

PROJE ÖZETİ

Proje Başlığı:

MORİNGA OLEİFERA BİRKİSİNİN TOHUMLARININ, AKTİF KARBON VE İYON DEĞİŞTİRİCİ REÇİNE TANECİKLERİYLE BİRLİKTE KULLANIMI İLE SU ARITIM YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Su, canlıların yaşamını sürdürebilmesi için temel kaynaklardan biridir. Ancak artan dünya nüfusu ile içilebilir su kaynaklarının miktarı azalmaktadır. Özellikle suya erişimi olmayan fakir ülkelerde içilebilir suya yeterli erişim sağlanamaması, ölüm oranlarını artıran en büyük faktörlerden biridir. Bugün, kullanıma uygun olmayan sulardan içilebilir su elde edebilmek için çeşitli arıtma yöntemleri geliştirilmektedir. Ancak bu yöntemlerin çoğu yüksek maliyetlere sahip olup, düşük gelirli bireyler için erişilemez durumdadır. Bu bağlamda, Moringa Oleifera (Mucize Ağaç) tohumlarının, aktif karbon ve iyon değiştirici reçine ile birlikte kullanılarak su arıtımı için uygun maliyetli bir yöntem geliştirilip geliştirilemeyeceği araştırılmaktadır.

Yöntem:

Bu araştırmada, besin olarak kullanılan Moringa Oleifera (Mucize Ağaç) bitkisinin tohumları, su arıtımında ana öge olarak kullanılmaktadır. Moringa Oleifera tohumları, içerdiği Moringa Oleifera Katyonik Protein (MOCP) sayesinde sudaki mikrobiyolojik organizmaları öldürmekte ve suyun dibine çökmelerini sağlamaktadır. İlk olarak, arıtılacak su, büyük taneciklerden arındırılmak amacıyla kağıt filtreden geçirilir. Ardından, ezilip toz haline getirilen Moringa Oleifera tohumları, az miktarda saf su ile karıştırılır. Elde edilen karışım, arıtılacak suya eklenir ve karıştırılmaya başlanır. İlk olarak hızlı, sonra ise yavaş karıştırma işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemin ardından, çökelme işleminin gerçekleşebilmesi için su belirli bir süre bekletilir. Çökelme ile mikrobiyolojik organizmalardan arındırılan suyun üst kısmı, temizlenmiş olarak başka bir kaba aktarılır. Ardından, bu su, daha küçük yabancı parçacıklardan arındırılmak için filtre kağıdından geçirilir. Son olarak, aktif karbon ve iyon değiştirici reçine ile suyun organik kirlilik, renk, tat, koku, klor, sertlik gibi özelliklerinin kullanıma uygun hale getirilmesi sağlanır.

Anahtar Kelimeler:

Moringa Oleifera, Arıtım, Aktif Karbon, İyon Değiştirici Reçine, Moringa Oleifera Katyonik Protein (MOCP)

PROJE RAPORU

Projenin Adı:

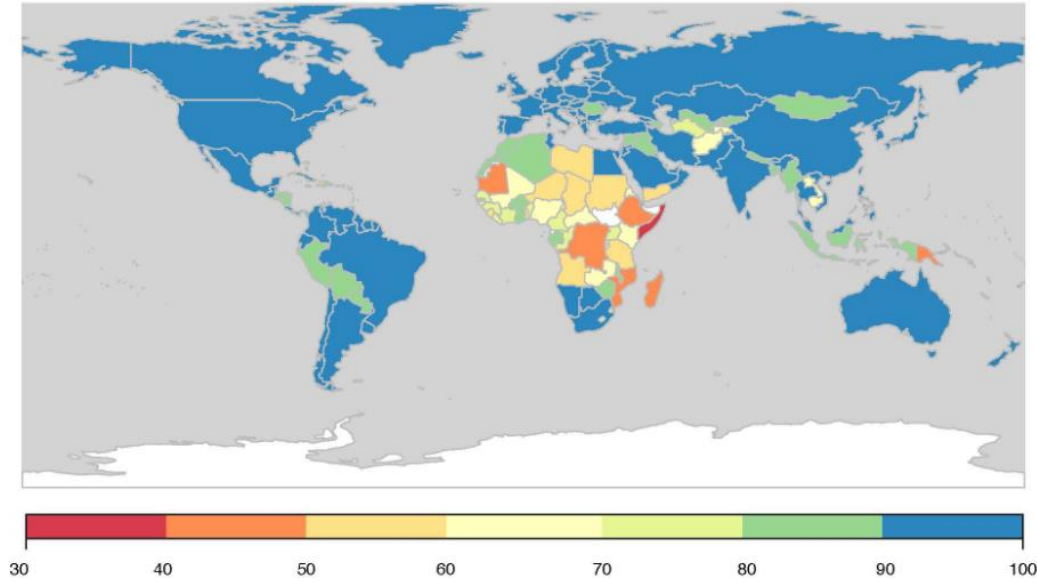
MORİNGA OLEİFERA BİTKİSİNİN TOHUMLARININ, AKTİF KARBON VE İYON DEĞİŞTİRİCİ REÇİNE TANECİKLERİYLE BİRLİKTE KULLANIMI İLE SU ARITIM YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1.Giriş_____	3
1.1.Projenin Amacı_____	6
2.Yöntem_____	6
2.1.Araştırmada İzlenen Yol_____	6
2.1.1.Deney Düzenekleri Kurulmadan Yapılan Çalışmalar_____	6
2.1.2.İlk Deney Düzeneği Kurulması ve Sonrasında Yapılan Çalışmalar_____	7
2.1.3.İlk Deney Sonlandırıldıktan Sonra Yapılan Çalışmalar_____	7
2.1.4.İkinci Deney Düzeneği Kurulduktan Sonra Yapılan Çalışmalar_____	7
2.2.Malzemeler ve Temini_____	7
2.2.1.Malzemeler ve Temin Edildiği Yerler_____	7
2.3.Yapılan Deneyler Ve Araştırmalar_____	9
2.3.1.Konu Hakkında Yapılmış Çalışmaların İncelenmesi_____	9
2.3.2.Moringa Oleifera tohumlarıyla gerekli işlem ve ölçümlerin yapılmasıyla sudaki kir ve bakterinin çökertilmesi_____	10
2.3.3.Arındırılmış sıvının, aynı ortamdaki çökertilmiş kir ve ölü bakteri tabakasından ayrıştırılması_____	10
2.3.4.Kir tabakasından ayrıştırılan suyun aktif karbon ve iyon değiştirici reçine taneciklerinin kullanılmasıyla suyun içilebilir hale getirilmesi_____	11
2.3.5.Elde edilen arıtılmış suyun analiz edilmesiyle istatistik verilerin oluşturulması_____	12
3.Bulgular_____	12
4.Sonuç ve Tartışma_____	15
5.Öneriler_____	15
6.Kaynakça_____	16

