



Su Ürünleri İçin pH'nın Önemi

Murtaza ÖLMEZ
Dilek SARAÇ

Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi

Özet

Bu makalede, suların kimyasal özelliklerinden olan ve suyun kimyasal bileşimini önemli ölçüde yansıtabilen parametrelerden biri olan pH'nın tanımı, pH'yı düşürüp artıran çeşitli parametrelerle etkileşimi, pH'nın dengelenmesi için kullanılacak maddeler ve izlenecek yöntemler ile buldukları ortamın pH değişikliklerine göre farklı komüniteler oluşturan belli sınırlar arasındaki pH değerlerine optimum uyum sağlayan su ürünlerine olan etkileri derlenerek sunulmuştur.

Giriş

pH suyun kimyasal bileşimini yansıtan en önemli parametredir. Akarsularda pH'nın bulunuşu ve yoğunluğu suyun akışına biyolojik olaylara ve kimyasal yapısına bağlıdır. Aynı zamanda suyun verimliliğini göstermesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Asit karakterdeki (pH 5 civarı) suların verimliliğinin düşük, alkali karakterdeki suların ise daha verimli olduğu bilinmektedir. Akıntı akarsuların kimyasal yapısını düzenleyici ve iyileştirici bir etkiye sahiptir. Akarsularda pH'nın, çözülmüş karbondioksit ile ters, bikarbonat ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği bilinmektedir. Mineral içeren kayalar bölgeden akan nehir sularının kimyasal içeriğini önemli

ölçüde etkileyerek pH'nın değişmesine neden olur. Genel olarak doğal suların pH'sı 4 ile 9 arasında değişim gösterir. Yeraltı sularında pH 7'den düşük ve asidik özellikte olup, çözünmüş karbondioksit ile yapısındaki karbonat ve bikarbonat bileşiklerin arasındaki dengeye bağlı olarak değişim gösterir. Bu dengeyi sıcaklık ve basınç değişimlerinin etkilediği bilinmektedir. Kireçli kayaların bulunduğu bölgelerde akan nehir sularının, magnezyum ve karbonat elementlerinin yoğunluğuna bağlı olarak sertliklerinde ve pH değerlerinde bir yükselme olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında silisyumca zengin volkanik bölgelerde akan nehir suları ise yumuşak sular olup, pH'sı genellikle nötr veya daha düşük seviyededir.

Akarsuların eğimi fazla olan bölgelerde genellikle yüzey sularındaki pH'nın kısmen yüksek olduğu bilinmektedir. Bunun yanında eğimin azalarak akarsu yatağının genişlediği alt bölgelerde ise akarsuyun kıyı kesimlerinde sel sularının oluşturduğu materyalin (çamur, mil) etkisi ile pH'da bir düşmenin ve asidik bir özelliğinin olduğu belirlenmiştir. Nehir sularında hızlı akıntının pH artışının geçicidir, durdurucu bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Akarsuların bağlı olduğu bataklık alanlar ve durgun bölgelerde sıcaklığın arttığı yaz aylarında pH'nın asidik bir özellik gösterme eğilimi vardır. Kurak dönemlerde bataklık alanlar ile siyah suların oluşturduğu orman nehirlerinin pH'sıyla asidik özellik gösterir.

Sucul canlıların, buldukları ortamın pH değişikliklerine göre farklı komüniteler oluşturdukları ve 5-9 arasındaki pH değerlerine optimum derecede uyum sağladıkları bilinmektedir. Sucul ortamlarda pH'nın 5'in altına düşmesinin; verimliliğin büyük oranda azalmasına, büyümenin durmasına ve hastalıklara karşı direncin azalmasına neden olduğu bilinmektedir. Akarsulardaki pH'nın gece ve gündüz dalgalanmaları sucul canlıların solunum ve fitoplanktonların fotosentetik aktivitelerinden kaynaklandığı ve gece ile sabahın ilk saatlerinde öfatik zonda bir pH azalması görüldüğü belirtilmektedir.

2. pH NEDİR?

