

TÜBİTAK 2204-A LİSE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ YARIŞMASI

FARKLI YÜZEY ALANLARINA SAHİP MORİNGA OLEİFERA TOHUMLARI İLE TEMİZ SU, TEMİZ GELECEK

2021

Proje Ana Alanı **:** Biyoloji

Proje Tematik Alanı **:** Su Okuryazarlığı

Proje Adı (Başlığı) **:** Farklı Yüzey Alanlarına Sahip *Moringa oleifera* Tohumları ile Temiz Su, Temiz Gelecek

Özet

Yaşam için en önemli kaynak olan suyun son yıllarda hızla kirlenmesinden dolayı önümüzdeki 20 yıl, temiz su kaynaklarına ulaşmanın en büyük sorunlarından biri olacağı düşünülmektedir. Çeşitli sebeplerden dolayı içilebilir suya erişimin sağlanamaması, insan sağlığını tehlikeye atan ciddi bir tehdittir. Su kaynaklı ölümlerin en önemli problemlerden biri olduğu ülkelerde birçok yöntem arasından uygun olan yöntemi belirlemek büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle birçok ülkede doğal kaynak, maliyet, ulaşılabilirlik kriterlerinin etkili olduğu arıtma yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. İçilebilir su elde etmek amacıyla kullanılan su arıtma yöntemlerinin çoğu, alüminyumsülfat benzeri kimyasalların kullanılmasından dolayı, uzun vadede sağlığa zararlı etkilere yol açmaktadır. Bizim projemizde ise yan etkilerinin olmaması ve maliyetinin az olmasından dolayı, kimyasal arıtma işlemlerine alternatif doğal bir su arıtma yöntemi olan, koagülan olarak kullanıldığında alumla kıyaslanabilir ölçüde etkinlik gösteren *Moringa oleifera* tohumları kullanılmıştır. Çalışmamızda *Moringa oleifera* tohumunun yüzey alanı farklılıklarından yararlanılarak kirli göl suyunun içilebilir hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Projemizde kullanılacak kirli su örnekleri, son yıllarda balık ölümlerinin sıkça görüldüğü Küçükçekmece Gölü'nden homojen olarak alınmıştır. Göl suyunun ve karşılaştırma amacıyla İBB tarafından sağlanan şebeke suyunun; pH, iletkenlik, mikrobiyolojik yük ve ağır metal ölçümleri eş zamanlı olarak yapılmıştır. Sonrasında *Moringa oleifera* tohumları öğütülüp elenerek yüzey alanı farklılaştırılmış, göl suyunun bir kısmı kontrol grubu tayin edilirken geri kalanı *Moringa* tohumları ile muamele edilmiştir. Elde edilen filtratlar pH, iletkenlik, mikrobiyolojik yük ve ağır metal tayinleri açısından test edilerek çeşme suyunun verileriyle karşılaştırılmış, tohumun yüzey alanındaki azalmanın göl suyundaki anti-bakteriyel etkinliği azaltıp, pH değerini içilebilir su değerleri arasında olan 7'ye yaklaştırdığı ve iletkenlik değerini 19 mS'nin üzerine çıkardığı gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Moringa oleifera*, su kirliliği, suyun arıtılması, içilebilir su, koagülasyon.

AMAÇ

Günümüz dünyasının en önemli problemlerinden biri olan su kirliliğini önlemek ve içilebilir su elde etmek amacıyla kullanılan su arıtma yöntemlerinin çoğunda alüminyum sülfat gibi kimyasal maddelerin kullanılması, uzun vadede insan sağlığına zarar vermektedir. Ayrıca bu tür kimyasallar için gereken maliyet, ülkelerin finans kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bundan dolayı doğal ham maddelerin kullanıldığı sürdürülebilir yöntemler her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu projenin amacı, kimyasal su arıtma yöntemlerine doğal bir alternatif olarak *Moringa oleifera* tohumlarının su arıtmadaki etkinliğini ölçmek ve optimize etmektir. *Moringa oleifera*, suyu arıtıcı özelliklerinin yanında tüm kısımlarından faydalanılabilecek bir bitkidir. Farklı amaçlara yönelik kaliteli ham madde sağlayan bu bitki, yetiştirilmesi halinde (Animashaun, J., & Toye, A. 2014) su arıtımı başta olmak üzere sanayinin çeşitli kollarında ülke ekonomisine katkıda bulunma potansiyeline sahip olacak bir bitkidir (Foidl N., Makkar H.P.S. and Becker K. 2001). Önceden yapılmış çalışmalarda tohum konsantrasyonu üzerinde sıkça durulurken, yüzey alanının artırılmasının suyu arıtma etkinliğini arttırdığına yönelik herhangi bir yöntemin uygulanmamasından dolayı, kullanılan tohum miktarının bir kısmı israf edilebilmektedir. Bu projede *Moringa oleifera* tohumunun yüzey alanı farklılaşmasından yararlanılmış, atık ve kirli suların etkili bir şekilde arıtılması amaçlanmıştır. Başarılı bir sonuca ulaşılması halinde tohum israfı ve artan maliyetlerin önüne geçilecek ve yapılacak Ar-Ge çalışmaları, gelişmekte olan ülkelere minimum maliyet ve daha sürdürülebilir bir yöntemle su arıtma imkânı sağlayacaktır.