1.Giriş

Artan dünya nüfusunda, temiz suya erişilebilirlik oranı her geçen gün azalmaktadır (Şekil 1). İnsanın yaşamını sürdürebilmesi için en önemli kaynaklardan biri olan su, bazı özelliklere sahip olmalıdır. İçilen suyun saflığı, pH değeri, sertliği ve içerdiği bakteri miktarı gibi özelliklerin sağlanması gerektiği için, temiz su temininde önemli zorluklar yaşanmaktadır. Bu nedenle, içme suyu temin etmek ve suyun uygun niteliklere sahip olmasını sağlamak amacıyla çeşitli su arıtım yöntemlerine başvurulmaktadır (Cheamie Article Magazine, 2016, Şubat).



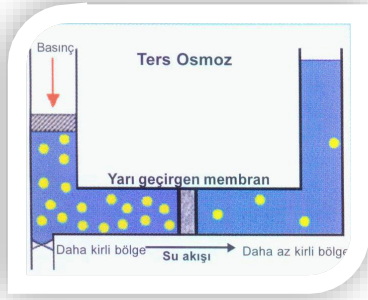
Şekil 1. Dünyaca Temiz ve İçilebilir Suya Erişim-2011

Nötralizasyon, koagülasyon, flokülasyon gibi kimyasal arıtma yöntemlerinin yanı sıra, biyolojik, fiziksel, ileri düzey ve geri kazandırıcı arıtma yöntemlerinin her biri, sudaki farklı özellikleri dengelemek veya arıtmak için ayrı metotlar kullanmaktadır (Safa Arıtma Şirketi - Arıtım Yöntemleri, 2015, Ocak).

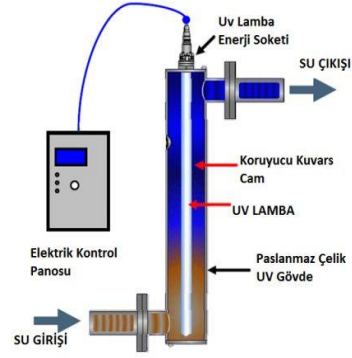
Bu yöntemlerden biri olan ters osmoz (Reverse Osmosis) su arıtma teknolojisi, en yeni arıtma yöntemlerinden biridir (Şekil 2). Ters osmoz işlemi, membranlara (zar) dayanır ve yüksek basınç ile membranlar üzerinde bulunan gözeneklerden su moleküllerini ve bazı inorganik molekülleri geçirerek, bu gözeneklerden geçemeyen diğer maddelerden ayrıştırılmasını sağlar.

Yeni nesil su arıtma yöntemlerinden bir diğeri ise ultraviyole (UV) tekniğidir. Bu yöntem, suyu 254 nm dalga boylu UV ışınları üreten özel UV lambalarla donatılmış cihazlardan geçirir. Cihaz içerisindeki yoğun UV ışınlarına maruz kalan su, içindeki mikroorganizmaların DNA'larına "fotooksidasyon" yoluyla hasar vererek etkisiz hale gelir (Mulder, M. 2000).

Bahsedilen bu yöntemler, en yeni ve etkili arıtma yöntemlerinden olmalarına rağmen, oldukça yüksek maliyetlidir (Şekil 3). İçme suyu olarak uygun olmayan suların arıtılması ve geri kazandırılması için bu yöntemler dışında da birçok farklı yaklaşım gerekebilir, bu da maliyetin artmasına neden olur.



Şekil 2. Ters osmoz prensibi



Şekil 3. UV su arıtım prensibi

Geliştirilen yöntemler her ne kadar etkili su arıtımı sağlasa da, maliyet, kurulum ve işlem kolaylığı açısından hitap ettiği ve kullanılabileceği alanlar sınırlı kalmaktadır. Özellikle temiz su veya su kaynağı erişilebilirliği olmayan ülkeler, topluluklar ve kişiler, maddi sebeplerden dolayı bu yöntemlere erişim sağlayamamaktadır. Temiz ve içilebilir suya erişim olmaması, birçok hastalığa ve her yıl 1.6 milyon kişinin ölümüne yol açmakta, bu durum büyük bir önem ve hayati tehlike arz etmektedir (Rebecca, J. 2013).

Bu sıkıntılar nedeniyle bilimsel ve teknik olmayan yöntemler geliştirilmekte ve uygun maliyetli, altyapı kurulumu gerektirmeyen çözümler aranmaktadır. Bu bağlamda, uygun koşulları sağlayacak özelliklere sahip bazı bitkiler kullanılmaktadır (Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH. 2007, Ocak, 1). Bu bitkilerden biri de bahsedilen projede kullanılacak olan Moringa Oleifera adlı bitkidir.

Moringa Oleifera, "Mucizevi Bitki" olarak bilinen, tropikal bölgelerde altı ay gibi kısa bir sürede yetişebilen bir bitkidir. Aşırı derecede besleyici olan yaprak ve tohumları, çeşitli yemeklerin yapımında ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Fisher, H. 2009). Yaprakları, aynı ağırlıktaki portakalın 7 misli C vitamini, sütün 4 misli kalsiyum, havucun 4 misli A vitamini, sütün iki misli protein ve muzun 3 misli potasyum içerir. Ayrıca, yaprakları toz haline getirilip (Görsel 2) temizlik ve dezenfekte amacıyla da kullanılabilir (Nellis D. 2016).