Latince "potentia hydrogenii" kelimesinin baş harflerinden alınmış olan pH kavramı, çözeltideki hidrojen iyonu miktarını gösterir. Matematiksel olarak; $pH = -\log [H^+]$ şeklinde tanımlanır. Nötr suda pH 7 olup, eşit miktarda hidrojen ve hidroksit iyonu içerir. Minerallerin ve kimyasal maddelerin çözülmesi nötr sulardaki iyon dengesini değiştirir. Hidrojen iyonları miktarındaki artış suyu daha asidik yapar yani pH düşer. Hidroksit iyon miktarındaki artış ise suyu daha bazik yapar. Bu değerler daha sonraları

yükselir veya düşer ve daha alkali sular oluşur.

Göllerde pH 6-9 arasında değişir. Kireçli bölgelerdeki göllerde çözünmüş karbonat pH'yı artırarak 9 dolayına çıkabilir. Hatta akıntısı olmayan göllerde buharlaşma alkali maddelerin birikmesine neden olduğundan pH 12'ye kadar çıkabilir. Diğer bazı durumlar, volkanik göllerde sülfürik asit gibi asitlerin birikmesi sonucu görülen veya maden yatakları yakınlarındaki göllerde pH 1,7'ye kadar düşebilir. pH=4-6 arasında olan göller ova ve bataklıklarda yaygındır. Bu sularda serbest CO₂ 200 ppm'e kadar çıkabilir. pH düşük olduğundan, karbonat gibi, bağlı CO₂'de az bulunur. Genellikle 9-10 ppm'den azdır. Bu karakterdeki göllere yumuşak sulu göl denir. Göllerin büyük çoğunluğunda pH nötre yakındır, bunlara orta sert göl denir. Bu tip göllerde serbest CO₂ miktarı oldukça değişkendir. Atmosferdeki gazın kısmi basıncına göre doymuş durumdadır ve böyle göllerde bağlı CO₂ 30-35 ppm kadardır. Kolay eriyen minerallerin bulunduğu bölge gölleri sert sulu göllerdir. Buralarda büyük ölçüde bikarbonat çekildiği için CO₂ negatif değerdedir. pH=8,5'e yakındır. Bağlı CO₂ 35-40 ppm'den 20 ppm'e ulaşır. Bu göllerde CaCO₃ ve MgCO₃ olarak dibe çöker. Karbonat yoğunluğu 8500 ppm'in üstüne çıkabilir.

3. pH'YI NELER ETKİLER?

3.1. pH ve Amonyak

Tatlı su akvaryumlarının pH değeri genelde 7,0-7,8 deniz akvaryumlarında ise 8,0-8,5 arasında değişir. Suyun pH değeri yükseldikçe, sudaki amonyum (NH₄) ve amonyak (NH₃) ikilisinde amonyuma göre çok daha zehirli olan amonyağın payı yükselir. Sudaki amonyak konsantrasyonunun 0,01 mg/l'tnin üzerine çıkması, balıklar da dahil deniz canlıları için ölümcüldür. Diğer bir deyişle, amonyak birikimi, pH değeri yüksek tuzlu suda daha ciddiye alınması gereken bir tehdir. Bu nedenle deniz akvaryumlarına, tatlı su akvaryumlarına göre daha az sayıda balık konulabilir. Tatlı su akvaryumları için önerilen ölçü 1 cm balık boyu başına 1 lt su iken, deniz akvaryumları için 1 cm balık boyu başına 10 lt sudur. Akvaryumda yaşayan balık, bitki ve diğer canlıların organik atıklarının parçalanması sonucu amonyum (NH₄) ve amonyak (NH₃) oluşur. Amonyak amonyuma göre çok daha zehirlidir. Sudaki amonyak konsantrasyonu 0,1 mg/l'tnin üzerine çıkarsa akvaryum canlıları için tehlike çanları çalmaya başlar. Suyun pH değeri yükseldikçe, yani su ve sıcaklık yükseldikçe amonyumun amonyağa göre oranı yükselir. Dolayısıyla akvaryumda pH ve sıcaklık yükseldikçe etkin bir biyolojik filtrasyon daha da önem kazanır. Örneğin pH derecesinin yüksek (yaklaşık 8,3) oldu-

ğu deniz akvaryumlarında, bir de deniz canlılarının tatlı su balıklarına kıyasla amonyağa karşı daha hassas oldukları göz önüne alınırsa, amonyum/amonyak bileşiklerinin düşük konsantrasyonda tutulmasına daha fazla özen göstermek gerekir.