İşin tanımı	**Aylar**									
	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK
LİTERATÜR TARAMASI					X	X	X	X		
VERİ TOPLANMASI								X	X	X
LABORATUVAR ÇALIŞMASI									X	X
PROJE RAPORU YAZIMI									X	X
MALZEME TEMİNİ								X	X	
ÜNİVERSİTELERLE İRTİBAT							X	X	X	X

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ
2. MATERYALLER VE METOTLAR
    2.1. Numune Hazırlığı
    2.2. pH Ölçümleri
    2.3. İletkenlik Ölçümleri
    2.4. Mikrobiyolojik Analiz
    2.5. Ağır Metal Tayin
3. KOAGÜLASYON DENEYLERİ
4. BULGULAR
    4.1. pH Verileri
    4.2. İletkenlik Verileri
    4.3. Mikrobiyolojik Veriler
    4.4. Ağır Metal Verileri
5. SONUÇ VE TARTIŞMA
6. ÖNERİLER
7. KAYNAKÇA

1. GİRİŞ

Tüm canlıların yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirebilmeleri için elzem olan su, içinde barındırdığı maddeler açısından da insan sağlığı için çok önemlidir. Gelişmekte olan ülkeler için su kaynaklı hastalıklar en önemli problemlerden biridir: 1 milyondan fazlası bağırsak ile ilgili hastalıklar olmak üzere yaklaşık 1.6 milyon insan, kirlenmiş suyun sebep olduğu çeşitli hastalıklardan dolayı yaşamını yitirmektedir (Postnote, 2002). Baraj, göl, ırmak ve yer altı sularının bulanık ve kirlenmiş olmaları nedeniyle diyare başta olmak üzere fluroz, çocuk felci ve kolera gibi birçok hastalık görülmektedir. Bu nedenle suyun kalitesi suyun varlığı kadar önemliyken bu kalitenin sağlanması için doğru yöntemlerin kullanılması da en az onun kadar önemlidir. Bu metotlardan pıhtılaşma (koagülasyon) ve flokülasyon, su arıtımında yaygın olarak kullanılan fizikokimyasal süreçler olmanın yanında (Yongabi, 2010) sudaki bulanıklığı ve mikroorganizma miktarını azaltmada da etkilidirler (Abebe ve ark. 2016; Rebah ve ark. 2018; Soros ve ark. 2019). Bunların arasında aluminyum sülfat (alum) ve kalsiyum klorür gibi maddeler performans ve ulaşılabilirlik bakımlarından yaygın olarak kullanılsa da ülkelerin çok yüksek bütçeler ayırmalarına sebep olmaktadır. Son zamanlarda kullanımı oldukça artan alum, suyu arıtması sırasında ürettiği yüksek miktarlardaki tortu ve suda bıraktığı alüminyum sebebiyle ciddi toplumsal sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Driscoll, C. T. and Letterman, 1995). İnan-Eroğlu ve Ayaz'ın (2018) keşfine göre büyük miktarlarda alınan alum, Alzheimer hastalığına yol açabilmektedir.

Bu nedenlerden dolayı gelişmekte olan ülkeler için kimyasal içermeyen arıtma yöntemleri geliştirmek, sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu konuda doğal kaynakların kullanımı yeni olmamakla beraber, *Moringa oleifera* tohumu su arıtımı için en etkili koagülanlardan biri olarak gösterilmiştir (Muyibi and Evison 1995). *Moringa oleifera* tropikal kuşağın tamamında ve düşük rakımlarda yetişebilmesi sayesinde aynı familyada keşfedilen 14 farklı türün arasında en geniş yetişme alanına sahip olan tek türdür. Gelişmekte olan ülkelerde *Moringa* ağacı genel olarak sebze ve bitkisel yağ kaynağı olarak kullanılsa da tedavi edici ve suyu arıtma özelliğiyle de ön plana çıkmıştır (Katayon et al. 2006). Çok yönlü kullanımı yerel topluluklar arasında *Moringa oleifera*'nın uygulama alanlarını arttırmıştır. Özellikle su kalitesinin hayati önem taşıdığı ülkelerde bu durum, *Moringa oleifera*'nın su arıtma amacıyla kullanılmasına olanak sağlamıştır (Akhtar et al. 2007).

Yapılan laboratuvar çalışmaları göstermiştir ki *Moringa oleifera* bitkisinin tohumları etkili koagülasyon özelliklerine sahip olmakla birlikte (Karerwa, 1986) alum benzeri alternatiflerinden farklı olarak insan ya da hayvan bünyesinde toksik etki göstermemektedir

(Grabow et al., 1985). Suda var olan bulanıklığı ve mikroorganizmaları azaltma konusunda etkili olan tohumlar (Sutherland et al., 1989) ayrıca sudaki tortuların temizlenmesinde de etkinlik göstermektedir (Ademiluyi, 1988).

Koagülasyonun aktif ajanları olan dimerik katyonik proteinlerin moleküler ağırlığı 13 kilodalton (kDa) iken, izoelektrik noktası 10 ila 11 arasındadır (Ndabigengesere ve Narasiah, 1998). Dolayısıyla bir koagülan olarak *Moringa oleifera* tohumlarıyla arıtılmış su, Dünya Sağlık Örgütü'nin (2007) belirlediği içilebilir su kriterleri açısından alum ile arıtılmış suyla kıyaslanabilmektedir (McConnachie, 1993). Bunlara ek olarak *Moringa oleifera* tohumlarından koagülan eldesi için gereken maliyetin oldukça düşük olmasından dolayı bu doğal materyal gelişmekte olan ülkelerin astronomik boyutlarda harcamalar yapmasının da önüne geçmektedir.