Moringa Tohumları (Görsel 1) ise özellikle su arıtma kısmında kullanılacak olup, %38-40 oranında yağ içermektedir. Bu yağ, resim ve güzel sanatlarda boya olarak kullanıldığı gibi, temiz, tatlı ve kokusuz olduğu için parfüm ve bakım ürünlerinde de tercih edilmektedir (Sarich, C. 2014).



Görsel 1. Moringa tohumları



Görsel 2. Moringa yaprakları

Bu özelliklerin yanında, Moringa Tohumlarının toz haline getirilip arıtılmak istenen suyla karıştırıldığında sudaki zararlı bakterilerin hücre zarlarını eriterek bakterileri öldürmesi, projede kullanılmasının temel sebeplerindendir (Chuang, P., Shaieh, B., 2002, Eylül).

Proje oluşturma sürecinde yapılan araştırmalar sonucunda bulunan bir diğer özellik ise Moringa Oleifera'nın içerdiği Moringa Oleifera Cationic Protein (MOCP) adlı proteinin, sudaki öldürülmüş bakterileri bir araya toplayarak suyun bulunduğu kabın dibine çökmesini sağlamasıdır (Görsel 3) (Binal, B., 2010, Temmuz).



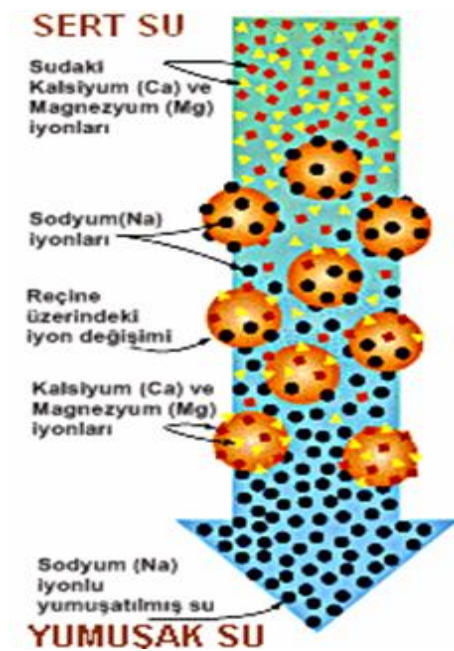
Görsel 3. Çökertilmiş Su Deney Örneği

Bir litrelik suyun 60-100 dakika kadar çökme sürecinde gruplaşmış ölü bakteriler çökerken, aynı zamanda suyun içerisinde bulunan toz ve kir taneciklerinin de büyük bir kısmı kabın tabanına doğru çekilmektedir. Ancak, önceden suyun içerisine toz hale getirilip atılmış tohumun verdiği acı tat, renk, bulanıklık ve koku nedeniyle ve suyun içerisinde bulunan

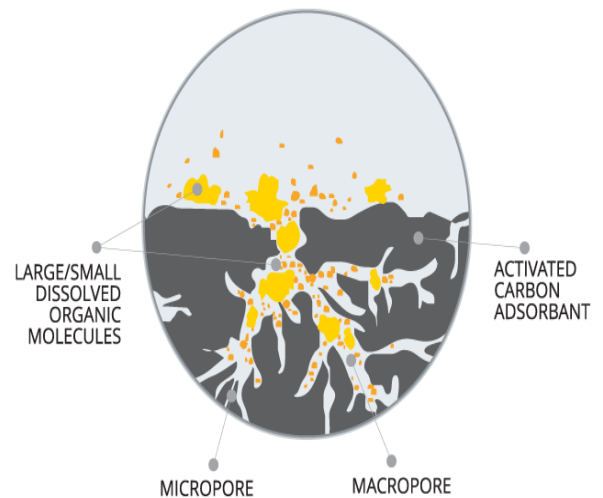
çökmemiş organik ve inorganik kir taneciklerinden dolayı su henüz içilebilir durumda değildir (Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH, 2007, Ocak).

Suyu içilebilir hale getirebilmek için, arıtımın ikinci aşaması olarak çöktürülmüş suyun temiz kısmının (altta çöken kısım hariç) başka bir kaba aktarılması gerekmektedir. Aktarılan su, önce kağıt sıvı filtresinden geçirilerek taneciklerden arındırılır. Ardından su, aktif karbon ve iyon değiştirici reçine taneciklerinin topluluk halinde bulunduğu kağıt filtre yüzeyinden geçirilir. Aktif karbon, sudaki renk, tat ve koku sorunlarını giderdiği gibi, sudaki çözülmemiş organik ve inorganik kirliliklerin de bir kez daha arıtılmasını sağlar (Griggs, M., 2015, Haziran).

Aktifleştirme ile düzey alanı yaklaşık 100 kat arttırılan karbon mineralleri, organik maddeleri absorbe ederek filtre eder (Şekil 5). İyon değiştirici reçine, sudaki kalsiyum ve magnezyum gibi mineralleri uzaklaştırarak, içme suyu için uygun hale getirir. Basit iyon değişim prensibiyle çalışan bu reçineler, suda bulunan kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) iyonlarını yakalar ve bunların yerine reçine yapısındaki suya sertlik vermeyen sodyum (Na) iyonlarını bırakır (Şekil 4). En son olarak, su son bir kez daha kağıt filtreden geçirilir.



Şekil 4. Suyun yumuşatılma süreci



Şekil 5. Aktif Karbon adsorpsiyonu

1.1.Projenin Amacı

Bu projede, dünyanın en faydalı bitkisi olarak bilinen Moringa Oleifera bitkisinin tohumlarının, aktif karbon ve iyon değiştirici reçine tanecikleriyle birlikte iki aşamalı bir arıtma rutini içerisinde kullanılması amaçlanmaktadır. Bu yöntemle, kirli suların bakteri ve kir taneciklerinden arındırılarak daha saf ve içilebilir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

2.Yöntem

2.1.Araştırmada İzlenen Yol

Araştırma, temel olarak dört bölümden oluşmaktadır:

1. **Birinci bölüm:** Konu hakkında daha önce yapılmış çalışmaların incelenmesi ve yeni yöntem için gerekli malzemelerin temin edilmesi.
2. **İkinci bölüm:** Moringa bitkisinin tohumlarının suya etkisini gözlemlemek için gerekli örneklerin elde edilmesi.
3. **Üçüncü bölüm:** Moringa tohumları sayesinde içerisindeki bakteriler öldürülmüş ve kir tabakası çöktürülmüş olan suyun, aktif karbon tanecikleriyle temasa girebilmesi için ikinci bir filtre hazırlanması.
4. **Dördüncü bölüm:** Elde edilen arındırılmış suyun analiz edilmesi ve ilk durumdaki haliyle karşılaştırılarak yöntemin doğruluğunun belirlenmesi.

