

Su kirliliği ve gıda güvenliğine etkisi

Prof. Dr. Mehmet Emin Aydın



1963 yılında Konya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Konya'da tamamladı. 1985 Yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1993 yılında İngiltere Loughborough Üniversitesinde doktrasını tamamladı. Selçuk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi'nde 1997'de doçent, 2003'te profesör oldu. Ocak 2011'de Konya Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dekanı, Şubat 2011'de Konya Üniversitesi Rektör Yardımcısı olarak atanmıştır.

Su kaynaklarının yetersiz olması, kentleşme ve endüstrileşmeye bağlı olarak var olan kaynakların daha az kullanılabilir hale gelmesi, son yıllarda pek çok ülkenin önemli problemlerinden biri haline gelmiştir. Giderek daha çok tüketen insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamak üzere sanayi üretiminin yoğunlaşması ve çeşitlenmesi, kirletici yükü artmış atık

su deşarjlarıyla sonuçlanmıştır. Yeterli derecede arıtılmamış suların içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanımı insan sağlığı için bir tehdit oluşturmaktadır. Benzer şekilde, artan gıda ihtiyacını karşılamak üzere zirai faaliyetler yoğunlaşmış ve azalan tarım alanlarından optimum verimin alınabilmesi için pestisit, hormon ve gübre kullanımı yaygınlaşmıştır. Tarımsal verimi arttırmak amacıyla kullanılan bu kimyasallar, gıda

kaynaklı olarak tüketiciye ulaşabildiği gibi su kaynaklarına karışarak su kirliliğine de sebep olmaktadır.

Su kirliliği

Su kirliliği, çeşitli organik ve inorganik kirleticileri taşıyan evsel ve endüstriyel atık suların yeterli derecede arıtılmadan su havzalarına deşarjı, zirai faaliyetler



sırasında aşırı derecede kullanılan gübrelere, pestisitler ve atmosferik kirlenmeleri taşıyan yağış sularının su ortamlarına karışması gibi etkilere ortaya çıkmaktadır. Su kirliliğine sebep olan maddeler deşarj edildikleri noktadan kilometrelerce uzakta tespit edilebilmektedirler. Suyu bir hastalık kaynağı haline getiren bu kirlenmeler, sadece atık sularda değil tüm yüzeysel ve yer altı su kaynaklarında tespit edilebilmektedir. Su kirliliğine sebep olan inorganik maddelerden ağır metaller akuatik çevreye çeşitli kaynaklardan girebilmektedir. Birçok ağır metal toprak ve kayalar gibi doğal kaynaklardan biyojeokimyasal döngüye girerken aynı zamanda katı atık sızıntı suları, arıtma çamurlarının depolanması, atmosferik kaynaklar ve metal endüstrisi deşarjları gibi antropojenik kaynaklardan da su havzalarına ulaşarak kabul edilebilir konsantrasyonların üzerine çıkmaktadır.⁽¹⁾ Bazı metallerin yüksek konsantrasyonları insan sağlığı için zararlıyken, bazı metallerin çok düşük konsantrasyonları bile canlı yaşamı üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Ağır metaller insanlarda nörolojik problemlere, kemik hastalıkları ve kardiyovasküler problemlere, renal hastalıklara ve çeşitli kanserlere neden olmaktadır.^(2, 3)

Organik kirlenmeler ise su ortamında büyük partiküller halinde veya çözünmüş haldedirler. Çözünmüş organik maddeler, doğal organikler (örn. amino asitler, fulvik asitler ve karbonhidratlar), sentetik organikler (örn. pestisitler, fenoller, klorlu solventler, aromatik ve alifatik hidrokarbonlar, surfaktantlar) ve bunların hidroliz, fotoliz ve biyolojik yükseltgenme ürünleridir. Sentetik organikler konvansiyonel arıtma teknikleriyle sulardan giderimi güç olan ve çevre ortamlarında birikebilen kirlenmelerdir. Toksik, mutajen ve kanserojen özelliklere sahip oldukları bilinen poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), poliklorlu bifeniller (PCB), pestisitler, fenoller, dioksinler ve furanlar gibi kalıcı organik kirlenmeler (POP) su ve gıda karışması yoluyla insan sağlığını tehdit etmektedirler.^(4, 5) Yağlı dokularda birikme özelliği gösteren sentetik organikler önemli bir gıda kaynağı olan balıkların dokularında birikerek gıda zincirine girmektedir.