Literatür taraması süresince *Moringa oleifera* tohumlarının su arıtımında gösterdiği etki üzerine yapılan çalışmalarda tohum miktarı, atık su çeşidi, tohumun içindeki bileşenlerin ayrı ayrı arıtma üzerindeki etkileri vb. olmak üzere pek çok farklı parametrenin incelendiği görülmüştür. Bununla birlikte önceki çalışmalarda koagülan olarak kullanılmak üzere öğütülen tohumların tanecik boyutları sabit tutulmadığından tohumun yüzey alanı ve arıtma verimini araştıran bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bağlamda *Moringa oleifera* tohumlarının adsorbsiyon oranı ile yüzey alanı arasındaki ilişkiyi inceleyen sistematik bir değerlendirmenin gerekliliği grubumuzca fark edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, koagülasyon sürecinde kilit rol oynayan maliyet faktörünün minimize edilebilmesi ve *Moringa oleifera* koagülanının optimum yüzey alanın belirlenmesi suretiyle çevre dostu ve düşük maliyetli bir su arıtma sistemi geliştirmektir. Deneyin ilerleyen aşamalarında *Moringa oleifera* bitkisinin Türkiye'de yetiştirilmesi amacıyla gerekli adımların atılabilmesi için ileri araştırmaların yapılması planlanmaktadır.

2. MATERYALLER VE METOTLAR

2.1. MATERYALLER

Mikrobiyolojik ekim çalışmaları süresince laboratuvar saflığındaki Biolife Tryptic Glucose Yeast Agar (Standard Methods Agar / Plate Count Agar)- Iso 4833 agar kullanılmıştır.

Mikrobiyolojik seyreltme çalışmaları süresince laboratuvar saflığındaki Sigma-Aldrich marka 1.07214.0500 seri numaralı et peptonu (peptone from meat) kullanılmıştır.

Koagülan olarak kullanılan *Moringa oleifera* tohumları Sudan'ın Cezira eyaletinden getirtilmiştir. 2020 Ağustos-Ekim hasat döneminde toplanan tohumlar Aralık ayında hava almayan paket içerisinde Türkiye'ye ulaştırılmıştır.

Çalışma süresince sterilizasyon ve dilüsyon işlemleri için kullanılan distile su, Sabahattin Zaim Üniversitesi Helal Gıda Ar-Ge Laboratuvarında üretilmiştir.

Cihazların sterilizasyonunda kullanılan % 99 saflıktaki Sigma-Aldrich marka etanol, hacimce % 70 oranında seyreltilerek kullanılmıştır.

Mikrobiyolojik ekim çalışmaları süresince kullanılan sterilize petri kapları ISOLAB'dan temin edilmiştir.

2.2. NUMUNE HAZIRLIĞI

2.2.1 Kirli Su ve Çeşme Suyu

Kontrol grubu olarak belirlenen ve koagülasyon deneyi için kullanılan homojen kirli su örnekleri Küçükçekmece gölünden eş zamanlı olarak alınmıştır. Deneylerin ilk aşamasında, makro-organizma ve makro-maddelerden arındırılması için kirli göl suyu standart filtre kağıdıyla süzülüp balon jojeye aktarılarak ağzı parafilmlenmiş ve oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Deney sonunda elde edilen verilerle kıyaslanmak üzere balon jojeye çeşme suyu alınıp ağzı parafilmlenerek oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Göl suyu ve çeşme suyunun karakteristikleri pH, iletkenlik, ağır metal miktarı ve bulanıklık parametrelerine göre ölçülmüştür. Bu parametreler ölçülürken sabit sıcaklık 17 ºC olarak belirlenmiştir.

2.2.2. *Moringa oleifera* Tohumları

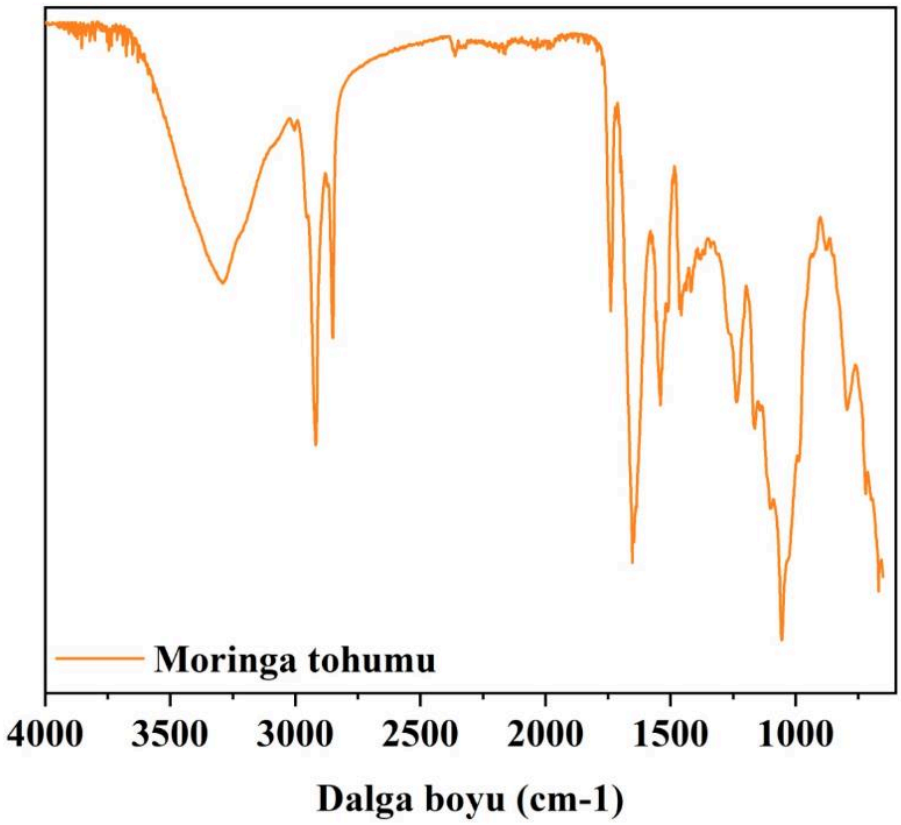
Tohumlar İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Helal Gıda Ar-Ge Laboratuvarında dış kabuklarından elle ayrılmış ve deney süresince oda sıcaklığında bekletilmiştir. Kabuk ayırma prosesi sonrası elde edilen tohumların bir kısmı deneylerde kullanılmak için ayrılmıştır. Geriye kalan tohumlar Waring marka EB8010 model öğütücü ile farklı boyutlarda tohum elde etmek üzere öğütülmüştür. Farklı boyutlarda elde edilen tohum parçaları ve tozu sırasıyla 425 µm, 200 µm ve 100 µm por açıklığına sahip eleklerden geçirilerek elde edilmek istenilen boyutlara ayırılmıştır. *Moringa oleifera* tohumları koagülan olarak altı farklı formda kullanılmıştır: 100-200 µm arası (A), 200-425 µm arası (B), 425 µm+ bütün haldeki tohum arası (C) ve bütün haldeki tohum (D).