2.1.1.Deney Düzenekleri Kurulmadan Yapılan Çalışmalar

a) Konu hakkında yapılan çalışmaların incelenmesi ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi.

2.1.2.İlk Deney Düzeneği Kurulması ve Sonrasında Yapılan Çalışmalar

b) Moringa Oleifera tohumlarıyla sudaki kirin çöktürülmesi ve Moringa Oleifera Katyonik Proteinleri (MOCP) tarafından, içerisinde kir ve yoğun bakteri bulunan örnek suya karşı gösterilen etkinin incelenmesi.

2.1.3. İlk Deney Sonlandırıldıktan Sonra Yapılan Çalışmalar

c) Arındırılmış sıvının, aynı ortamda çöktürülen kir ve ölü bakteri tabakasından ayrıştırılması.

2.1.1. Deney Düzenekleri Kurulmadan Yapılan Çalışmalar

a) Konu hakkında yapılan çalışmaların incelenmesi ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi.

2.1.2. İlk Deney Düzeneği Kurulması ve Sonrasında Yapılan Çalışmalar

b) Moringa Oleifera tohumlarıyla sudaki kirin çöktürülmesi ve Moringa Oleifera Katyonik Proteinleri (MOCP) tarafından, içerisinde kir ve yoğun bakteri bulunan örnek suya karşı gösterilen etkinin incelenmesi.

2.1.3. İlk Deney Sonlandırıldıktan Sonra Yapılan Çalışmalar

c) Arındırılmış sıvının, aynı ortamda çöktürülen kir ve ölü bakteri tabakasından ayrıştırılması.

2.1.4. İkinci Deney Düzeneği Kurulduktan Sonra Yapılan Çalışmalar

d) Elde edilen arıtılmış suyun analiz edilmesi ve istatistiksel verilerin oluşturulması.

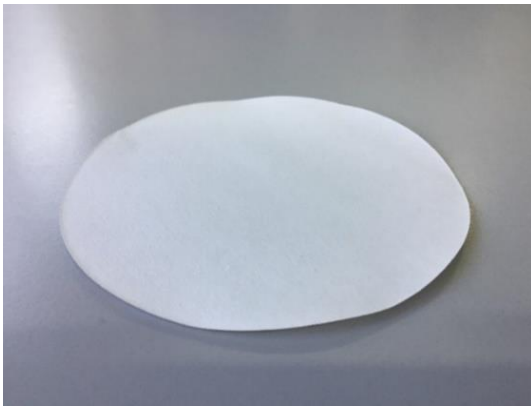
e) Elde edilen verilerle, ilk ve son durum arasındaki farklar göz önünde bulundurularak yöntemin etkinlik durumunun doğrulanması.

2.2. Malzemeler ve Temini

Araştırma sürecinde kullanılan ve deneylerde yer alan malzemelerin bir listesi hazırlanmıştır. Bu malzemeler, bir önceki bölümde belirtilen yol ve planlanan deneylere göre seçilmiştir.

2.2.1. Malzemeler ve Temin Edildiği Yerler

- Kağıt havlu
- BEYBİ marka medikal eldiven (Okulumuzun Araştırma Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir.)
- Pipet
- Kağıt sıvı filtresi (Okulumuzun Kimya Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir.)



Kağıt sıvı filtresi



Analiz kapları



500ml kapasiteli beherglaslar



10 adet Moringa Oleifera tohumu



Hassas ölçümler için Sartorius
marka tartı



Aktif Karbon ve İyon Değiştirici
Reçine tanecikleri



Destek çubuğu



Porselen kroze

2.3.Yapılan Deneyler Ve Araştırmalar

2.3.1.Konu hakkında yapılmış çalışmaların incelenmesi

Araştırma, suların temizlenmesinde kullanılan ve kullanılabilecek yöntemlerle ilgili makale ve kitapların incelenmesiyle başlamıştır. Bu kaynaklardan elde edilen verilere göre, maliyetinin düşük olduğu ve doğada yetişen organizma ve bitkiler kullanılarak gerçekleştirilen arıtım yöntemlerine odaklanılmaya karar verilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, bitki ve bitki tohumu kullanılarak yapılan arıtma çalışmalarının kısıtlı olduğu gözlemlenmiştir (Mbikay, M., 2012). Bu kapsamda bulunan yöntemlerden biri de, Moringa Oleifera (MO) adlı bitkinin tohumlarının toz haline getirilerek arıtmada

kullanılmasıdır (Nouman, W., 2014, Mayıs).

2010 yılında yayımlanan bir araştırmaya göre, Moringa Oleifera tohumlarının gerekli işlemlerden sonra antibakteriyel özellikler gösterdiği ve bu etkisiyle suyun bulunduğu kabın dibine çökme sağladığı belirtilmiştir (Jed W., Fahey, 2005, Eylül).

Bir diğer çalışmada (Swales, J., 2015, Haziran) ise Moringa Oleifera tohumlarının antibiyotik etkisinin deneyler yardımıyla incelendiği ve bu etkinin kanıtlandığı ifade edilmiştir.

Türkiye'de bu bitki hakkında yazılmış bir makale bulunmamakla birlikte, yabancı kaynaklarda da tohumun kullanılmasıyla çökertilmiş suyun içilebilir hale gelebileceğine dair herhangi bir bilgiye ulaşılmamıştır. Ayrıca, suyun arıtılmadan önceki ve sonraki içerik farklarına dair analiz çalışmasına da rastlanmamıştır. Bu eksikliklerin farkına varılınca, tohumların elde edilip arıtımın denenmesi ve arıtılan suyun içilebilir hale getirilebilmesi için ikinci bir deney aşamasının araştırılmasına karar verilmiştir.