Suyun insani tüketim amaçlı kullanılabilmesi için patojen organizma içermemesi gerekir. Bir su kaynağında fekal koliform türü bakterilerin varlığı suyun atık su veya hayvan atıkları ile kirlenmiş olduğunun bir göstergesidir. Bu bakterilerin hepsi insanlarda bağırsak enfeksiyonları, dizanteri, hepatit, tifo, kolera ve diğer çeşitli hastalıklara neden olabilmektedir.⁽⁶⁾ Klorlama, suyun mikrobiyolojik emniyetinin sağlanabilmesi için ülkemizde en yaygın olarak kullanılan

dezenfeksiyon yöntemidir. Ancak içme suyu kaynağı olarak kullanılan yüzeysel sular yüksek miktarlarda doğal organikler içermektedir. Bu kirlenmelerin sulardan arıtımı sağlanmadan gerçekleştirilen klorlama işlemi trihalometan (THM) gibi kanserojen olduğu bilinen dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşmasına neden olmaktadır.

İçme amaçlı su kullanımı

Her insan, yaşamını sürdürmek için içilebilir kalitede suya ihtiyaç duyar. Ancak insanlar suyun kalitesini değerlendirirken kokusuz, berrak ve yumuşak olması gibi bazı parametreleri dikkate alırken suyun taşıyabileceği organik ve inorganik birçok kirleniciyi göz ardı edebilmektedir. Birçok arıtma tesisinde arıtma işlemi temel kirlenici parametreler dikkate alınarak yapılırken örneğin sentetik mikrokirlenimler ihmal edilmektedir. Bu kirlenmelerin sulardan arıtımı için ileri arıtma tekniklerine ihtiyaç vardır.

Şişe ve damacanalarda satılan sular temiz su tüketme kaygısı taşıyan insanların artan tercihi olmuştur. Bu sular memba suları olabildiği gibi arıtılmış sular da olabilmektedir. Damacana sular, çeşitli sağlık riskleri taşımaktadır. Dolum işlemi sırasında mikrobiyolojik emniyetin tam olarak sağlanamaması, suda hastalık yapıcı bakterilerin artmasına neden olmaktadır. Damacanalarda tüketiciye ulaşana dek güneş altında uzun süreler bekleyebilmektedir. Bu durum, bakteriyolojik büyüme için uygun şartlar yaratırken aynı zamanda damacanalardan içerdiği kimyasalların su ortamına geçişine de sebep olmaktadır. Yıpranmış damacanalarda içerdikleri kimyasalların su ortamına daha kolay bırakabilmektedir. Bu nedenle su satışı yapan firmaların, damacanalarda belli periyotlarla yenilemesi gerekir. Bu konuda tüketicinin bilinçli tercihler yapması ve yasal kontrol mekanizmalarının işletilmesi, üreticilerin gerekli titizliği göstermelerini sağlayacaktır. İnsan bedeninin yaklaşık yüzde 70'i sudur ve suyun yeterli miktarda tüketilmemesi fiziksel güç kaybından böbrek yetmezliğine kadar birçok rahatsızlığa sebep olabilir. Suyun içilebilir kalitede olması için tüm kirlenici parametreler bakımından değerlendirilmesi ve gerekli arıtım işlemine tabi tutulması insan yaşamı için kritik öneme sahiptir.

Tarımda su kullanımı

Giderek daha kıt bir kaynak olan suyun yaklaşık yüzde 70'i tarımsal faaliyetlerde kullanılmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde arıtılmış atık suların zirai sulama amaçlı kullanımı oldukça yaygındır. Tarımsal amaçlı kullanılan suyun yeterince arıtılmaması, gıda ürünlerinin kontaminasyonu ile sonuçlan-

Damacana sular, çeşitli sağlık riskleri taşımaktadır. Dolum işlemi sırasında mikrobiyolojik emniyetin tam olarak sağlanamaması, suda hastalık yapıcı bakterilerin artmasına neden olmaktadır. Damacanalarda tüketiciye ulaşana dek güneş altında uzun süreler bekleyebilmektedir. Bu durum, bakteriyolojik büyüme için uygun şartlar yaratır. Bu nedenle damacanalarda belli periyotlarla yenilemesi gerekir.