Aşağıda pH ve sıcaklığa bağlı olarak sudaki zehirli amonyağın, amonyum/amonyak toplamına oranı görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. pH ve sıcaklığa göre sudaki zehirli amonyağın, amonyum amonyak toplamındaki payı (%)

pH	Sıcaklık (°C)			
	22	24	26	28
7,8	2,8	3,2	3,6	4,0
8,0	4,3	5,0	5,6	6,2
8,2	6,7	7,7	8,5	9,3
8,4	10,2	11,6	12,9	14,0

3.3. pH ve Nitrit-Nitrat

İkinci aşamada aerobik nitrosomonas bakterileri amonyum ve amonyağı nitrite (NO₂) dönüştürürler. Üçüncü aşamada da yine oksijenli solunum yapan nitrobacter bakterileri nitriti nitrate (NO₃) çevirirler. Fazla miktarları balık sağlığını ve gelişimini olumsuz etkilemekle birlikte, nitrat nitrite göre çok daha az zehirli bir bileşiktir. Ayrıca nitrat birçok akvaryum bitkisi tarafından besin maddesi olarak kullanılabilir. Yüksek nitrat konsantrasyonu balıklarda bağışıklık sisteminin durmasına neden olabilir. Bu yüzden özellikle genç balıkların yetiştirildiği akvaryumlarda nitrat konsantrasyonunu düşük tutmak için bitki, etkin anaerobik biyolojik filtrasyon ve düzenli su değişimleri önemlidir. Bazı biyolojik filtre malzemelerinin hem aerobik hem de anaerobik bakteri kolonilerini barındırabilme özellikleri vardır. Genelde filtre malzemeleri arasında su dolaşımının hızlı olduğu oksijence zengin bölgelerde aerobik, su dolaşımının yavaş olduğu oksijence fakir bölgelerde ise anaerobik bakteriler kolonileşirler. Bu anaerobik bakteri grupları nitratı da parçalayarak çoğu uçup havaya karışan azot gazına dönüştürürler. Sudaki amonyak konsantrasyonu 0,1 mg/l'tyi aşarsa balıklarda olumsuz etkileri görülmeye başlanır. Nitrit konsantrasyonu 0,5 mg/l'tnin üzerine çıkarsa balıklar için zehirlidir. Nitrat ise 25 mg/l'tyi aşmamalıdır.

3.4. pH ve Klor

Klorun kullanabilen oranı pH'a bağlıdır. pH yükselirken, klorun kullanılabilen hipokloröz asidinin oranı düşer ve düşük pH'larda yükselir. Yüksek pH'da havuzdaki dezenfeksiyon yetmeyip, düşük pH'da klor çok çabuk tükenir. pH her zaman 7,0-7,6 arasında tutulduğunda klor çabuk bitmez ve çok kalır.