İçilebilir su elde etmek amacıyla yapılan araştırmalarda, aktif karbonun suya uyguladığı etkiler dikkat çekmiştir. Aktif karbon, su içerisindeki organik madde, renk, koku, tat ve klor gideriminde yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Ancak burada söz konusu olan yalnızca fiziksel bir süzme işlemi değil, aynı zamanda fiziko-kimyasal arıtma yapan sistemlerdir ve suyun arıtılması esnasında adsorpsiyon mekanizması devreye girer (Daniel, E., 2005, Kasım 28).

Adsorpsiyon, bir yüzey veya ara kesit üzerinde bir maddenin birikmesi ve derişiminin artması olarak tanımlanır. Bu işlemde, sıvı ile gaz, katı veya başka bir sıvı arasındaki temas yüzeyi “ara yüzey” olarak kabul edilir. Adsorpsiyon, moleküllerin yüzeylere yapışması olayıdır, bu yüzeyler, adsorpsiyon kuvvetlerinden etkilenir.

Aktif karbon, kömüre benzer ancak çok geniş bir yüzey alanına (1000-1500 m²/gr) sahip bir malzemedir. Organik kirliliğin bulunduğu sularda ve klor giderme amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Sherbondy, J., Mickler, J., 2012, Mayıs).

Aktif karbonla ilgili dikkat edilmesi gereken bir konu ise, bu malzemenin bakteri üremesi için uygun ortam yaratabilmesidir. Çünkü aktif karbon organik maddeleri tutar ve eğer suda bakteri bulunuyorsa, bu bakteriler organik maddeleri besin olarak kullanarak üreyebilir. Ancak daha önce belirtildiği gibi, moringa tohumları, su içerisindeki bakterilerin neredeyse tamamını etkisiz hale getirmektedir (Yasmeen, A., 2014, Mayıs).

2.3.2.Moringa Oleifera tohumlarıyla gerekli işlem ve ölçümlerin yapılmasıyla sudaki kir ve bakterinin çökertilmesi

Giriş bölümünde belirtildiği üzere, 50-200 mg Moringa tohumu, suyun saflığına bağlı olarak değişkenlik gösterecek şekilde sudaki kir ve bakterilerin çökertilmesini sağlayabilmektedir.

Suyun çökertilmesi için izlenen aşamalar şu şekildedir: Örnek sulardaki büyük kir taneciklerinin arındırılması: Örnek su, kağıt filtreden geçirilir (Görsel 2.1). Tohumların işlenmesi: Moringa tohumundaki yağın doğal olarak kurumaya bırakılmasının ardından, tohumlar ezilerek toz haline getirilir. Tozun karıştırılması: Elde edilen toz, saf suyla yaklaşık 30 saniye kadar karıştırılarak, arıtılmak istenen örneğe dökülür.

Suyun karıştırılması: Arıtılacak su, ilk olarak 30 saniye hızlı bir şekilde, ardından 5 dakika boyunca yavaşça karıştırılır. Bu işlemin ardından yaklaşık 1-1.5 saat süresince sudaki toz ve bakterilerin çökmesi sağlanır (Görsel 2.2).



Görsel 2.1. Örnek su kağıt filtreden geçiriliyor

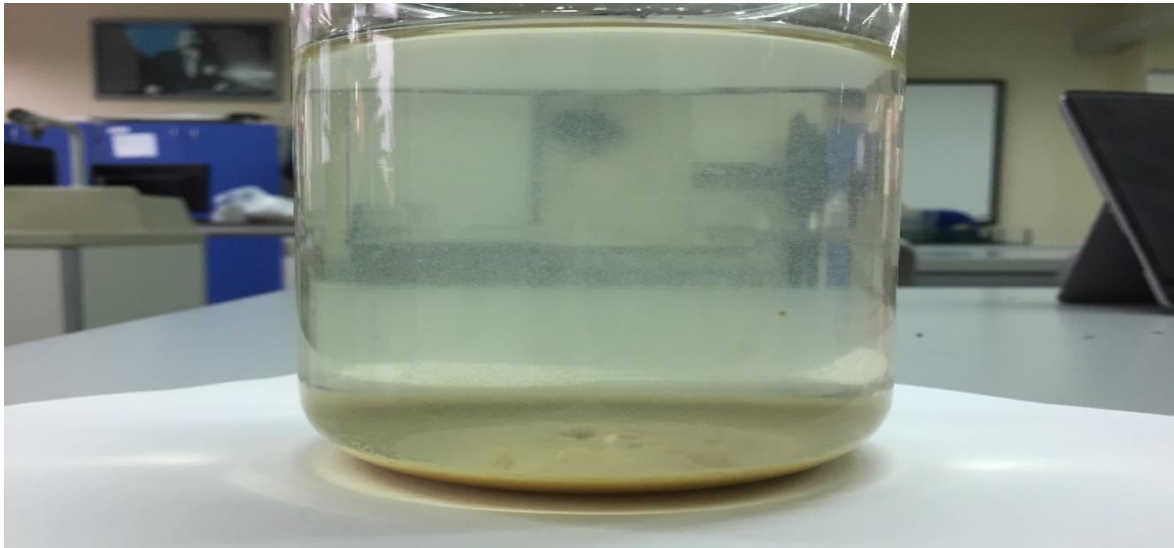


Görsel 2.2. Moringa tohum tozları örnek su ile karıştırılıyor

Not: Elde edilen su henüz içilebilir durumda değildir. Tohumlar, suyun sertliğine, tadına veya pH derecesine herhangi bir etki yaratmamıştır.

2.3.3.Arındırılmış sıvının, aynı ortamdaki çöktürilmiş kir ve ölü bakteri tabakasından ayrıştırılması

Yaklaşık 60-100 dakikalık bir sürenin sonunda, kir ve ölü bakteri tabakası kabın dibine çöker (Görsel 2.3). Bu süreçten sonra, üst kısımda kalan arındırılmış su, kabın alt kısmındaki kir tabakasından, geniş haznesi olan bir pipetle çekilerek başka bir kaba aktarılır. Ancak, taban kısmında kalan çözelti yaklaşık 30 dakikadan fazla beklediğinde, çökmüş tabakadaki taneciklerin birbirine iyi tutunduğu gözlemlenmiştir. Deney sırasında, yaklaşık 40 dakikalık bir bekleyişin ardından, pipet kullanılmadan kabın üstündeki suyun rahatlıkla başka bir kaba dökülerek ayrıştırılabildiği gözlemlenmiştir.



