45-50
Maya Üretimi.	61.3	83	70-75

8 idl. Hijyenizasyon sıcaklığı kanuna göre 57°C' de 20 gün tutulmayı gerektirmektedir.

Sellüloz üretiminde açığa çıkan ve sülfid şurubu olarak tanınan atıksu en önemli doğa kirleticilerinden biridir. Çünkü bileşiminde (Tablo 10) oksijen sarfeden organik maddeler ve SO₂ içermektedir. Bu atığın kirletme derecesinin düşürülmesi maya üretimiyle ekonomik olarak olanaklıdır. Bu şekil en az yer gereksinmesi bakımından diğer biyolojik arındırma ve değerlendirme şekillerinden daha etkilidir. Bunu Tablo 9'da görmekteyiz (Butschek, 1962).

Tablo 10. Sülfid şurubunun bileşimi (Pamir et.al, 1968).

Maddeler	Miktar
K. madde (%)	10.32-15.41
Organik Mad. (%)	9.31-13.65
H. protein (%)	0.4-1.9
İndirgen şekerler (%)	2.48-3.84
Pentozlar (%) (Ksiloz alarak)	0.31-0.63
Genel asitlik (%) (Asetik asit olarak)	0.11-1.01
pH	1.60-2.70
Bağlı SO ₂ (%)	0.25-0.57
Serbest SO ₂ (%)	0.027-0.116
İyot Sayısı	9.8-36.4
Kül (%)	0.99-2.05
Sülfat külü (%)	1.37-2.40
Kalsiyum (CaO) (%)	0.47-0.94
Magnezyum (MgO) (%)	0.012-0.078
Potasyum (K ₂ O) (%)	0.002-0.043
Fosfor (P ₂ O ₅) (Mg/l)	0.64-19.0
Arsenik (mg/l)	0.00-0.50
Kurşun (mg/l)	0.0

Dünya nüfusunun beslenme sorunu ile ilgilenen araştırmacılar çeşitli atıkların bu yolda değerlendirilmesine eğilimlerdir. Böylece yukarıda da belirtildiği gibi bu atıkların doğada birikim yaparak çevre kirlenmesine neden olmasına da engel olunmaktadır. Herhalde bu konuda ilk akla gelebilecek olanak sülfid şurubundan biyolojik yolla biyokitle, yani besin ve yem mayası üretimi olmalıdır. Gerçekten de bugün bütün dünyada sülfid şurubundan üretimleri 100 binlerce ton kuru maya olan fabrikalar faaliyet halindedirler. Böylece yukarıda verilen tabloda da görüldüğü gibi, atık suyun kirletme değeri, BOG, % 70-75 oranında düşerken, diğer yönden de % 3.0-3.5 i.ş. ve % 1.2 asetik asit içeren bir sülfid şurubundan % 94 gibi yüksek hazmolma katsayısına sahip, % 45.0-60.0 oranında bir protein içeren 12-15 kg kuru maya elde olunur. Bu mikrobiyal proteinin özellikle hayvan beslenmesindeki yeri çok büyüktür. Bu maya üretiminden çıkan atık suyun bir kez daha fabrika içinde kullanılması (recycling) BOG'nin % 83 düşmesini sağlayacağından, bu kadar düşük bir BOG değeri gösteren bir atık suyun doğaya atılması sakıncalı olmamaktadır. Çünkü doğa fazla yüklenmediği takdirde kendini temizleyebilecek güçtedir.

Yukarıda bir örneği verilen biyokitle üretimi biyolojik dönüşüm prosesinin son aşamasıdır. Bu aşamaya geçilmeyen prosesler de bazı atıkların topluca değerlendirilmesi ve dolayısıyla o atığın çevreyi kirletmesini ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Bu atıkların büyük çoğunluğu tarımsal sellülozlu atıklardır. Bu konuda 1978 yılında toplanan III. Ulusal Biyo-

kimyasal Mühendislik Kongresi'nde bir tebliğ tarafımdan sunulmuştu. Bu kez burada aradan geçen süre içinde bu alanda bizim de katıldığımız pek çok sayıda araştırmalar yapıldığını belirtmekle yetineceğim.

