

Balık Üretiminde Su Kalitesi

Prof. Dr. Serap Pulatsü

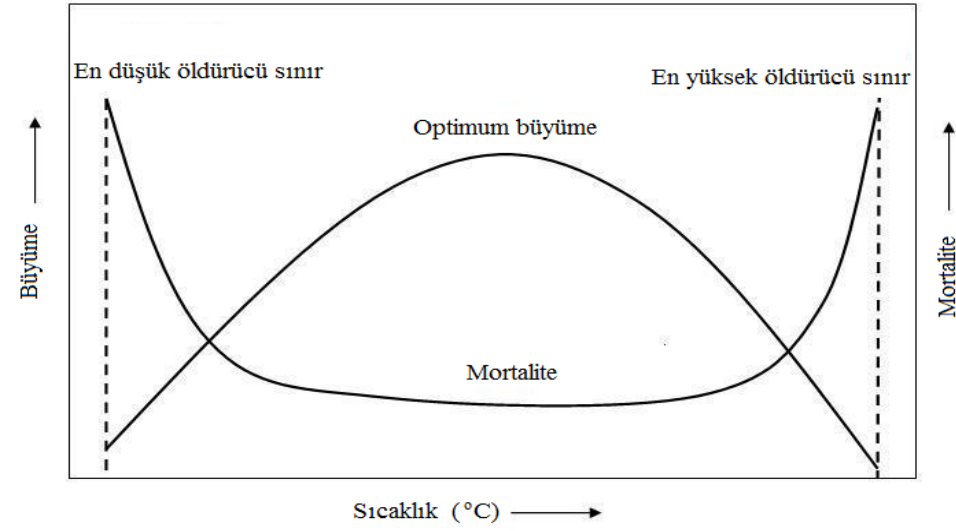
SU KALİTE ÖZELLİKLERİ

- Su sıcaklığı

- Su sıcaklığı, balıklar üzerinde etkisi en önemli olan ve yetiştiriciliği yapılacak türün pazar ağırlığına ulaşma süresini belirleyen su kalite özelliğidir. Su sıcaklığına adaptasyon; balığın yaşına, mevsime ve fizyolojik şartlara bağlıdır. Su sıcaklığı, balıkların solunum hızı, yem değerlendirme oranı, büyüme, davranış ve üreme gibi fizyolojik işlemlerini büyük ölçüde etkiler. Su sıcaklığındaki 10 °C'lik bir artış, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlarda iki veya üç katlık artışa sebep olur. Örneğin, balıkların 30 °C'de tükettikleri oksijen 20 °C'de tükettikleri oksijenden iki-üç kat fazladır, bu nedenle balıkların çözünmüş oksijen gereksinimleri ılık sularda soğuk sulara göre daha fazla kritik önem taşır.

- Balıklar, gereksinim duydukları optimum su sıcaklığına göre soğuk su balıkları ($\leq 15^{\circ}\text{C}$), ılık su balıkları (15-24 $^{\circ}\text{C}$) ve sıcak su balıkları ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) olarak adlandırılır. Balıkların buldukları ortamlarda su sıcaklığı değişimleri kademeli olmalı ve bir gün içerisinde birkaç dereceyi aşmamalıdır; bir dakikadaki 0,9 $^{\circ}\text{C}$ 'den fazla su sıcaklığı değişimleri balıklarda termal (ısısal) sıcaklık şoku ve ölüme neden olmaktadır. Ayrıca balıkların taşıma ve stoklama sularında sıcaklık farkı 2 $^{\circ}\text{C}$ 'den fazla olmamalı, 5 $^{\circ}\text{C}$ 'den fazla ani değişimlere ise izin verilmemelidir (Lawson 1995).

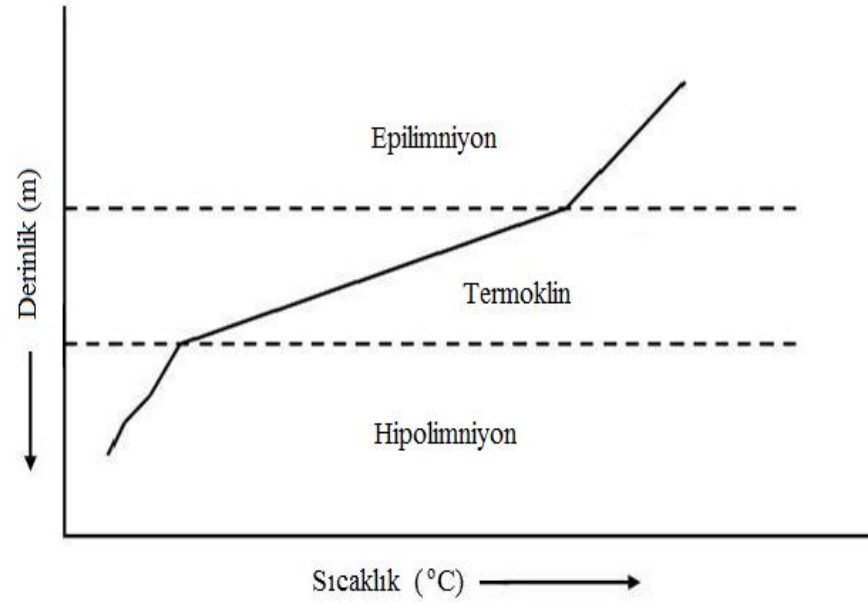
- Balıklar poikiloterm (soğukkanlı) omurgalılarıdır; vücut sıcaklığı pasif olarak ortam suyu sıcaklığına uyum sağlar. Türe uygun olmayan su sıcaklığı veya su sıcaklığındaki yüksek ve ani sapmalar balıklar için stres faktörü oluşturur. Bazı balık türleri yavaş gerçekleşen su sıcaklığı değişimlerine uyum sağlarken (eurytherm), bazı türlerin su sıcaklığı değişimlerine toleransı daha fazladır (stenotherm). Her bir balık türü, su sıcaklığı ve balık büyüklüğü ile değişen karakteristik büyüme eğrisi ve optimum büyüme oranına sahiptir (Lawson 1995) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Balık büyümesi ve su sıcaklığı arasındaki ilişki (Lawson 1995)