Resim 1 Moringa oleifera tohumu. (kabuklu)



Resim 2 Moringa oleifera tohumu (kabuğu soyulmuş)



Grafik 1. *Moringa oleifera tohumunun FT-IR analizi*

FT-IR spektrumunda her maddenin kendine özel bir değeri mevcuttur. FT-IR analizi maddelerin içerisindeki bağları sayısal boyuta taşıyarak maddenin yapısı hakkında net veriler elde edebilmeye olanak sağlar. Bu teknik, metal iyonlarını adsorbe edebilen bazı önemli fonksiyonel grupları tanımlamayı mümkün kılmaktadır (Araújo vd., 2010). Bu çalışmada *Moringa oleifera* tohumunun yapısındaki fonksiyonel grubun teşhisi için FT-IR görüntüsü alınmış ve ağır metal adsorbsiyonu yapmaya uygun olduğu görülmüştür.

2.3. pH Ölçümleri

İnsan vücudunda dengeyi korumak ve metabolik süreçleri düzenlemek için suyun optimum pH değerini sağlaması gerekmektedir. Bu çalışmada, pH ölçümleri için kalibre edilmiş Milwaukee Mi 150 marka pH metre kullanılmıştır. Filtre edilmiş göl suyu, çeşme suyu ve deney sonunda farklı yüzey alanına sahip *Moringa oleifera* tozu filtratları, 200 ml 15 ºC olacak şekilde sterilize edilmiş beherlere standart filtre kağıdından süzdürülerek konulmuştur. Daha sonra cihazın probu behere temas etmeyecek şekilde sıvılara daldırılmıştır. Ölçümler, doğruluğu arttırmak için 3 defa tekrarlanmış ve her bir ölçümden sonra cihazın probu sterilize edilmiştir.

2.4. İletkenlik Ölçümleri

Ölçümler kalibre edilmiş Hanna marka EC215 model konduktivimetre cihazı ile yapılmış ve her bir numunenin ölçümü 15 ºC sıcaklıkta üç defa tekrarlanmıştır. Her bir ölçümden sonra cihazın probu sterilize edilmiştir.

2.5 Mikrobiyolojik Ölçümler

2.5.1. Petrilerin Hazırlanışı

Besiyeri hazırlanmasında Plate Count Agar (PCA) ile 1 litreye 23,5 g/L olacak şekilde solüsyon hazırlanmış, manyetik karıştırıcı ile 600 rpm'de 15 dakika karıştırılmıştır. Açık sarı rengini alan solüsyon otoklavda sterilize edilmiş petri kaplarına her kap için 12-15 ml olacak şekilde dökülmüş ve solüsyonun katı hale geçmesi beklenmiştir. Hazırlanan petri kapları +4 ºC'de 24 saat dinlendirilmiş, ekim işlemine kadar +4 ºC'de muhafazası sürdürülmüştür.

2.5.2. Bakteri Ekimi

Çeşme suyu, göl suyu ve A, B, C, D *Moringa oleifera* tozlarıyla arıtılmış göl suyu filtratları % 0,1 oranında peptonlu su kullanılarak 10-4'e kadar seyreltilmiştir. 10-2, 10-3, 10-4 oranlarında seyreltilmiş çeşme suyu ve göl suyu önceden hazırlanmış petri kaplarına ekilip drigalski spatülü ile yaydırılmıştır. Ekim işlemi tamamlanan petri kapları 24 saatte bir kontrol edilmek üzere 37 ºC'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır.