Araştırmacıların atıkların biyolojik yolla besin değerlerinin artırılması alanında yaptıkları çalışmalarından yeni bir örnek olmak üzere zamanla gelişen tavukçuluk endüstrisinin bir atığı olan tüylerin besin değerinin biyolojik dönüşüm yoluyla artırılmasını verebiliriz (Gökten, 1980). Burada oldukça uzun zamandan beri uygulanan ve fakat dengesiz amino asit bileşimi bakımından besin değeri düşük keratinin kimyasal hidrolizasyonu yerine mikrobiyal bir yöntem uygulanmakta ve keratin *Streptomyces fradie*,

Bacillus subtilis ve *Actinomyces* suşlarıyla yıktırdıktan sonra bu ortamda *Candida utilis* protein mayası üretimi önerilmektedir. Böylece bir taraftan doğanın kirlenmesi önlenirken, diğer taraftan da tavuk tüylerinin biyolojik değeri yükseltilerek yem olarak kullanılmaktadır. Gerçekten de yapılan bir çalışmada elde olunan biyokittinin amino asit analizlerinde deney öncesi miktarları düşük olan lizin ve histidin gibi temel amino asitlerin miktarlarında sırasıyla % 53-500 ve 300-400'lük artışlar saptanmıştır. Metiyonin ise, deney öncesinde bulunmadığı halde deney sonrasındaki miktarı % 0.19 saptanmıştır ki, bu metiyonin için azımsanmayacak bir düzeydir. Çünkü bu değer soya ununa (% 1.1) oldukça yakın, et-kemik unundan ise % 0.6 yüksektir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, (Tarihsiz). Brauerei Handbuch. α -Laval, No. PM. 40350 T.
- Al-Omor, M.A. 1978. Utilizing whey nutrients for yeast production and pollution control. Dissertation Abstracts International 38 (7) 3108 3109.
- Bronn, W.K. 1975. Abwasserbelastung bei Hefefabriken und Melassebrennereien. Die Brauwirtschaft. 22. 388-396.
- Bronn, W.K. 1977. Die technologischen Möglichkeiten der Abwasserreinigung oder Ablaufverwertung bei Hefefabriken und Melassebrennereien. Die Brauwirtschaft. 22. 409-414.
- Butschek, G. 1962. Nähr- und Futterhefen. Die Hefen. Band II. Technologie der Hefen. Verlag Homs Carl.
- Carlson, C.G. 1980. Industrial application of optimized aerobic thermophilic degradation of liquidous vegetable processing wastes. VI th International Fermentation Symposium. F-11. 2. 9 (P).
- Clavier, J. 1980. Le traitement des eaux résiduaires à Corcieux. Technique Latière. 939.29-32.
- Gökten, D. 1980. Kümes Hayvanları Tüylerinin Besin Değerini Mikrobiyal Yolla Artırma Konusu Üzerinde Araştırmalar (Doçentlik Tezi). E.Ü. Gıda Fakültesi. Bornova, İzmir.
- Marini, G. et.al., 1977. Trattamento biologico delle acque di scarico di latteria. Latte. 2 (2) 76-84.
- Pompei, C. 1979. La depurazione degli effluenti nell'industria lattierocasearia. Industrie Alimentari. (18 (10). 720-734.
- Reesen, L., Strube, R. 1978. Complete utilisation of whey for alcohol and methane production. Process Biochemistry. 13. 11. 21-24.
- Taygun, N., Işık, H. 1978. The recycle of vinasse in alcohol plants. The Microbiology Dept. Sugar Research Institute. Ankara.
- Rehm, H.J. 1967. Industrielle Mikrobiologie. Springer Verlag. Berlin.
- Thiel, P.G., P.J. Du Toit. 1965. The chemical composition of a brewery waste. J. Inst. Brew. 71. 509-514.
- Tofflemire, T.J. 1972. Survey of methods of treating wine and grape wastewater. Amer. J. Enol. Viticult., Vol. 23. No. 4.
- Yazıcıoğlu, T. et.al. 1980. Some trials on the utilization of whey, black water of olive and vinasse for production of SCP in Turkey. Marmara Scientific and Industrial Research Institute.
- Konar, A. 1978. Yeni Gelişmelerin Işığında Sütçülük Artıklarının Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. Gıda Dergisi. 3.1.35-46.



Yonca Süt
Helal Süt