



**İÇME SUYUNDA TOPRAKSI, ODUNSU, KÜFLÜ KOKU
OLUŞUMU VE KONTROLÜ**



TARİH: EYLÜL 2019

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	2
2. REZERVUAR KAYNAKLI TAT VE KOKU.....	3
3. YÜZEYSEL SU KAYNAKLARINDA SİYANOBAKTERİLER VE KOKU/TAT.....	4
3.1. Aktinomisetler.....	4
3.2. Geosmin.....	4
3.3. MIB (2-Methylisoborneol)	5
4. GEOSMİN VE MIB GİDERİMİ	6
5. KAYNAKLAR.....	8

1. GİRİŞ

İçme suyunda istenmeyen özellikle mevsimsel bir koku, zararlı bir kirleticinin (sağlık açısından zararsız) varlığını göstermemekle birlikte içme suyunun temiz hale getirilmesi için çalışma yapılması gerektiğinin gösterir. En yaygın iki metabolit geosmin ve 2-metilisobornealdir (MIB). Bu bileşikler zararsız olsalar da insanların tat ve koku alma duyuları için son derece hassastır ve suda 10 ng/L kadar düşük konsantrasyonlarda tespit edebilir.

Şehirde içme suyu kaynağından verildiği bölgedeki tüm içme suyu musluklarında koku kirliliği hissediliyorsa, sorun muhtemelen ana yüzeysel su kaynağıdır. Yalnızca belirli musluklarda koku meydana geliyorsa, sorun, bu belirli muslukları besleyen armatürlerde veya borularda olması kuvvetle muhtemeldir. Su birkaç dakika aktıktan sonra koku problemi kaybolursa, sorun bina/ev tesisat sisteminde olması kuvvetle muhtemeldir. Koku devam ediyorsa, sorun su kaynağı hem su kaynağı hem de tesisat sisteminin birleşimi olabilir.

İçme suyunda yosun, ot, katran, balık vb. kokular olabilir. Halk arasında “balçık gibi kokuyor”, “küf kokuyor” gibi ifadelerle de anlatılan birtakım değişik kirlenme etkenlerine bağlı kokular olabilir. İçme suyunun kaynağından tüketici musluğuna gelene dek tat ve kokunun oluşabileceği üç temel nokta bulunmaktadır:

1. İçme suyunun temin edildiği rezervuar (baraj gölü),
2. Suyun arıtıldığı arıtma tesisi,
3. Suyun tüketicilere iletiildiği dağıtım şebekesinin incelenerek sorunun kaynağının/kaynaklarının tespit edilmesi kritik öneme sahiptir.

Su kaynaklarında tat ve koku üreten siyanobakterilerin (maviyeşil algler) yoğun olarak görülme sıklığının artışı, giderek büyüyen bir küresel sorundur. Özellikle yaz aylarında sıcaklık artışı etkileri, yeterli arıtılmayan atıksular, tarımsal besi maddesi ve hayvansal atık yükü gibi insan aktiviteleri zaten durgun ve sakin olan içme suyu kaynağında güneşli yaz aylarında alg patlamasını arttırmaktadır. Tat ve koku üreten algler, tipik olarak yaz sonunda veya sonbaharda alg patlamaları halinde gerçekleşir. Bu bileşiklerin varlığı dünya çapında tüketici şikayetlerinin başında gelmektedir. Özellikle içme suyu barajlarını besleyen akarsu/dere ağzlarından başlayarak alg gelişiminin artması ile birlikte son yıllarda önemli su kaynaklarında Geosmin ve 2-MIB değerleri 10 ng/L eşik değerinin üzerine çıkmaktadır.

Farklı noktalarda oluşan tat ve koku, bazı biyolojik ve/veya antropojenik kaynaklardan ileri gelmektedir. Rezervuarlarda başlıca biyolojik kaynaklar olan alg (siyanobakteri) ve aktinomisetlerin filamentli bakteriler), 2-MIB (2-metilizoborneol) ve geosmin gibi suya toprak ve küflü bir tat veren bazı tat ve koku bileşikleri ve toksinlerinin potansiyel üreticisi olduğu bilinmektedir. Çözünmüş 2-MIB ve Geosmin, 10 ng/L konsantrasyonunun altında bile insanlar tarafından algılanabilmektedir. Öte yandan, antropojenik bazı organik ve inorganik bileşikler (demir ve mangan gibi bazı metaller, halojenler, aldehit ve ketonlar) suda keskin ve çürük kokulara sebep olmaktadır.