- Su sıcaklığı, oksijenin sudaki çözünürlüğü başta olmak üzere diğer tüm su kalite özelliklerinin birbiriyle etkileşimini belirler. Daha yüksek sıcaklıklar daha az çözünmüş oksijen içerirken su sıcaklığı arttıkça, amonyak ve ağır metallerin zehirliliği artmaktadır.
- Yetiştiricilik yapılan sudaki istenmeyen sıcaklık artışları; balıklarda davranış değişikliklerine yol açar; denge kayıpları ve solungaç fonksiyonlarında (solunum sayısında yükselme) sorun oluşturur. Aynı zamanda kanın oksijen taşıma kapasitesi düşer. Su sıcaklığının düşmesi ise metabolizma sorunlarına neden olur. Su sıcaklığının 15 °C'nin altına inmesi metabolizmayı etkin şekilde sınırlandırır. Örneğin; ılık su balıklarında 15 °C'nin altında yem alımı azalır, 10 °C'nin altında ise hemen hemen durur. Düşük su sıcaklığının ilk stres reaksiyonları, çoğunlukla denge kaybı ve ani oluşan kramp benzeri hareketler olup, osmoregülasyon fonksiyonunda da bozukluklar ortaya çıkar.

- Su sıcaklığı balık havuzlarındaki termal tabakalaşmadan sorumludur ve suyun belirgin katmanlara ayrılmasını sağlar. Daha sıcak olan yüzey tabakası epilimniyon, daha az yoğun olan alt tabaka hipolimniyon, su sıcaklığının hızlı değişim gösterdiği ve epilimniyon ile hipolimniyon arasında yer alan ince tabaka ise termoklin olarak adlandırılır (Şekil 2.2). Ilıman kuşakta yer alan havuzlarda bahar aylarında oluşan tabakalaşma, sonbahar mevsimine kadar sürebilir. Sığ havuzlarda termoklin tabakası, yüzey ve alt katman arasında oksijen değişimini engellediğinden, balıklar termoklinin üst tabakasında yoğunlaşır ve su sütunu tümüyle kullanılamayabilir. Su karıştırıcıları ve havalandırıcılar termal tabakalaşmanın bozulmasında etkindir (Lawson 1995).



Şekil 2.2. Balık havuzlarında termal tabakalaşma (Lawson 1995)

- Yoğunluk

- Sudaki bütün maddelerin yoğunluğu su sıcaklığına bağlıdır. Soğuk sular sıcak sulara oranla daha yoğundur ve bu durum derinlik arttıkça azalır. Saf su +4 °C'de en yüksek yoğunluğa (1,0 g/cm³) sahiptir. Bu sıcaklığın altında yoğunluk tekrar yavaş yavaş azalır. Su 0 °C civarında donar ve buz olarak suda yüzer. Bu özellik ise soğuk iklimlerde de sudaki organizmalara yaşama olanağı sağlar. Sular yüzeyden derine doğru donar ve böylece tabanla yüzey arasında yeterli derinlikte su tabakası oluşur. Böylece derin su katmanlarında +4 °C ya da daha yüksek su sıcaklığında buz oluşamayacağından, balıkların kış aylarını geçirebilecekleri kısmen sıcak sudan oluşan doğal bir sığınak ortamı oluşur.

- Deniz yüzeyinde su yoğunluğu, suyun sıcaklığına ve tuzluluğuna bağlı olarak 1,020 - 1,029 kg/m³ arasında değişebilir. Deniz suyunun en önemli özelliklerinden biri olan yoğunluk, türbülans, tabakalaşma ve suyun dikey doğrultudaki hareketlerini etkiler. Saf su 0 °C'de donarken, deniz suyu -1,4 °C'de donar; deniz suyu (tuzluluk 24.7 g/L) maksimum yoğunluğa -1,4 °C'de ulaşır (Lawson 1995).