makta ve gıda kaynaklı hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Gıdanın hasat sonrası hazırlanması, işlenmesi, ambalajlanması sırasında kullanılan suyun taşıdığı kirlenimler de, gıda güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Gıda güvenliği, gıdalarda olabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve her türlü zararların bertaraf edilmesi için alınan tedbirler bütünü olarak tanımlanmaktadır.⁽⁷⁾ Dünyada son on yıl içinde gıda kalite ve güvenliği konusunda önemli yasal değişiklikler yapılarak tüketiciyi gıda güvenliği açısından korumayı hedef alan yasalar oluşturulmuş, gıda üreten firmalara işletme koşullarını geliştirmek ve iyileştirmek yolunda zorunluluklar getirilmiştir.

İçme ve kullanma sularının kalitesi ile ilgili artan hassasiyetin tarımsal sulama suları için gösterilmemesi, su kalitesinin gıda güvenliği üzerine olabilecek muhtemel etkilerinin yeterince kavranmadığını ortaya koymaktadır. Atık sudaki çözünmüş tuzlar, bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler; yörenin iklim şartlarına, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilmekte; bitkiler tarafından alınabilmekte veya suda kalabilmektedir. Sulama suyu içinde bulunan kirlenimlerin farklı bitkiler tarafından bünyelerine alınması; kirlenimlerin topraktaki birikimine, çözünürlüklerine, bitkinin türüne ve yaşına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, arıtılmış atık suların arazide kullanılması ve bertarafı söz konusu ise suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından



Dünyada 20 milyon hektar arazinin arıtılmamış atık sularla sulandığı tahmin edilmektedir. Çiftçiler, azot ve fosfor gibi nütrient içeriği yüksek olan atık suların, yetiştirdikleri ürünün verimini arttıracacağını düşünürken tüm toksik kirleticileri göz ardı etmektedirler. Hindistan'da atık sularla sulanan ıspanak, domates vb. sebzelerde yüksek oranlarda arsenik, kadmiyum, krom, kurşun ve nikel tespit edilmiştir. Bangladeş'te arsenik bulaşmış gıdaların tüketimi sonucunda zehirlenme vakaları yaşanmıştır.

öngörülen sınır değerlere uygunluğunun yanı sıra, bölgenin toprak özellikleri iklim, bitki türü ve sulama metodu gibi etkenler de dikkate alınmalıdır.⁽⁸⁾ Suyun mikrobiyolojik emniyeti, sulama amaçlı kullanımda dikkat edilmesi gereken bir

hususdur. Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinin sulanması için çok iyi kalitede sulama suyu kullanılması gerekir. Bu durumda, sulama suyunda fekal koliform türü bakteriler bulunmamalıdır ve mikrobiyolojik kalitesi çok iyi kontrol edilmelidir. Bunun yanında, ticari olarak işlenen gıda ürünleri (meyve bahçeleri ve üzüm bağları) sulama suyunun mikrobiyolojik kalitesi daha düşük kalitede olabilmektedir.⁽⁸⁾

Dünyada 20 milyon hektar arazinin arıtılmamış atık sularla sulandığı tahmin edilmektedir. Birçok Avrupa ülkesinde ve Kuzey Amerika'da arıtılmamış atık sular zirai sulama amaçlı olarak uzun yıllar boyunca kullanılmıştır. Paris'te kısmen arıtılmış atık suların sulama amaçlı kullanımı 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar sürmüştür. Çin, Meksika, Peru, Mısır, Lübnan, Hindistan ve Vietnam'da atık sular bitki besin kaynağı olarak onlarca yıl kullanılmıştır.⁽⁹⁾ Akdeniz ülkelerindeki zirai gıda üretiminde temiz su sıkıntısı en önemli sınırlayıcı faktör olmuştur. Bu sorunun aşılması için arıtılmış evsel atık sularla sulama teşvik edilmektedir. Asya, Afrika ve Latin Amerika'daki birçok ülkede ise tarım toprakları halen arıtılmamış atık sularla sulanmaktadır. Küresel ısınmanın beraberinde getirdiği yağış miktarındaki azalmanın sonucu olarak su talebinin yeterince karşılanamaması, önemli bir problem olarak birçok ülkenin karşısına çıkmakta ve ülkemiz gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde bu durum daha belirgin olarak yaşanmaktadır. Mevcut su kaynaklarının hızla kirletilmesi ile var olan su kaynaklarının kullanılabilirliği azalmakta, iyi kalitedeki sular evsel ihtiyaçlar için kullanılırken daha düşük kaliteli suların sulama amaçlı kullanımı tercih edilmektedir. Çiftçiler, azot ve

fosfor gibi nütrient içeriği yüksek olan atık suların yetiştirdikleri ürünün verimini arttıracacağını düşünürken atık su içinde bulunabilecek tüm toksik kirleticileri göz ardı etmektedirler.