2. REZERVUAR KAYNAKLI TAT VE KOKU

Su havzalarını kirleten kaynaklar, noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarıdır. Bu kirlilik neticesinde su kaynağında ötrofikasyon meydana gelmekte ve çeşitli algal metabolitler suya istenmeyen tat ve koku vermektedir. Dolayısıyla, havzada alınacak önlemler, içme suyundaki tat ve koku sorununun oluşmasını önlemede oldukça kritik bir öneme sahiptir.

Yayılı kirletici kaynaklardan oluşan en önemli kirlilik parametreleri makro besin maddeleri olan azot (N) ve fosfor (P)'dur. Su kaynaklarındaki kalitenin iyileştirilmesi ve korunması için noktasal kirleticilerin yanı sıra, su ve havza kirlenmesi üzerinde büyük etkisi olan yayılı kirleticilerin belirlenmesi ve kontrolü de son derece önemlidir. Başlıca yayılı kirlilik kaynakları; tarım ve hayvancılık dışı arazi kullanımı, tarımsal faaliyetler, hayvancılık faaliyetleri, atmosferik taşıyım, foseptikler ve düzensiz atık depolama alanları olarak sıralanabilir.

İçilebilir su üretiminde algleri, ham su kaynaklarındaki tat ve kokunun en önemli sebebi olarak görülmektedir. Algler su kaynaklarında oldukça yaygındır ve içme suyunun organoleptik kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Mavi-yeşil algler ve kamçıllılar gibi bazı diatomlar başlıca sorun kaynakları olsa da, desmidleri de içeren bazı yeşil alglerin de, bu sorun kaynaklarından biri olduğu belirtilmektedir.

Özellikle rezervuarlardaki yüzeysel su kaynaklarında, tat ve kokuya protozoa, mantar ve diğer sucul mikrobiyotanın da sebep olduğu bilinmektedir. Bu tür tat ve koku; "balıksı", "topraksı", "odunsu", "küflü", "somon", "gübre" ve "sardunya" gibi tanımlanmaktadır. En sık bildirilen topraksı-odunsu-küflü tat ve kokuların, belirli mavi-yeşil algler ile aktinomisetler ve birkaç mantardan kaynaklandığı bilinmektedir. En sık bildirilen topraksı-odunsu-küflü tat ve kokuların, belirli mavi-yeşil algler ile aktinomisetler ve birkaç mantardan kaynaklandığı bilinmektedir.

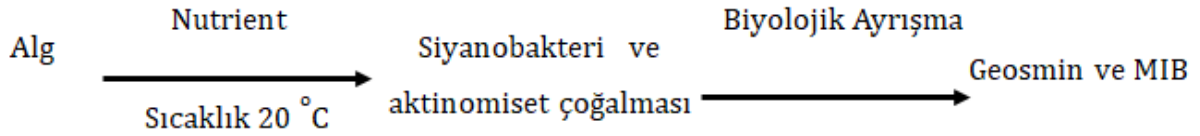
Siyanobakteriler, mavi-yeşil alg, mavi-yeşil ve siyanofita gibi birçok şekilde adlandırılmaktadır. Siyanobakterilere ötrofik sulara (nütrient bakımından zengin sular) ve sığ rezervuarlarda sıklıkla rastlanmakta ve siyanobakteriler yüzey köpüğü, bentik (taban) örtüsü ve sucul ot formunda görülebilmektedirler. Rezervuarda ötrofikasyonun meydana gelmesi halinde bakteriler ölererek koku bileşiklerini su ortamına bırakmaktadır.

Aktinomisetler, filamentli bakterilerdir. Göllerin su kolonu ve sedimentleri ile akarsular ve nehirler gibi çeşitli habitatlarda bulunarak alg ve sucul bitkilerle uyum içinde yaşamaktadırlar.

3. YÜZEYSEL SU KAYNAKLARINDA SİYANOBAKTERİLER VE KOKU/TAT

- ✓ Mavi-yeşil algler (Siyanobakteri) ve aktinomisetler, geosmin veya MIB üreten hücrelerinde biriktirebilmektedir.
- ✓ Hücrelerde biriktirilen geosmin veya MIB canlı hücrelerden sızabilir veya hücre içerisinde yoğun konsantrasyonda bulunabilir.
- ✓ Hücreler öldüğünde veya parçalandığında geosmin ile MIB su ortamına salınır. Geosmin ve MIB üretimi çevre koşullarından etkilenebilir.

Siyanobakteri ve koku/tat



3.1. Aktinomisetler

- ✓ İçme sularında geosmin ve MIB'in önemli üreticilerinden biri de aktinomiset bakterileridir.
- ✓ Aktinomisetler, toprak mantarlarında çubuk şeklinde ve filamentli (ipliksi) bakteriler olarak karasal çevre ve tatlı su ortamında bulunmaktadır.
- ✓ Aktinomisetlerin bazı türleri sporlar oluşturabilir ve bunlar rüzgarlar ile veya su bazlı sedimentler ile taşınabilir.
- ✓ Aktinomisetlerin yaygın türleri Actinoplanes, Micromonospora, Rhodococcus, Streptomyces ve Thermoactinomyces'dir.