Çizelge 2. pH - klor ilişkisi

pH	Klorun aktif hipokloröz asidi %
6,5	90
7,0	73
7,5	56
8,0	21
8,5	10

4. pH'NIN SU ÜRÜNLERİNE ETKİLERİ

4.1. Alkali pH Değerlerinin Etkileri

Çeşitli balık türlerinin alkali şartlara dayanıklılığı yaşla orantılı olarak artmaktadır. Farklı çözülmüş oksijen seviyelerinde yüksek pH değerlerinin etkisi üzerinde kesin veriler bulunmamaktadır. Genellikle pH 9,5'tan sonra balık ölümlerine rastlanmaktadır. Yumurta embriyo ve genç bireyler de alkali şartlardan etkilenmede daha hassastırlar. Bol güneş ışığı şiddeti, şiddetli fotosentetik aktivite, yüksek sıcaklık ve yüksek bitki yoğunluğu bulunan göl ve akarsularda, kısa sürede suyun pH değerleri yüksek değerlere ulaşabilir. Bunu genellikle geceleyin, özellikle sabaha doğru minimuma yaklaşan düşük pH değerleri takip eder. Bundan başka bu şartlar altındaki muhtemel faktörler sudaki çözülmüş gaz konsantrasyonunun atmosferik basınçtan yüksek olduğunda gaz kabarcıkları artmakta ve alg patlamaları sonucu yan ürünleri toksik etki gösterebilmektedir.

Doğal şartlar altında pH değerleri günün belirli saatlerinde önemli değişim gösterebilmektedir. Derin göllerde yüksek pH değerleri sadece yüzey sularıyla sınırlı olabileceğinden, balık daha düşük pH değerlerinin olduğu derin kısımlarda yaşamını sürdürebilir.

Hidroksil iyonlarını toksik etki sonuçlarından birisi solungaç ve deri epitelini tahrip etmesidir. Dere alabalığında solungaç dokusunun yüksek pH değerlerinden etkilenen en duyarlı doku olduğu belirtilmektedir. pH 7,5'in üzerinde dere alabalığının kornea ve göz lensleri zarar görmektedir. Diğer toksik maddelerin toksiditesi üzerinde düşük pH değerlerinin etkisine benzer etkiler, alkali şartlarda da görülmektedir. Bilindiği gibi toksidite iyonizasyon derecesinden etkilenmektedir. Bu durum özellikle amonyak için önemlidir. Amonyağın toksiditesi artan pH'la artmaktadır. Genel olarak 10'un üzerindeki pH değerleri bütün türler için toksiktir, fakat salmonidler ve bazı türler pH 9'dan da etkilenmektedir. pH su temininde kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, su yumuşatma ve korozyonu önlemesinde çok büyük önem taşır. Endüstriyel ve evsel atık su arıtılmasında biyolojik yaşamı sağlamak üzere çok iyi bilinmeli ve kontrol edilmelidir. Yine atık su arıtılmasında kimya-

sal pıhtılaştırma-yumaklaştırma, çamur koyultma, özel bazı kirleticilerin giderilmesi gibi işlemler de çok önemlidir.

4.1.1. Toplam alkaliniteyi ayarlamak

Toplam alkalinite suyun baz içeriğinin bir ölçüsüdür. pH'a ilişkili olup pH'tan ayrı olarak ayarlanır. Bu alkalinite pH için önemli görev yapıp pH'ın dengeli olmasını sağlar. Toplam alkalinite aslında en önemli havuz değerlerinden biridir. Toplam alkaliniteyi ayarlamadan pH'yı ayarlamak ve sabit tutmak zor olur, havuzu dengeye getirmek güçleşir. Havuzlarda alkalinite (karbonat alkalinite olarak) 80-120 mg/l arasını ister. Hem düşük hem de yüksek seviyeler sorunlar yaratır.

4.1.2. Düşük toplam alkalinite

Düşük toplam alkalinite suyun aşındırıcı olmasına sebep olur. Havuzun sıvalı yüzeyleri erir ve lekeleir, metal aksamaları korozyona uğrar. Havuzun suyunun yeşermesine neden olur ve yüzücülerin gözleri yanar. pH'ı ayarlamak çok zor olup, rasgele bir aşağı bir yukarı çıkar.

4.1.3. Toplam Alkaliniteyi Yükseltmek

Sodyum bikarbonat pH'yı fazla etkilemeden toplam alkaliniteyi yükseltir. pH yükseltici olarak bildiğimiz sodyum karbonat da toplam alkaliniteyi yükseltir, fakat aynı zamanda da pH'ı aynı zamanda aşırı derecede yükseltir ve toplam alkaliniteyi ayarlamak için uygun değildir. Sodyum bikarbonat kontrollü olarak havuza ilave edilir; 100 m³ suya en fazla 4 günde 2 kg ilave edilir. Her ilaveden önce, toplam alkalinite ölçülüp sodyum bikarbonat havuza atılır.