2.6. Ağır Metal Ölçümleri

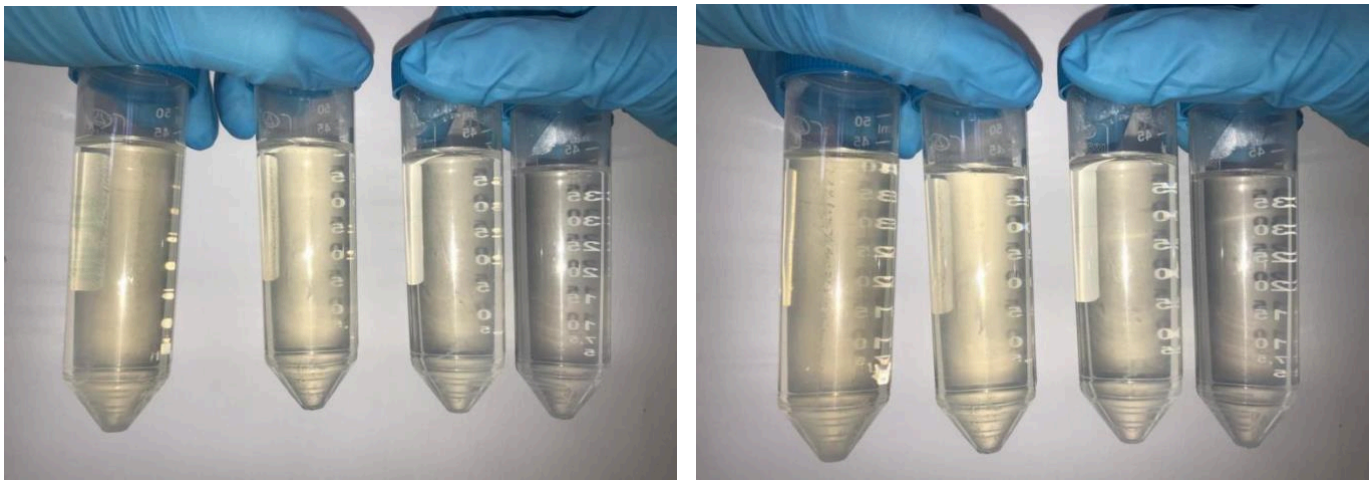
Filtre edilmiş kirli göl suyu, çeşme suyu ve çalışma sonunda elde edilen filtratların ağır metal tayinleri "İndüktif Eşleşmeli Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi" (ICP-OES) ile Manisa Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Merkez Laboratuvarı'nda (MCBÜ DEFAM) yapılmıştır. Ölçümleri yapılan ağır metaller kobalt (Co), krom (Cr), manganez (Mn), demir (Fe), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) metalleridir. Bu metallerin ölçüm için parametre olarak belirlenmiş olmasının sebebi Küçükçekmece Göl suyunda bulunduklarının tespit edilmiş olmasıdır (Okumuş, 2007).

Element	Etki ve Özellik
Kobalt	Kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir.
Demir	Canlı yaşamı için gerekli nutrient, eşya yüzeylerinde lekeler oluşturarak zarar verir.
Kadmiyum	Toksik yapısı canlılara ve ekosisteme zarar vermektedir.
Manganez	Bitkiler için toksik, eşya yüzeylerinde lekeler oluşturarak zarar verir
Krom	Cr (VI) izotopu toksik özellik göstermektedir.
Kurşun	Toksik ve doğal yaşam için zararlıdır.

Tablo 1 *İncelelenen Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Alanları*

3. KOAGÜLASYON DENEYLERİ

Koagülasyon deneylerinde jar testi yöntemi kullanılmıştır. Dört farklı beher içerisine 3'er gram A, B ve C *Moringa oleifera* tozlarından ve bütün haldeki *Moringa oleifera* tohumlarından alınmış, standart filtre kağıdından geçirilmiş göl suyundan 300 ml eklenerek 2 dk 700 rpm'de, 10 dk 350 rpm'de manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Jar testi için standart bir metot bulunmadığından (Amagloh ve Benang, 2009) deney için bu yöntem adapte edilmiştir. Karıştırma işlemi bittikten sonra hiç beklenilmeden filtre kağıdından ve ardından 0.4 µm por açıklığındaki fritten süzdürülmüştür. Elde edilen filtrat berrak bir renge sahip olmadığından içerisinde var olan kolloidal haldeki partiküllerin elimine edilmesi amacıyla 10.000 rpm'de 7 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj prosesi sonrası bir fark gözlemlenmemiştir.



Şekil 1: Santrifüjden önce ve sonra filtratlar (Sırasıyla A, B, C, D filtratları)

Örnekler/ Analiz Metotları	Çeşme Suyu	Göl Suyu	A	B	C	D
pH	**6.99**	**7.37**	**7.07**	**6.89**	**7.31**	**7.68**
İletkenlik (mS)	**0.44**	**19.0**	**19.36**	**19.36**	**19.96**	**19.90**

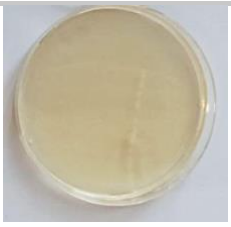
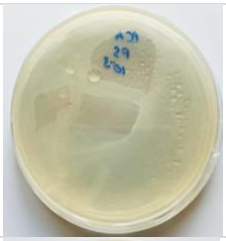
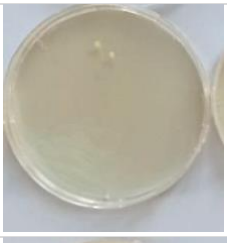
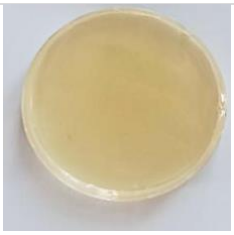
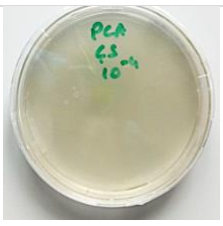
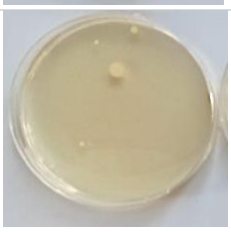
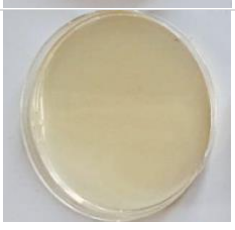
Tablo 2: *pH ve iletkenlik ölçüm sonuçları (100-200 µm arası(A), 200-425 µm arası(B), 425 µm- bütün haldeki tohum arası(C) ve bütün haldeki tohum(D) ile filtre edilmiş su)*

4. BULGULAR

4.1. pH ve İletkenlik Verileri

Çeşme suyu, göl suyu ve yukarıda belirtilen boyutlarda MO tohumu tozlarıyla arıtılmış suların pH ve iletkenlik değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Değerler üç paralelli ölçülüp ortalaması alınarak kaydedilmiştir.