Görsel 2.3. Çöktürilmiş kir tabakasını içeren örnek su

2.3.4.Kir tabakasından ayrıştırılan suyun aktif karbon ve iyon değıştirici reçine taneciklerinin kullanılmasıyla içilebilir hale getirilmesi

Aktif karbonun yaygın uygulama alanı ve kullanım sebepleri daha önce belirtildiğı gibi, suyun içinde mevcut organik maddelerin, rengin, kokunun, tadın ve klorun uygun düzeye getirilmesidir. Ancak burada sadece fiziksel bir süzme işlemi değil, aynı zamanda fiziko-kimyasal bir arıtma süreci de söz konusudur. Aktif karbonlu sistemler, bu arıtma işlemlerinde adsorpsiyon mekanizmasını kullanır.

Adsorpsiyon, bir maddenin başka bir madde yüzeyinde veya iki faz arasındaki ara yüzeyde konsantrasyonunun artması ya da bir başka deyişle, moleküllerin yüzeye yapışmasıdır. Bu etkileşim, moleküllerin yüzeydeki çekim kuvvetlerine bağlı olarak gerçekleşir.

İkinci deney düzeneğinde kullanılacak olan bir diğer madde iyon değıştirici reçinedir. Bu reçine, suda istenmeyen anyon ve katyonları giderir. Katyonlar, hidrojen ve sodyum ile; anyonlar ise hidroksit iyonları ile yer değıştirir. Pozitif iyonları değıştiren iyon değıştirme reçineleri katyonik olarak adlandırılırken, negatif iyonları değıştiren reçineler anyonik reçine olarak isimlendirilir.

Bu iki madde kullanılarak suya istenilen tat, koku, renk, sertlik ve saflık özellikleri kazandırılacaktır. Ayrıca, bu maddelerin karışımıyla toplamda 40 gramlık bir karışım elde edilerek, suyun içerisindeki küçük tanecikler kağıt filtreden geçirilerek tutulacaktır (Görsel 2.4). İkinci deney aşamasının sonunda, bu arıtılmış su içilmeye uygun hale gelecektir (Görsel 2.5).



Görsel 2.4. Örnek su Aktif Karbon ve İyon Değıştirici Reçine karışımından geçiriliyor.



Görsel 2.5. Aktif Karbon ve iyon Değıştirici Reçine filtre düzeneğı

2.3.5.Elde edilen arıtılmış suyun analiz edilmesiyle istatistik verilerin oluşturulması

İki aşamalı olarak gerçekleştirilen deneyin sonunda elde edilen su örneklerinin ilk ve son durumlarındaki farklılıkların bilimsel veri olarak elde edilebilmesi için, örnek suların insani tüketim amaçlı analizi yapılacaktır. Elde edilen analiz verileri ile birlikte, suya uygulanan yöntemlerin etkisi, referans değerlerle karşılaştırılacaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için, İstanbul’da bulunan gıda, yem ve su analizleri yapan bir laboratuvara, arıtma öncesi ve sonrası su örneklerinin her birinden 1 litre olacak şekilde örnekler gönderilmiştir.

3.Bulgular

Analiz için kullanılan örnek sular, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği kapsamında değerlendirilmiştir. Yönetmelik çerçevesinde kontrol edilmesi gereken ölçüm parametreleri ve bu parametrelerin ölçüm yöntemleri Tablo 1’de gösterilmektedir.

ÖLÇÜM PARAMETRELERİ	ÖLÇÜM YÖNTEMİ
Alüminyum (µg/L)	Spektrofotometrik Metot
Amonyum (mg/L)	Spektrofotometrik Metot
Bulanıklık	Organoleptik Yöntem
Enterokok (Kob / 100 mL)	TS EN ISO 7899-2
Demir (µg/L)	Spektrofotometrik Metot
E.coli (Kob / 100 mL)	TS EN ISO 9308-1
İletkenlik (µs/cm)	TS 9748 EN 27888
Koku	Organoleptik Yöntem
Nitrit (mg/L)	Spektrofotometrik Metot
pH	SM 4500 H+ B
Renk	Organoleptik Yöntem
Tat	Organoleptik Yöntem
Koliform (Kob / 100mL)	TS EN ISO 9308-1

Tablo 1. İNSANİ TÜKETİM AMAÇLI SULAR YÖNETMELİĞİ kapsamında kontrol edilmesi gereken ölçüm parametreleri ve parametrelerin ölçüm yöntemleri

Deneyde kullanılan ve arıtım yönteminin uygulandığı su örnekleri Danamandıra Gölü’nden alınmıştır. Alınan örnekten 1 litre su, hiçbir arıtım yöntemi uygulanmadan, gölden alındığı ilk durumunda steril kaba aktarılmış ve muhafaza edilmiştir. Deney sonucunda, arıtım yöntemi uygulanmış son durumdaki su örneğinden de 1 litre su, steril kaba aktarılıp muhafaza edilmiştir.

Arıtım öncesi ve sonrasında alınan su örnekleri, aynı özellikteki steril kaplarda ve aynı şartlar altında muhafaza edilmiştir. Her iki su örneğinden de 1 litre su alınmasının nedeni, bu miktarın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve bakteriyolojik analizler için uygun ve yeterli bir miktar olmasıdır.

Gıda, yem ve su analizleri yapan kontrol laboratuvarına gönderilen örnek suların analizleri, yönetmeliğe uygun olup, Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) onaylıdır. Arıtım öncesi ve sonrasında alınan su örneklerine, yönetmelik kapsamında kontrol edilmesi gereken tüm ölçüm parametreleri belirtilen aynı yöntemler ile uygulanmıştır.

Her iki su örneğinin analizleri, analiz sonuçları, analiz metotları ve kullanım uygunlukları belirtilmiştir. Danamandıra Gölü'nden alınmış, arıtım işlemi görmemiş su örneğinin analizleri, analiz sonuçları, analiz metotları ve kullanım uygunluğu Tablo 2'de gösterilmektedir.