4.1.4. Yüksek toplam alkalinite

Yüksek toplam alkalinite suyun kireçlenmesine sebep olur. pH sürekli yukarıya çıkar ve devamlı olarak pH düşürücü ihtiyacı duyulur. Klor etkisini kaybeder, su bulanıklaşır. Toplam alkalinitenin yüksek olması genellikle doldurma suyundan kaynaklanır; o yüzden sık sık kontrol edilip düzeltilmesi gerekir.

4.1.5. Toplam alkaliniteyi düşürmek

"Asit şok" uygulamalar ile toplam alkalinite düşürülebilir. Pompa kapalı iken yavaşça ve havuzun en derin noktasına pH düşürücü ilave edilir. Yarım saat kadar bekletildikten sonra pompa tekrar çalıştırılır. Aynı zamanda pH'ı düşürdüğü için, pH 7,0'nin altına düştüğünde bu işlem tekrar edilemez. Yüksek toplam alkalinite pH'ı yükselttiği için her pH düşürücü ilavesinde yukarıda belirtilen yöntem ile yapılsa toplam alkalinite kontrol altında tutulup tekrar yükselmesine engel olunur.

4.2. Asidik pH Değerlerinin Etkileri

Bir suyun asiditesi, istenilen bir pH'ya düşürmek için kuvvetli bir bazla reaksiyon veren kantitatif kapasitesidir. Ölçüm değerleri, tayinde kullanılan pH dönüm noktasına bağlı olarak değişebilir. Asidite suyun bir agregat özelliğidir. Örneğin, kimyasal birleşimi bilindiğinde belirli bir madde terimi şeklinde ifade edilebilir. Kuvvetli asitler, karbonik ve asetik asit gibi zayıf asitler ve demir veya alüminyum sülfat gibi hidrolizlenen tuzlar, tayin metoduna göre asidite ölçümünde göz önüne alınır. Asitler korozyona neden olabilir. Kimyasal reaksiyon hızlarını etkiler, biyolojik işlemleri etkiler ve su kaynaklarının kalitesinde bir değişimin göstergesidir. Doğal suların pH'sı genellikle 6-9 arasındadır. Organik asitlerin bazıları 4,3'ten aşağı değerler alabilmesine rağmen bu pH'dan düşük değerler genellikle mineral asitliğin göstergesidir. Suyun geldiği, geçtiği ortamlara göre pH'sı da değişebilir. Mesela bataklık veya bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde pH asidik, kalkerli bölgelerde ise bazik olabilir. pH 4-10 değerleri arasında balık bulunmasına rağmen uygun aralık 5-9 ve maksimum üretim için pH değerleri 6,5 ve 8,5 arasında olmaktadır. Bu değerler genel anlamda kabul edilmektedir. Bununla beraber pH değerleri balık üzerindeki etkisi, arazi yapısı, balık popülasyonu, kimyasal besleyicilerin eksikliği, ağır metallerin bulunması gibi birçok faktörle bağlantılıdır. Aynı şekilde alkali sularda görülen balık ölümleri, hidroksit iyonları konsantrasyonundan ziyade diğer faktörlerine bakılmaksızın verilen bir kirletici veya etken için tek bir su kalitesi kriterinin verilmeyeceği oldukça açıktır. Suyun kimyasal bileşiklerinde ve değişik balık türlerinin duyarlılığındaki farklar herhangi bir etkenin potansiyel etkisini azaltabilir.