3.2. Geosmin

- ✓ Geosmin trans-1,10-dimethyl-trans-9-decalol olarak bilinmektedir.
- ✓ Siyanobakteriler, aktinomisetler ve aktinobakteriler gibi organizmalar tarafından geosmin üretilmektedir.
- ✓ Özellikle yaz mevsiminde sıcaklığın 20 oC ve üzerinde olduğu besi maddesi bakımından zengin koşullarda alg çoğalmaları olmaktadır.
- ✓ Bu alg çoğalmaları geosmin gibi tat ve koku problemi oluşturan ürünlerin oluşumuna katkı sağlayabilmektedir.
- ✓ Geosminin koku eşiği değeri 15 ng/L'dir.
- ✓ Geosmin için Güney Kore, içme suyunda maksimum müsaade edilen sınır değeri 20 ng/L olarak belirlemiştir.

3.3. MIB (2-Methylisoborneol)

- ✓ 2-Methylisoborneol (MIB), 1,6,7,7-tetramethylbicyclo[2.2.1]heptan-6-ol olarak bilinmektedir.
- ✓ 35 ng/L gibi düşük koku eşik değerine sahiptir. 2-MIB için Güney Kore, içme suyunda maksimum müsaade edilen sınır değer 20 ng/L olarak belirlemiştir.
- ✓ Geosmin gibi konvansiyonel arıtma prosesleri ile arıtılabilirliği oldukça güçtür.

USEPA, geosmin ve MIB-2 için içme suyunda maksimum müsaade edilen sınır değer belirlenmemiştir. Ancak toplam koku sayısı (TON) sınır değeri, 3'dür.

WHO, güvenli su kaynakları için siyanotoksin konsantrasyonlarını 1 µg/L ile sınırlandırmaktadır.

Bununla birlikte, geosmin ve MIB'nin herhangi bir sağlık sorunu yarattığı gösterilmemiştir ve herhangi bir yasa ile düzenlenmemiştir. Sağlık üzerinde olumsuz bir etkisi olmamasına rağmen, içme suyunda düşük tat ve koku eşiklerinde olduğundan dolayı tüketiciler geosmin ve MIB'e maruz kalmaya karşı duyarlıdır.

Tablo 3.1 Geosmin ve MIB Kaynakları ve Tat/Koku

Kimyasal	Tat/koku	Kaynaklar
Geosmin	Toprağımsı veya otsu koku	Aktinomiset, mavi-yeşil alg (siyanobakteri) ve yeşil algler tarafından üretilir
2-Methylisoborneol (MIB)	Küf kokusu	Aktinomiset, mavi-yeşil alg (siyanobakteri) ve yeşil algler tarafından üretilir
2t, 4c, 7c-decatrienal	Bayat balık kokusu	Mavi-yeşil alg (siyanobakteri) tarafından üretilir

Nisan ayından itibaren Eylül ayı sonuna kadar güneşli ve sakin günlerde yüzeysel içme suyu kaynağından haftada bir defa numuneler alınıp geosmin ve methylisoborneol analizleri yapılmalıdır. Geosmin ve methylisoborneol (MIB) parametreleri izlenmelidir.

4. GEOSMİN VE MIB GİDERİMİ

Ötrofikasyon riskinin azaltılabilmesi için havzalardaki noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar daha etkin kontrol edilmelidir. Bu kapsamda su havzalarında yer alan yerleşimlerde birleşik sistem atık su kanalizasyon sistemlerinin ayrı sistem (atık su ve yağmur suyu için ayrı toplama şebekeleri) dönüştürülmesi, köy yerleşimlerine uygun atıksu arıtma yönetiminin uygulamaya konması, tekil evler için daha etkin ve denetimli vidanjör hizmeti sunulması, havza koruma bölgeleri içindeki yapılaşmanın ve kötü tarımsal faaliyetlerin engellenmesi, sanayi tesislerinin arıtma tesislerini yapmaları/işletmeleri, havzadaki tarım ve hayvancılık faaliyetlerinde iyi tarım ve hayvancılık prensiplerinin teşvik edilmesi, uygulanması ve organik tarımın teşviki öncelikle takip edilmelidir.