Analiz	Sonuç	Analiz Metodu	Referans Değer	U/UD
1- Renk Tayini	Uygun Değil	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	UD
2- Bulanıklık Tayini	Uygun Değil	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	UD
3- Koku Tayini	Uygun Değil	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	UD
4- Tat Tayini	Uygun Değil	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	UD
5- İletkenlik Tayini (µs/cm)	651	TS 9748 EN 27888		DY
6- pH Tayini	6,86	SM 4500 H+ B		DY
7- Nitrit Tayini (mg/L)	0,325	Spektrofotometrik Metot		DY
8- Amonyum Tayini (mg/L)	0,181	Spektrofotometrik Metot		DY
9- Alüminyum Tayini (µg/L)	Tespit edilemedi.	Spektrofotometrik Metot		DY
10- Demir Tayini (µg/L)	Tespit edilemedi.	Spektrofotometrik Metot		DY
11- *Enterokok Tayini (Kob / 100 mL)	0	TS EN ISO 7899-2	0 Kob / 100 mL	U
12- *Koliform Sayımı (Kob / 100 mL)	> 100	TS EN ISO 9308-1	0 Kob / 100 mL	UD
13- *E. coli Sayımı (Kob / 100 mL)	> 100	TS EN ISO 9308-1	0 Kob / 100 mL	UD

D:Değerlendirme U:Uygun UD:Uygun Değil DY:Değerlendirme Yapılamıyor

Tablo 2. Danamandıra Gölü'nden alınmış, arıtım veya herhangi bir işlem görmemiş su örneğinin analizi

Tablo 2'de, Danamandıra Gölü'nden alınan su örneği, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve bakteriyolojik analizler sonucunda, insani tüketim amaçlı kullanım için uygun değerleri sağlayamadığı ve tüketilmeye uygun olmadığı görülmektedir.

Örnek olarak alınmış suya arıtım işlemi uygulandıktan sonra elde edilen son durumdaki arıtılmış suyun analizleri, analiz sonuçları, analiz metotları ve kullanım uygunluğu Tablo 3'te gösterilmektedir.

Analiz	Sonuç	Analiz Metodu	Referans Değer	U/UD
1- Renk Tayini	Uygun	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	U
2- Bulanıklık Tayini	Uygun	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	U
3- Koku Tayini	Uygun	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	U
4- Tat Tayini	Uygun	Organoleptik Yöntem	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmamalı	U
5- İletkenlik Tayini (µs/cm)	367	TS 9748 EN 27888		DY
6- pH Tayini	7,10	SM 4500 H+ B		DY
7- Nitrit Tayini (mg/L)	0,133	Spektrofotometrik Metot		DY
8- Amonyum Tayini (mg/L)	1,594	Spektrofotometrik Metot		DY
9- Alüminyum Tayini (µg/L)	Tespit edilemedi.	Spektrofotometrik Metot		DY
10- Demir Tayini (µg/L)	Tespit edilemedi.	Spektrofotometrik Metot		DY
11- *Enterokok Tayini (Kob / 100 mL)	0	TS EN ISO 7899-2	0 Kob / 100 mL	U
12- *Koliform Sayımı (Kob / 100 mL)	0	TS EN ISO 9308-1	0 Kob / 100 mL	U
13- *E. coli Sayımı (Kob / 100 mL)	0	TS EN ISO 9308-1	0 Kob / 100 mL	U

D:Değerlendirme U:Uygun UD:Uygun Değil DY:Değerlendirme Yapılamıyor

Tablo 3. Arıtım yönteminin uygulanmış olduğu son durumdaki su örneğinin analizi

Tablo 3'ten, arıtım yöntemi uygulanmış son durumdaki su örneğinin, arıtım işlemi uygulanmamış ilk durumu ile karşılaştırıldığında; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve bakteriyolojik analizler sonucunda insani tüketim amaçlı kullanım için uygun değerleri sağladığı ve tüketilmeye uygun olduğu görülmektedir.

Danamandıra Gölü'nden alınmış, arıtım veya herhangi bir işlem görmemiş su örneği ile arıtım yönteminin uygulanmış olduğu son durumdaki su örneğinin analiz ve sonuçlarının karşılaştırması Tablo 4'te verilmiştir.

		Arıtılmamış Su Örneği	Arıtılmış Su Örneği
Analiz	Analiz Metodu	Sonuç	Sonuç
Renk Tayini	Organoleptik Yöntem	İçilmeye Uygun Değil	İçilmeye Uygun
Bulanıklık Tayini	Organoleptik Yöntem	İçilmeye Uygun Değil	İçilmeye Uygun
Koku Tayini	Organoleptik Yöntem	İçilmeye Uygun Değil	İçilmeye Uygun
Tat Tayini	Organoleptik Yöntem	İçilmeye Uygun Değil	İçilmeye Uygun
İletkenlik Tayini	TS 9748 EN 27888	651 $\mu\text{s}/\text{cm}$	367 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Nitrit Tayini(mg/L)	Spektrofotometrik Metot	0.325	0.133
Amonyum Tayini (mg/L)	Spektrofotometrik Metot	0.181	1.594
Koliform Sayımı (Kob/ 100 mL)	TS EN ISO 9308-1	>100	0
E. coli Sayımı (Kob / 100 mL)	TS EN ISO 9308-1	>100	0
Enterokok Tayininin (Kob / 100 mL)	TS EN ISO 7899-2	0	0

Tablo 4. Danamadıra Gölü'nden alınmış, arıtım veya herhangi bir işlem görmemiş su örneği ile arıtım yönteminin uygulanmış olduğu son durumdaki su örneğinin analizleri ve karşılaştırılması

Tablo 4'te, arıtım öncesi su örneği ile arıtım yöntemi uygulanmış su örneği arasındaki farklılıklar değerlendirilebilir. Fiziksel ve kimyasal analizlerde, renk, bulanıklık, koku, tat ve iletkenlik gibi özelliklerin arıtım öncesi su örneğinde kullanıma uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak, arıtım işlemi uygulanmış su örneğinde bu özelliklerin tamamı, kullanım için uygun hale gelmiştir. Arıtım öncesi su örneğinde iletkenlik değeri 651 $\mu\text{s}/\text{cm}$ iken, uygulanan arıtım yöntemi sonrasında bu değer 367 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 'ye düşmüştür. Bu değişim, suyun içindeki iyon derişiminin azaldığını göstermektedir.