Bikarbonat alkaliliği içeren sulara asidik suların boşaltılması sonucu, pH değerleri normal seviyeye düşme bile balıklar için toksik olabilen serbest CO₂ açığa çıkabilir. Gökuşağı alabalığı için karbon dioksit seviyesi 100 mg/l'tir. Düşük kalsiyum konsantrasyonlarında balıklara asidik pH'nın toksiditesi yükselmektedir. Aynı şekilde daha önce yapılmış olan çalışmalara göre; asidik pH değerlerinin toksik etkisi düşük sodyum ve klor iyonlarında artmaktadır. Balığın büyüklüğünün artmasıyla pH'a olan duyarlılığının azalmadığı fakat genç bireylerin asidik pH'lara daha duyarlı olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda düşük pH değerleri de balık yumurtalarını öldürmektedir. Asidik sularda solunum güçleştiğinde dere alabalığının solungaçlarında mukus birikmesinin

maksimum olduğu görülmüştür. Asidik suların diğer etkileri kanın asidikleşmesi, osmos düzenleme veya ayarlamasının bozulmasıyla (Ca, Na eksikliği) hücrelerin geçirgenliğinin artması şeklindedir. Ayrıca asidik sularda balıkların bakterilere ve hastalıklara karşı direncinin azaldığı görülmektedir. Asidik sularda balığın büyüme hızının alkali şartlar altındakinden daha az olduğu bilinmektedir. Doğal asidik suların fakir üretkenliğindeki başlıca faktör yüzey akışlarından ekosisteme giren çözünmüş mineral besinlerin konsantrasyonunun düşüklüğüdür. Suyun veya havuz tabanının pH değerlerinin oldukça düşük olduğu havuzlara kireç (CaCO₃) ilave etmek kültür balıkçılığında geleneksel bir uygulamadır.

5. HAVUZLARDA pH KONTROLÜ VE ÖLÇÜMÜ

Havuz suyu dengesinin en önemli faktörlerinden biri pH'dır. pH 7,0'da su nötr olup, altında asit ve üstünde baz olduğunu gösterir. Gözlerimizin pH'ı 7,2-7,4 arasında olup, havuz için uygun olan değer bu değerdir. Klorun kullanılabilme oranı pH'a bağlı olduğu için, yüksek pH'larda klorun aktif oranı çok düşüktür ve düşük pH'larda klorun aktif oranı yükseldiği için klor çabuk uçar ve tükenir. Havuzlar için ideal değer 7,0-7,6 arasındadır. Ölçme sıklığı toplam alkalinite ve havuzun dengesine bağlıdır. Eğer toplam alkalinite istenilen değerde ise ve pH pek değişmezse, özel havuzlar için haftada iki kez ölçmek yeterlidir.

5.1 Düşük pH

pH düşük olduğunda;

- Klor çabuk tükenir,
- Sıvalı yüzeyler erir,
- Sülfatlar oluşup lekeler meydana gelir,
- Gözler ve burunlar yanar,
- Cilt kurur ve kaşınır,

5.2. Yüksek pH

pH yükseldiğinde;

- Klor etkisiz kalır ve havuz suyu bozulur,
- Kireç oluşur ve kum filtreleri tıkanabilir,
- Su koyulaşır, bulanır ve parlaklığını kaybeder,
- Gözler ve burunlar yanar,
- Cilt kurur ve kaşınır,

5.3. pH'ı Yükseltmek veya Düşürmek

Genellikle güneşe maruz kalan kapalı bir sistemin suyunun pH'ı yükselme eğilimi gösterir ve doğada pH 8,5 da dengelenir. Havuzda pH'a; çevre koşulları, havuzun kullanımı, doldurma suyu ve kullanılan kimyasalların (klor, yosun, ilaçlar vs.) etkileri vardır.

Havuzlar için ideal değer 7,0-7,6 arasındadır.

pH'ı düşürmek için asit kullanılır.

- Hidroklorik asit - sıvı
- Sodyum bisülfat - toz

Toplam alkalinite normal ise, asitler suyla karıştırılarak havuza ilave edilir. Pompa çalışırken pH düşürücü ilavesi yapılır. Temiz kova yarı yarıya havuz suya ile doldurulup gerektiği kadar kimyasal ilave edilir. Karıştırdıktan sonra yavaşça havuzun her tarafına dökülür. pH çok yüksek ise birden yüklü miktarda asit ilave edilmez; bir kısmı ilave edildikten sonra 4 saat bekleyip bir kez daha ilave edilir. Asit suya ilave edilir, asla su aside ilave edilmez. pH'ı yükseltmek için bir baz ya da alkali ilave edilir. Başlıca pH yükselticiler şunlardır;

Sodyum karbonat - toz

Sodyum hidroksit - toz

Sodyum karbonat; pH düşürücüler kadar yakıcı olmadığı için, özel talimatlar ya da uyarılar bulunmamaktadır. Hidroksit çok yakıcı olduğundan çok dikkatli kullanılmalıdır.