İçme suyu kaynağında su kalitesi izleme programı oluşturulması, tat ve koku problemlerinin kontrol altına alınmasında temel stratejilerden biri problem fazla büyümeden ve kullanıcılara yansımadan sorunun kaynağının tespit edilerek gerekli müdahalenin yapılmasıdır. Hassas kullanıcılar Geosmin ve 2-MIB maddelerinin çok düşük konsantrasyonlarında (~5 ng/L) bile rahatsızlık duyabilmektedir. Bu konsantrasyonlar rutin analitik metotlarla ölçülebilen limit değerlere (~1 ng/L) oldukça yakındır. Bu yüzden izleme programı kapsamında bu maddelerin doğru ve hassas şekilde ölçüldüğünden emin olunmalıdır.

Sorunun muhtemel kaynağı olan noktalarda gerekli ölçümler yapılarak ve önlemler alınarak tat ve kokunun meydana gelmesi engellenebilir. Tat ve koku oluşumunun önlenemediği durumlarda ise yaygın tat ve koku giderim yöntemleri belirlenerek, arıtma tesisinde mevcut duruma en uygun proses seçilebilir ve uygulanabilir.

Aşağıda detayları verilen Geosmin ve MIB giderme metotlarında önce içme suyu arıtılır, daha sonra Geosmin ve MIB giderimi yapılır ve Geosmin ve MIB giderilmiş su şebekeye verilmeden önce dezenfekte edilir.

Geosmin ve MIB arıtımı;

- ✓ Granüle aktif karbon, sıvı veya gaz fazdaki iyon veya moleküllere konsantre halde birikebilecekleri bir yüzey sağlayan adsorbent bir malzemedir. Aktif karbon içilebilir sulara organik maddeleri gidermede yaygın olarak kullanılır. Aktif karbon adsorpsiyonu; tat ve koku bileşikleri, dezenfeksiyon yan ürünleri, alg toksinleri, sentetik organik bileşikler, endokrin bozucular, ilaç ve kişisel bakım ürünleri gibi birçok bileşiği gidermede etkili bir metottur. Hızlı karıştırma ünitesinde 5-10 mg/lit toz aktif karbon uygulaması veya arıtma yapıldıktan sonra **granüle aktif karbon** yatağında 2-10 dakika temas süresinde 2-MIB ve Geosmin'i %95 oranında gidermek mümkündür. Ancak granüle aktif karbon uygulaması pahalı bir metottur.
- ✓ 2-MIB ve Geosmin giderimi için **yavaş kum (biyolojik) filtrasyonunun** oldukça etkili olduğunu; 25-69 ng/L başlangıç 2-MIB konsantrasyonlarının giderim veriminin %88-100 aralığında, 360 ng/L başlangıç Geosmin konsantrasyonunun giderim veriminin ise ~%75-98 olduğunu tespit etmiştir.
- ✓ Vakum **UV ışınlaması** MIB ve geosmin giderimi için UV ışınlamasından daha iyi performans göstermektedir.

- ✓ **Ozon oksidasyonu**, 2-MIB ve Geosmin gibi siyanobakteriyel metabolitlerin gideriminde kullanılan yaygın yöntemlerden biridir. 1.5 mg/L ozon dozajında MIB % 70-90 giderilebilir. Aynı ozon dozunda geosmin giderme verimi MIB gideriminden daha fazla olduğu görülmüştür.
- ✓ **Ozon** ile giderme verimi %50 iken ozon+UV ile giderim %90'lara ulaşabilir.
- ✓ **Ozon** ile MIB giderimi %28 iken boksit katalizi ve ozon ile verim %75'e kadar artabilir.
- ✓ **UV/H₂O₂** ile geosmin giderme verimi %50-70 olabilir.
- ✓ **Ti/IrO₂-Pt anot**, 60 dakika 3 g NaCl/L'de elektroliz ve 40 mA/cm² akım yoğunluğunda geosmin konsantrasyonu 600 ng/L'den 8 ng/L'ye kadar azalabilir.
- ✓ **UV** 1200 mJ/cm² dozu ve 6 mg H₂O₂/L ile geosmin %90 ve MIB %60 giderilebilir.

5. KAYNAKLAR

1. “Color, taste and odor problems in drinking water” 331-286 Revised, <https://fortress.wa.gov/doh/odwpubs/Publications/>, February 2018
2. Prof. Dr. Mehmet ÇAKMAKCI, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, “İÇME SUYU ARITIMINDA TAT VE KOKU GİDERİMİ , İSKİ, 2018.
3. Malhun FAKIOĞLU, Mahmut Ekrem KARPUZCU, İzzet ÖZTÜRK, “İçme sularında alg kaynaklı tat ve koku sorununun değerlendirilmesi”, Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 24(6), 1141-1156, 2018
4. Prof. Dr. İzzet Öztürk, Y. Müh. Malhun Fakıoğlu, “İÇME SULARINDAN TAT VE KOKU GİDERİMİ” İSKİ, 2017.