Biyolojik ve bakteriyolojik analizlerde ise, Koliform (Kob/100 mL) ve E. Coli (Kob/100 mL) sayım verileri, arıtılmamış su örneğinde her iki değerin de, içme suyu için belirlenen 100 Kob/100 mL sınırını aştığını ve dolayısıyla içilebilir olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır. Arıtım işlemi uygulanmış su örneğinde ise, Koliform ve E. Coli değerleri, 100 Kob/100 mL'nin altına düşerek 0 Kob/100 mL olarak ölçülmüştür.

Tüm ölçüm verileri göz önüne alındığında, arıtılmamış su örneğinin, arıtma yöntemi sonrası tüketim için uygun hale gelmesi oldukça olumlu ve etkili bir değişim göstermektedir. Sonuç olarak, arıtım yöntemi uygulanmış su örneği, insan tüketimi için gerekli tüm parametreleri karşılamakta ve içilebilir niteliklere sahip olmaktadır.

4. Sonuç ve Tartışma

Örnek suların analiz için gönderildiği laboratuvarından alınan sonuçlarla, arıtım yönteminin etkisi ve uygulama öncesi ve sonrası durumlar hakkında yorum yapmak mümkün olmuştur. Analiz verilerine göre, ilk durumda bulanıklık, renk, tat ve koku açısından içmeye uygun olmayan su örneğine uygulanan arıtma yöntemi sonucunda, su içmeye uygun hale gelmiş ve bakteriyolojik analizde suyun içerisindeki bakteri miktarı 0 Kob/100 mL olarak ölçülmüştür. Ayrıca, arıtım öncesi suyun iletkenlik değeri yaklaşık 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iken, arıtma işlemi sonrasında suyun iyon derişiminin azaldığına dair bir gösterge olarak iletkenlik değeri 367 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak, arıtılmamış durumda içilmesi uygun olmayan su, uygulanan arıtma yöntemiyle insan tüketimine uygun hale getirilmiştir.

5. Öneriler

Projede kullanılan Moringa Oleifera tohumlarında bulunan Moringa Oleifera Cationic Protein (MOCP) özelliklerine benzeyen yapılar içeren diğer bitkiler araştırılabilir. Ayrıca, daha çeşitli su örnekleri kullanılarak Moringa Oleifera tohumunun sağlayabileceği maksimum ve minimum arıtma düzeyleri belirlenebilir. Türkiye'de fazla yetiştirilmediği için, Moringa Oleifera'nın akraba ağaçları üzerinde de araştırmalar yapılabilir.

Kaynakça

- Nouman, W. (2014, May 18). *Biomass production and nutritional quality of Moringa oleifera as a field crop*. Retrieved from <http://ijisae.atscience.org/tbtkagriculture/issue/11578/138003>
- Yasmeen, A. (2014, May 16). *Exploring the potential of Moringa oleifera leaf extract (MLE) as a seed priming agent in improving wheat performance*. Retrieved from <http://ijisae.atscience.org/tbtkbotany/issue/11774/140774>
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A.H. (2007, January 1). *Moringa oleifera: A food plant with multiple medicinal uses*. Retrieved from <http://www.moringa.rubiconhealth.org/studies/>
- Chuang, P., & Shieh, B. (2002, September 3). *Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of Moringa oleifera Lam.* Retrieved from <http://www.moringa.rubiconhealth.org/studies/>
- Mbikay, M. (2012, March 1). *Therapeutic potential of Moringa oleifera leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: A review*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3290775/>
- Jed W. Fahey (2005, September 15). *Moringa oleifera: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties*. Retrieved from <http://www.tfljournal.org/article.php/20051201124931586>
- The Need For Purification Is Increasing. (2016, February). *Cheamie Article Magazine*, 38-40. Retrieved from <http://www.cabotcorp.com/solutions/products-plus/activated-carbon>
- Binal, B., & Mehdinejad, M. (2010, July 4). *Effectiveness of Moringa oleifera coagulant protein as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters*. Retrieved from <http://waset.org/publications/5079/effectiveness-of-moringa-oleifera-coagulant-protein-as-natural-coagulant-aid-in-removal-of-turbidity-and-bacteria-from-turbid-waters>
- Swales, J. (2015, June 9). *Researchers study inexpensive process to clean water in developing nations*. Retrieved from http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://news.psu.edu/story/358048/2015/06/09/research/researchers-study-inexpensive-process-clean-water-developing&gws_rd=cr&ei=t_Z5WOXmFsun6ATWmqeYDQ
- Safa Arıtma Şirketi. (2015, January). *Arıtım Yöntemleri*. Retrieved from <http://www.safaaritma.com/hizmetlerimiz-ve-urunlerimiz/atik-su-aritma>
- Rebecca, J. (2013, July 6). *Integrated pest management (IPM) techniques for Moringa oleifera*. Retrieved from https://honors.libraries.psu.edu/catalog?utf8=%E2%9C%93&sort=last_name_ssi+asc%2C+title_ssi+asc&search_field=all_fields&q=moringa+oleifera
- Nellis, D. (2016, April 2). *Moringa Oleifera Hakkında*. Retrieved from https://tr.wikipedia.org/wiki/Moringa_oleifera

- Sarich, C. (2014, April 5). *Cleaning Water: Seeds from Moringa Tree Can Purify Water*. Retrieved from <http://naturalsociety.com/moringa-oleifera-tree-purify-water/>
- Daniel, E. (2005, November 28). *How does activated carbon work?* Retrieved from http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Activated_carbon
- Sherbondy, J., & Mickler, J. (2012, May 14). *What are the properties of activated carbon?* Retrieved from <http://www.tigg.com/what-is-activated-carbon.html>
- Griggs, M. (2015, June 11). *Need to clean water? Just add these seeds*. Retrieved from <http://www.popsci.com/need-clean-water-just-add-seeds>
- Fisher, H. (2009, June). *Moringa Oleifera: Magic, Myth or Miracle*, USA.
- Mulder, M. (2000, May 11). *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publishers. Retrieved from <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0650F71462C1ACF13>