6. pH VE BALIK SAĞLIĞI

Her bir balık türünün tercih ettiği belli bir pH aralığı vardır. Bu aralığın dışındaki pH'larda sağlık sorunları meydana gelebilecektir. Suyun pH'sındaki bir düşüş metabolizmanın azalmasına ve pH'daki artış metabolizmanın artmasına yol açmaktadır (Atay ve Pulatsu, 2000). Bu nedenle düşük ve yüksek pH değerleri balıklar için zararlı ve neticede öldürücüdür. pH değerinin 6,5-8,0 arasında bulunması en uygun yaşama ortamı olarak kabul edilir. Sazan da bu değerler arasındaki sularda en iyi gelişmeyi göstermektedir. 4,5-5,0 arasındaki pH değeri ve 10,8 pH den büyük değerler sazanlarda öldürücü olmaktadır. 5,0-6,5 ve 8,0-10,9 pH değerleri arasında ise sazan rahatsız olmakta, beslenme bozuklukları başlamakta ve buna bağlı hastalıklar meydana gelmektedir. Koi balığı 7,0-8,5 pH aralığını tercih ederken, bazı tropikal balıklar hafif asidik suları tercih ederler (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bazı balık türleri için tercih edilen pH değerleri

Balık türleri	pH değeri
Melek balığı (<i>Pterophyllum scalare</i>)	6,5-7,0
Makrakanta (<i>Chromobotia macracanthus</i>)	6,0-6,5
Japon balığı (<i>Carassius auratus</i>)	7,0-7,5
Soytarı balığı (<i>Rasbora heteromorpha</i>)	6,0-6,5
Hatchetfish (<i>Carnegiella strigata</i>)	6,0-7,0
Neon tetra (<i>Paracheirodon innesi</i>)	5,8-6,2
Leopar vatoz (<i>Hypostomus plecostomus</i>)	5,0-7,0
Silver dolar (<i>Myleus rubripinnis</i>)	6,0-7,0
Tetrazona (<i>Barbus tetrazona</i>)	6,0-6,5
Zebra (<i>Danio rerio</i>)	6,5-7,0

pH'nın birçok şekli balık sağlığını etkileyebilir.

a) Yüksek asidik veya alkaliniteye sahip sular direk olarak deri, solungaç ve gözleneklerde fiziksel bir hasara neden olabilir. Uzun süre öldürücü pH seviyesinin altında kalırsa strese neden olabilirler. Mukus üretimi artar epithelial hyperplasia meydana gelir.

b) Balıklar aynı zamanda sürekli kendi pH aralığını tanımak zorundadır. Hatta kan pH'sındaki küçük bir dalgalanma öldürücü olabilir. Sudaki ekstra pH değerleri kandaki pH'yı etkiler ve sonuç olarak ya asidosis ya da alkalosis ile sonuçlanır.

c) Bütün balıklar için gerekli olan normal bir pH yoktur. Farklı pH seviyesindeki göl, nehir, havuz ve okyanus orijinli balıklar olduğu için balıkların ihtiyaçları da farklıdır. Tuzlusu balıkları pH 5,5 ile 7,5 arasındaki nötr ve asidik sularda gelişirler.

d) pH sabit değildir, günlük değişimler meydana gelir. Tipik olarak geceleri düşer, gündüzleri yükselir. Bunun sebebi fotosentez olarak açıklanabilir. Bu büyük dalgalanmalar balık sağlığına zarar verir. Hatta ölümlere neden olabilir. Özellikle hasta ve yavru balıkları etkiler. Bu pH aralığı balıkların tercih ettiği aralıklarda olmasına rağmen balıkların strese girmelerine neden olabilir.

e) pH'daki değişiklikler birçok çözülmüş bileşiklerin toksikliğini etkileyecektir. Ör; pH aralığı arttığı zaman amonyak daha toksik olacaktır.

f) pH'daki değişikliklerin bazı genel hastalık uygulamalarında etkili olduğu görülmüştür. Özellikle tedavi yapılırken (genellikle sert sularda) pH miktarı önemlidir. Ör: Chloramine - T düşük pH'da daha fazla toksik etki yapar. Potasyum permanganat yüksek pH'da daha etkilidir.