4.2. Mikrobiyolojik Veriler

	Çeşme suyu	Göl Suyu	A	B	C	D
10^{-2}						
10^{-3}						
10^{-4}						

Tablo 3: *Plate Count Agar besiyerine 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4} seyreltmeyle yapılmış bakteriyel sayım sonuçları*

	Çeşme Suyu	Göl Suyu	A	B	C	D
10^{-2}	Sayılamadı	400	Sayılamadı	Sayılamad 1	Sayılamadı	1000
10^{-3}	4000	1000	7000	Sayılamad 1	Sayılamadı	1000
10^{-4}	0	60000	0	40000	Sayılamadı	0
Ortalama	2000	20466,7	3500	40000	Hesaplanamadı	666.7

Tablo 4: *Mikrobiyolojik Analiz Verileri (CFU)*

$$CFU Formül: \frac{Koloni\ sayısı\ x\ Seyreltme\ miktarı}{D}$$

4.4. Ağır Metal Verileri

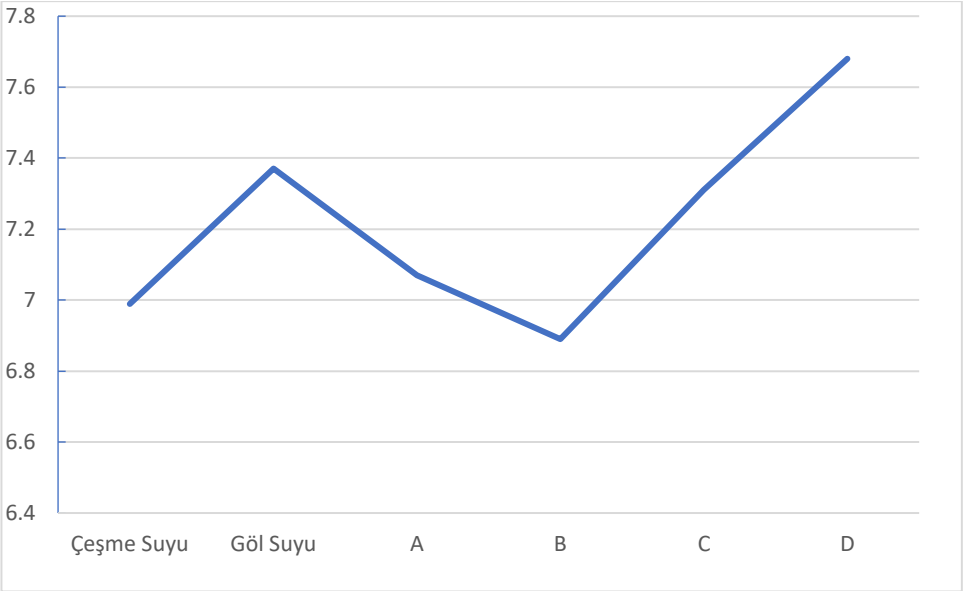
NUMUNE ADI	Co (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Fe (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)
1	ND*	ND*	0,024	ND*	ND*	0,108
2	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0,024
3	ND*	ND*	0,090	ND*	ND*	0,104
4	ND*	ND*	0,094	ND*	0,110	0,105
5	ND*	ND*	0,115	ND*	ND*	0,081
6	ND*	ND*	0,075	ND*	ND*	0,149

Tablo 5: *Ağır Metal Analiz Verileri (ICP-OES) (1:Konrtol grubu, 2:Çeşme suyu, 3:A, 4:B, 5:C, 6:D) (ND: Tespit edilmedi)*

$$\text{Ağır Metal Uzaklaştırma Yüzdesi} = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100$$

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda İstanbul Küçükçekmece Gölü'nden alınan atık su ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından sağlanan standart çeşme suyunun pH ölçüm sonuçları birbirine yakın değerlere sahip olduğundan *Moringa oleifera* tohumlarının yüzey alanının, solüsyonun pH derecesi üzerine etkisi değişmemekte, tüm filtratlar 7.07 ila 7.68 arasında bir değer vererek, Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2007'de belirtilen içme suyu için kabul edilebilir pH aralığı olan 6.5–8.5 arasına düşmektedir.