Hindistan'da birçok bölgede zirai alanlarda endüstriyel atık sular sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. İlaç, petrokimya, boya, pestisit gibi alanlarda üretim yapılan sanayi bölgesinden çıkan atık sularla sulanan ıspanak, domates vb. sebzelerde yüksek oranlarda arsenik, kadmiyum, krom, kurşun ve nikel tespit edilmiştir.⁽¹⁰⁾ Bangladeş'te arsenik konsantrasyonu yüksek yer altı sularının sulama amaçlı kullanımı sebebiyle arsenik bulaşmış gıdaların tüketimi sonucunda zehirlenme vakaları yaşanmıştır.⁽¹¹⁾ Diare, norovirus ve rotavirus gibi viral enfeksiyonlar ve hepatit A; atık suyla kontamine olmuş sebzelerin tüketiminden kaynaklanan hastalıklar arasında en yaygın olanlardır.⁽¹²⁾ 2006'da ABD'de E. coli O157:H7 salgınının atık suyla sulanmış taze ıspanak tüketiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir.⁽¹³⁾ Ülkemizde insanları arıtılmış atık suların olumsuz etkilerinden korumak için "Atık su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" (2010) kapsamında sulama suyu olarak kullanılacak arıtılmış atık sular için kalite parametreleri belirlenmiştir.

Gıda işlemede su kullanımı

Gıdanın hasat sonrası işlenmesi sırasında kullanılan suyun taşıdığı kirleticiler de gıda güvenliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Ham madde üretiminde kullanılan su kaynakları akarsular, göller ve yeraltı sularıdır. Gıda işlemede kullanılan suların yüksek sertlikte olmaması, hastalık yapıcı patojenler, organik veya inorganik kirleticiler içermemesi gerekir. Özellikle



işlem görmeden tüketilen taze meyve ve yeşil yapraklı sebzeler su kaynaklı kirleticilere açık olan gıdalardır. Yeşil sebzelerin tüketiciye ulaşana kadar taze tutulması amacıyla marketlerde ve pazarlarda kullanılan ıslatma sularının mikrobiyolojik kontaminasyona sebep olduğu tespit edilmiştir.⁽¹⁴⁾ Yıkama, ayıklama, kabuk soyma gibi ham madde hazırlık işlemlerinde ve haşlama gibi üretim işlemlerinde temiz suya ihtiyaç duyulmaktadır. Gıdada kullanılan buz, güvenli ve içme suyu kalitesindeki sudan oluşturulmalıdır. Yine gıda üretim işlemlerinde kullanılan buhar Türk Gıda Kodeksine uygun olarak elde edilmelidir. Ayrıca gıda üretiminde mikroorganizma kontaminasyonunun önlenmesi için gıda ile temas eden alet ekipman ve çeşitli yüzeylerdeki bütün kir ve gıda artıklarının uzaklaştırılması işleminde su bir temizlik maddesi olarak kullanılmaktadır. Gıda işletmelerinde suyun sürekli ve yeterli sağlanması ve kontaminasyona açık olmayan, uygun şartlarda depolanması gıda güvenliğinin sağlanması için kritik öneme sahiptir. Çeşitli kirleticilere maruz kalmış gıdaların basit bir yıkama işlemiyle temizlenmesi mümkün olmayabilir. Ayrıca yemek pişirme sırasında gerçekleştirilen kaynatma işlemi gıdaların veya suyun taşıdığı kirleticilerin giderimini sağlamaz. Bu nedenle işlenerek veya işlenmeyerek tüketilen tüm gıdaların her türlü kirleticiye karşı korunması, gıda işleme amaçlı olarak kullanılan suların tüm kirletici parametreler bakımından emniyetli olması gerekir.

Sonuç

İnsan yaşamı için temel ihtiyaçlar olan su ve gıdanın, yaşamı olumsuz etkilemeyecek kalitede tüketiciye sunulması gerekir.