Balık ve akuatik yaşamda pH'nın değişen düzeylerinin bazı etkileri aşağıdaki Çizelgede verilmiştir

Suyun pH değeri devamlı sabit kalmaz. Sudaki kireç miktarı ve su bitkilerinin yaşam faaliyetlerine bağlı olarak sürekli değişme gösterir. Aynı zamanda toprağın asitlik derecesi ve su akış miktarı pH değişimleri üzerinde etkindir. Çoğu zaman ilkbaharda su altı bitkileri, fitoplanktonlar ve alglerin havuz suyu içinde çok artması pH değerinin fazlaca yükselmesine neden olmaktadır. Zaman zaman bu bitkisel organizmaların havuzlardan temizlenmesi ve alınması gerekir. Kireç bakımından fakir sularla beslenen ve asitli topraklarda kurulan havuzlarda ise pH değeri sürekli düşmeler göstermektedir. Sudaki çözülmüş kireç miktarı azaldıkça pH değişimleri büyük olacaktır, aksi halde sudaki kireç miktarı fazla ise pH az değişiklik göstermektedir. Sudaki pH değerinin azalması havuzda kireçleme yapılarak düzenlenebilir. Bu nedenle havuz suyunda sürekli olarak pH kontrolünün yapılması gereklidir. Bu amaçta pratik test kağıtlarından ve indikatör çözeltilerden yararlanılabilir. pH ölçümü için küçük taşınabilir elektronik cihazlardan (pH metre) da yararlanmak mümkündür. Bu aletlerin kullanılması oldukça kolay ve pratiktir. Özellikle büyük işletmelerin pH metre bulundurması yararlıdır.

KAYNAKLAR

- ATAY, D., PULATSÜ, S., 2000. Su kirlenmesi ve kontrolü, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın no:1513, Ders Kitabı:406, 292 s, Ankara.
- MUTLUAY, H., DEMİRAK, A., 1996. Su kimyası, 83-84 s, Beta basım yayım dağıtım A.Ş., 1996, İstanbul.
- FAO, 1971 Rep. of the FAO Techn. Conf. on marine pollution and effects on living resources fishing, Rome.
- GESAMP, 1976. Rewiew of harmful substances. Reports and Studies. UN, Rome.
- MASON, C. F., 1981, Biology of freshwater pollution. Longman London.
- NICOL, C. J. A., 1967 Biology of marine animals. Pitman Paperbacks NY
- <http://www.fishdoc.co.uk/water/hardness.htm>

Minimum	Maksimum	Etkileri
3,8	10,0	Balık yumurtaları açılabilir, fakat deforme olmuş yavrular görülür
4,0	10,1	Çoğu balık türleri bu sınırlara dirençlidir
4,1	9,5	Alabalıklar tarafından tolere edilebilir
....	4,3	Sazanlar 5 gün içinde ölebilir
4,5	9,0	Alabalık yumurtaları ve larvalar normal gelişir.
4,6	9,5	Levrekler için sınırdır
....	5,0	Dikence balıkları için üst sınırdır
5,0	9,0	Çoğu balık bu sınırı tolere edebilir
....	8,7	İyi bir balık yetiştiriciliği suyu için üst sınırdır
5,4	11,4	Balıklar için bu sınırın altında ve üstünde olmamalıdır
6,0	7,2	Balık yumurtaları için en iyi aralıktır.
....	1,0	Sivrisinek larvaları bu aralıklarda yaşarlar