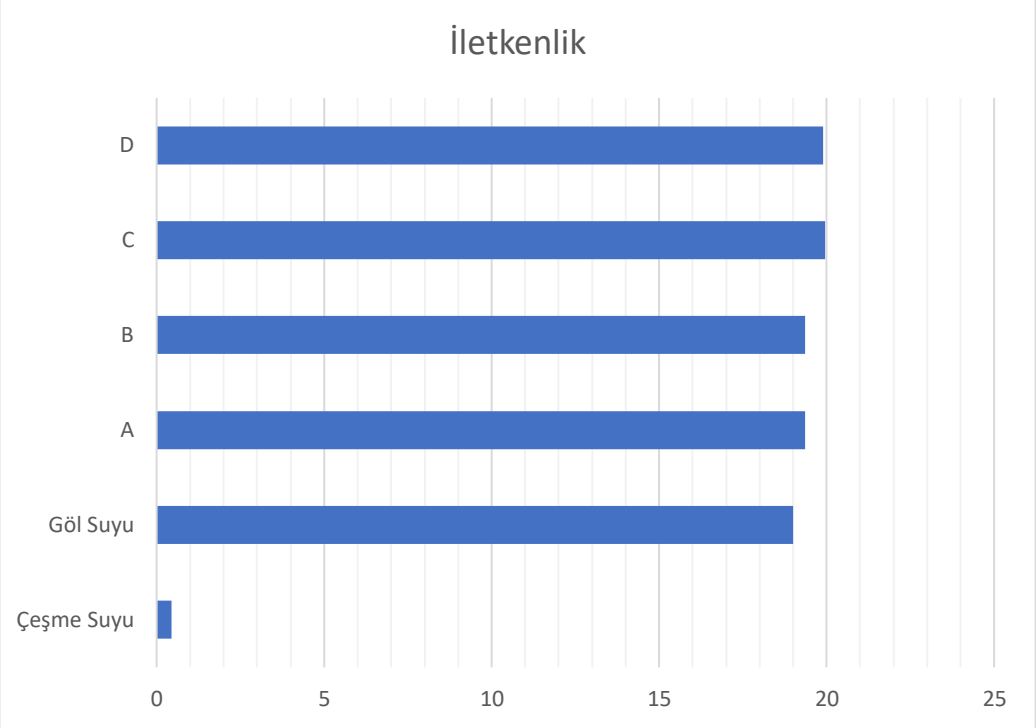


Grafik 2: *pH değerlerinin dağılımı*

Schwarz'a (2000) göre *Moringa oleifera* tohumları, pozitif yük taşıyan daha düşük moleküler ağırlıklı suda çözünür proteinler içerir. Tohumlar ezildiğinde ve suya eklendiğinde, bu proteinler mıknatıs gibi davranarak toksik parçacıklar başta olmak üzere ağırlıklı olarak negatif yüklü parçacıkları çeken pozitif yükler üretmektedirler. Uygun karıştırma koşulları sağlandığında birbirine bağlanan parçacıklar karıştırmanın ve yerçekiminin etkisiyle çökmektedir. Bu durum filtratların iletkenliğinin azalmasına sebep olmaktadır (Amagloh ve Benang, 2009).

Yapılan ölçümlerde numunelerin iletkenlik değerleri (mS) çeşme suyu için 0.44, göl suyu için 19.0, A, B, C, D numuneleri için sırasıyla 19.36, 19.36, 19.96, 19.90 olarak bulunmuştur. Çalışmada iletkenliğin 19.0'dan 19.96'ya yükselmiş olmasına, kullanılan *Moringa* oleifera

konsantrasyonunun yoğun olması ve bundan dolayı manyetik karıştırıcı ile şiddetli karıştırmanın ve ardından santrifüj işlemine rağmen koagülan maddenin çökmemesinin sebep olduğu düşünülmektedir.



Grafik 3: *İletkenlik değerleri dağılımı*

Göl suyundan alınan örneklerde 0.108 mg/L Kurşun metali tespit edilmiştir. Bununla birlikte A, B ve C deney gruplarında bu oranın düşük çıktığı, özellikle tanecik boyutu 425 µm'nin üzerinde bulunan deney grubunun (C) Kurşun metalinin uzaklaştırılmasında %25 oranında etkili olduğu görülmüştür. Küçükçekmece Gölünden alınan su örneklerinde Kobalt ve Krom ağır metallerinin tespit edilmemesinin, örneklerin sanayi bölgelerine yakın kısımlardan alınmamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3'te, bir koagülan olarak *Moringa oleifera*'nın mikrobiyal yükü azaltmada etkili olduğu görülebilmektedir. Bu çalışma, *Moringa oleifera* tohumlarının yüzey alanının artmasının patojenlere karşı anti-bakteriyel özelliği arttırdığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, *Moringa oleifera* tohumlarının suda istenmeyen mikroorganizmaların üremesinin önlenmesi için özellikle kullanılması gerektiğini söylemek mümkündür. Bu durum Schwarz'ın (2000), koagülasyon işleminin normalde katı parçacıklara bağlı olan bakterilerin yaklaşık % 90 - % 99'unu ortadan kaldırdığına dair bulgularını desteklemektedir. Buna ek olarak, *Moringa*

oleifera su kaynaklı bakteriyel hastalıklara neden olan bakterileri kontrol etmede potansiyel uygulamalara sahip doğal anti-bakteriyel bir solüsyon vaat etmektedir. Bu araştırma, sabit maliyet ve yalnızca yüzey alanı arttırma işlemi ile daha fazla temiz suya erişilebileceğini ortaya koyduğu gibi, gelişmemiş ülkelerde temiz içme suyuna erişimi kolaylaştırabileceği ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler için çevre dostu bir ticarî ham madde olma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur.