Gıda maddelerinin insan tüketimine güvenli olarak sunulabilmesi için ham maddenin elde edildiği ilk aşamadan başlayarak, ürün tüketicinin sofrasına gelene kadar her aşamada hijyen kurallarına uyulmalıdır. Arıtılmış veya arıtılmamış atık suyla sulanan tarımsal ürünlerin kalitesine zararlı etkileri olabilecek organik ve inorganik kirleticilerin rutin analizleri hassasiyetle gerçekleştirilmelidir. Bu analizler gerçekleştirilirken dar bir kapsamda kalınmamalı, atık su ortamında bulunabilecek tüm kirletici parametreler analiz edilmelidir. İçme, yemek pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan suların da geniş kapsamlı analizleri gerçekleştirilmelidir. *Stockholm Sözleşmesi* kapsamında Türkiye'nin izlemek ve azaltmakla yükümlü olduğu kalıcı organik kirleticilerin zaman içerisinde ortadan kaldırılmasına yönelik sınır değerler belirlenmeli ve POP envanteri oluşturulmalıdır.

Kaynaklar

- 1) Aydın, M.E., Özcan, S., Ucar, Ş., *Heavy Metal Pollution of Surface Water Sources of Konya Basin, Cost Action 637, Metals and Related Substances in Drinking Water, 4th International Conference, Kristianstad, Sweden, 13-15 October 2010.*
- 2) Guo, P., Gong, Y., Wang, C., Liu, X., Liu, J., *Arsenic speciation and effect of arsenate inhibition in a *Microcystis aeruginosa* culture medium under different phosphate regimes, Environmental Toxicology and Chemistry, 2011, 30, 1754–1759.*
- 3) Debelius, B., Forja, J.M., Lubián, L.M., *Toxicity of copper, nickel and zinc to *Synechococcus* populations from the Strait of Gibraltar, Journal of Marine Systems, 2011, 88, 113–119.*
- 4) Mufeed, B., *Sustainable use of wastewater and sludge in Jordan; residues of persistent organic pollutants, a review, NATO Advanced Research Workshop on Advanced Water Supply and Was-*

tewater Treatment—A Road to Safer Society and Environment, 19-22 May 2010, Ukraine.

- 5) Aydın, M.E., Sari, S., Özcan, S., *Konya ana tahliye kanalı su ve sedimentlerinde poliklorlu bifenil (PCB) bileşiklerinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Dergisi, 2003, 18, 9-19.*
- 6) US EPA, *Safe Drinking Water Act (SDWA), Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule, December, 1998.*
- 7) *Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmelik, 26 Eylül 2008 tarih ve 27009 sayılı T. C. Resmî Gazete*
- 8) *Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği, 20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı T. C. Resmî Gazete*
- 9) Drechsel, P., Scott, C.A., Sally, L.R., Redwood M., Bahri, A., *Wastewater Irrigation and Health, International Water Management Institute and International Development Research Centre, 2010.*
- 10) Tiwari K.K., Singh N.K., Patel, M.P., Tiwari, M.R., Rai, U.N., *Metal contamination of soil and translocation in vegetables growing under industrial wastewater irrigated agricultural field of Vadodara, Gujarat, India, Ecotoxicology and Environmental Safety, 2011, 74, 1670–1677.*
- 11) Ahmad, J.U., Goni, M.A., *Heavy metal contamination in water, soil, and vegetables of the industrial areas in Dhaka, Bangladesh, Environ. Monit. Assess. 2010, 166, 347–357.*
- 12) WHO (2006) *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Volume 2: Wastewater Use in Agriculture, World Health Organization, Geneva.*
- 13) Wendel, A. M., Johnson, D. H., Sharapov, U., Grant, J., Archer, J. R., Monson, C., Koschmann, T. and Davis, J. P., *Multistate outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infection associated with consumption of packaged spinach, August–September 2006: The Wisconsin investigation, Clinical Infection Diseases, 2009, 48, 1079–86.*
- 14) Amponsah-Doku, F., Obiri-Danso, K., Abaidoo, R. C., Andoh, L. A., Drechsel, P., Kondrasen, F., *Bacterial contamination of lettuce and associated risk factors at production sites, markets and street food restaurants in urban and peri-urban Kumasi, Ghana Scientific Research and Essays, 2010, 5, 217-223.*