6. ÖNERİLER

- Yüzey alanı farklılaşan *Moringa oleifera* tohumları ile karıştırılarak oluşturulan solüsyonların FT-IR görüntüleri alınarak ağır metalleri adsorbe etme sürecinde aktif rol oynayan bağlar moleküler düzeyde tespit edilebilir. Bu durum, yapılmakta olan endüstri mühendisliği ve gıda mühendisliği alanındaki çalışmalara kolaylık sağlayacaktır. Arıtılmamış suda bulunan ağır metallerin her biri için en etkili olan adsorbsiyon metodu bu sayede belirlenebilir ve nanoteknolojik çalışmalar yardımıyla *Moringa oleifera* tohumu kullanılarak spesifik koagülanlar hazırlanabilir. Elde edilen doğal koagülan maddelerin patenti alınabilir ve diğer ülkelere ihraç edilebilir.
- *Moringa oleifera* tohumlarının arıtma özelliğinin gözlemlenmesinde daha net sonuçlar elde etmek için asitliği ya da bazikliği, ağır metal miktarı ve iyonik madde miktarı daha fazla olan kirli su örnekleri deneylerde kullanılabilir. Böylece tohumların farklı boyutlardaki tozlar arasında performans değişikliklerinin farkı incelenebilir.
- Arıtma işleminde kullanılan *Moringa oleifera* tohumlarının atık suya oranı 3 grama 300 mililitre olarak tayin edilmiştir. Bu durumun arıtılmış suda koku ve renk gibi istenilmeyen sonuçlar oluşturduğu düşünülmektedir. Sonraki deneylerde bu oran düşürülerek istenmeyen fiziksel faktörlerden kurtulabilmek mümkün olabilir. Bunun yanı sıra gözlem aşamasında daha kesin sonuçlar elde etmek için yapılan deneylerin paralel sayısı arttırılabilir.
- *Moringa oleifera* tohumlarından elde edilecek proteinlerin etkinliğinin gözlemlenmesi halinde farklı boyutlardaki tohum tozlarıyla kıyası yapılabilir. Endüstriyel bir materyal olarak düşünüldüğünde farklı boyutlara sahip tohum tozlarının protein ekstraktına karşı avantajı incelenebilir.

Kaynakça

1. Ekeleme, U. G., Ansari, R. A., Osaribie, N. A., & Rabiu, K. M. (2020). Microbial Load of Domestic Water Sources Treated with Moringa oleifera and Jatropha curcas Seed Powder. South Asian Journal of Research in Microbiology, 7(4), 9-20. https://doi.org/10.9734/sajrm/2020/v7i430178
2. Ndabigengesere, A., & Subba Narasiah, K. (1998). Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. Water Research, 32(3), 781–791. doi:10.1016/s0043-1354(97)00295-9
3. Araújo, C. S. T., Alves, V. N., Rezende, H. C., Almeida, I. L. S., de Assunção, R. M. N., Tarley, C. R. T., Segatelli, M. G., & Coelho, N. M. M. (2010). Characterization and use of Moringa oleifera seeds as biosorbent for removing metal ions from aqueous effluents. Water Science and Technology, 62(9), 2198-2203. https://doi.org/10.2166/wst.2010.419
4. Driscoll, C. T., & Letterman, R. D. (1995). Factors regulating residual aluminium concentrations in treated waters. Environmetrics, 6, 287–309.
5. Inan-Eroglu E, Ayaz A (2018) Is aluminum exposure a risk factor for neurological disorders? J Res Med Sci 23:51
6. Muyibi, S. A., & Evison, L. M. (1995). Moringa oleiferaseeds for softening hardwater. Water Research, 29(4), 1099–1105.
7. Katayon, S., Noor, M. J. M. M., Asma, M., Ghani, L. A. A.,Thamer, A. M., & Azni, I. (2006).
8. Effects of storageconditions of Moringa oleifera seeds on its performance incoagulation Bioresource Technology, 97(13), 1455–1460. doi:10.1016/j.biortech.2005.07.031.
9. Akhtar, M., Moosa Hasany, S., Bhanger, M. I., & Iqbal, S.(2007). Sorption potential of Moringa oleifera pods for the removal of organic pollutants from aqueous solutions. Journal of Hazardous Materials, 141(3), 546–556. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.07.016.
10. Grabow W.O.K., Slabert J.L., Morgan W.S.G. and Jahn S.A.A. (1985) Toxicity and mutagenicity evaluation of water coagulated with Moringa oleifera seed preparations using fish, protozoan, bacterial, enzyme and Ames Salmonella assays. Wat. SA 11, 9-14.

11. Sutherland J.P., Folkard G.K. and Grant W.D. (1989) Seeds of Moringa species as naturally occurring flocculants for water treatment. Sci., Technol. and Dev. 7, 191-197.
12. Ademiluyi A. (1988) Sludge conditioning with Moringa seeds. Envir. Int. 14, 59-63.
13. McConnachie G. L. (1993) Water treatment for developing countries using baffed channel hydraulic flocculation. In: Proc. Instn Civ. Engrs Wat., Marit. and Energy, 101, 55-61.
14. Abebe LS, Chen X, Sobsey MD (2016) Chitosan coagulation to improve microbial and turbidity removal by ceramic water filtration for household drinking water treatment. Int J Environ Res Public Health 13(3):269
15. Rebah FB, Mnif W, Siddeeg SM (2018) Microbial flocculants as an alternative to synthetic polymers for wastewater treatment: a review. Symmetry 10:556
16. Foidl N., Makkar H.P.S. and Becker K.(2001) The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses
17. Soros A, Amburgey JE, Stauber CE, Sobsey MD, Casanova LM (2019) Turbidity reduction in drinking water by coagulation-flocculation with chitosan polymers. J Water Health 17(2):204–218
18. Animashaun, J., & Toye, A. (2014). Feasibility Analysis of Leaf-Based Moringa oleifera Plantation in the Nigerian Guinea Savannah: Case Study of University of Ilorin Moringa Plantation. Agrosearch, 13(3), 218. doi:10.4314/agrosh.v13i3.5s
19. Tekn, Y., & Ün, K. (t.*y.).* Küçükçekmece Gölü Sedimentinde Ağır Metal (Zn2+, Fe2+, Cu2+) Adsorpsiyonu. 105.