- Renk

- Sucul ekosistemlerde renk yüzeyde dağılan güneş ışığının spektral yapısına dayanır. Işığın çeşitli dalga boyları, suya eşit biçimde nüfuz etmez. Güneş ışığının hiç nüfuz etmediği çok derin sularda yaşayan balıklar, genellikle koyu renklidir ve çoğu lüminesans gösterir. Balıkların renkleri, gözlerinin büyüklüğü ve yeri, lüminesans organlarının bulunup bulunmaması, diğer duyu organlarının gelişme derecesi gibi morfolojik özelliklerin çoğu ortamdaki ışığın özellikleriyle ilgilidir. Işık ayrıca balıkların hareketlerini ve göçlerini düzenler, üreme zamanını belirler ve büyüme oranı üzerine etki eder.

- Deniz suyu çeşitli yapı ve boyutta askıda organik, inorganik ve çözünmüş maddeleri içerir. Bu maddelerin varlığı deniz suyunun optik özelliğine etkiyerek ışık geçirgenliğini azaltır. Pratikte suların ışık geçirgenliği (berraklık) Secchi Diski ile ölçülmektedir. Disk suya daldırılarak gözden kaybolduğu ve görünür olduğu derinliğin ortalaması alınarak cm cinsinden okunur. Diskin gözden kaybolduğu derinlik ışık şiddetinin % 5'i kadardır. Çok kirli sularda berraklık 1 m'nin altındadır (genellikle 20-30 cm) (Tanyolaç 2009).
- Sucul ortamlarda humik maddelerin bulunması suyun renginin kırmızımsı, demir içeren humik maddeler ise sarı renk almasına yol açar. Balık havuzları gibi yüksek verimlilikteki suların rengi, ortamda fazla miktarda bulunan fitoplankton türlerinin rengine bağlıdır (örneğin; yeşil alglerin yoğun olduğu durumda suyun rengi yeşil olur). Verimsiz sular ise mavimsi renkte ve oldukça berraktır. Çözünmüş oksijendeki olası eksiklikler suyun rengindeki değişimlerden saptanabilir (Lawson 1995).

- Bulanıklık

- Sucul ortamlarda ışık geçirgenliğinin bir ölçütü olan bulanıklık, askıda katı maddelerden kaynaklanır. Askıda katı maddeler çözünmemiş halde bulunan 0,45 mikrondan büyük katı maddelerdir. Bulanıklık (türbidite), türbidimetre (bulanıklık ölçer) denilen ve birimi Nephelometric Turbidity Unit (NTU) olan cihaz yardımıyla ölçülebilir. Suyun bulanıklığı, havuzlarda ve ağ kafeslerde yapılan yetiştiricilikte balığı doğrudan etkiler. Askıda katı maddelerin birikimi ve sudaki renk değişimi kapalı dolaşımli sistemlerde de balıkları olumsuz etkileyerek, hastalanmalarına neden olur. Balıklarda istenmeyen tat oluşturan bazı askıda katı maddeler filtrasyonla sudan uzaklaştırılmalıdır (Buttner et al. 1993).

a) Toprak partiküllerinden ileri gelen bulanıklık

- Sudaki bu tür bulanıklık, güneş ışınlarının suya geçişini azaltacağından filamentli algler ve su bitkilerinin aşırı gelişmesini önler; sudaki ışık azlığı primer prodüktiviteyi de azaltacağından balıkların beslenmesinde eksikliklere yol açabilir. Ayrıca askıda katı maddelerin, balıkların solungaç filamentlerinde tıkanmalara neden olarak solunumda olumsuz etkiler yaratması söz konusudur.

b) Organik kaynaklı bulanıklık

- Suda yüzen katı maddeler; genellikle organik kökenli olup su bitkileri, ölmüş hayvansal organizmalar, arıtılmamış atık sulardan gelen kanalizasyon kaynaklı maddeler ile biyoendüstri atıklarından oluşur. Bunların tamamı doğal kökenli olduklarından fiziksel ve biyokimyasal parçalanma sonucunda çözünmüş bileşikler veya onların son ürünleri haline dönüşür. Bu olay esnasında atmosferden suya oksijen difüzyonu yeterli olmazsa, suda oksijensiz (aneorobik) bir ortam oluşur.

c) Planktonik bulanıklık

- Sularda yeterli miktarda plankton olduğunda suyun rengi koyulaşarak bulanık bir görünüm alır. Planktonik bulanıklık sularda plankton gelişiminin işaretidir. Secchi Diski kullanarak ölçülen ışık geçirgenliği değerleri ile plankton gelişimi arasında önemli bir ilişki bulunur. Işık geçirgenliği değerleri 30-60 cm arasında ise, plankton gelişiminin yeterli olduğu, ışık geçirgenliği 30 cm'den az ise oksijen yetersizliğinin olduğu söylenebilir. Işık geçirgenliği 60 cm'den fazla ise ışık derinlere nüfuz edeceğinden su altı bitkilerinin gelişimi hızlanır ve balıklar için besin azalır.

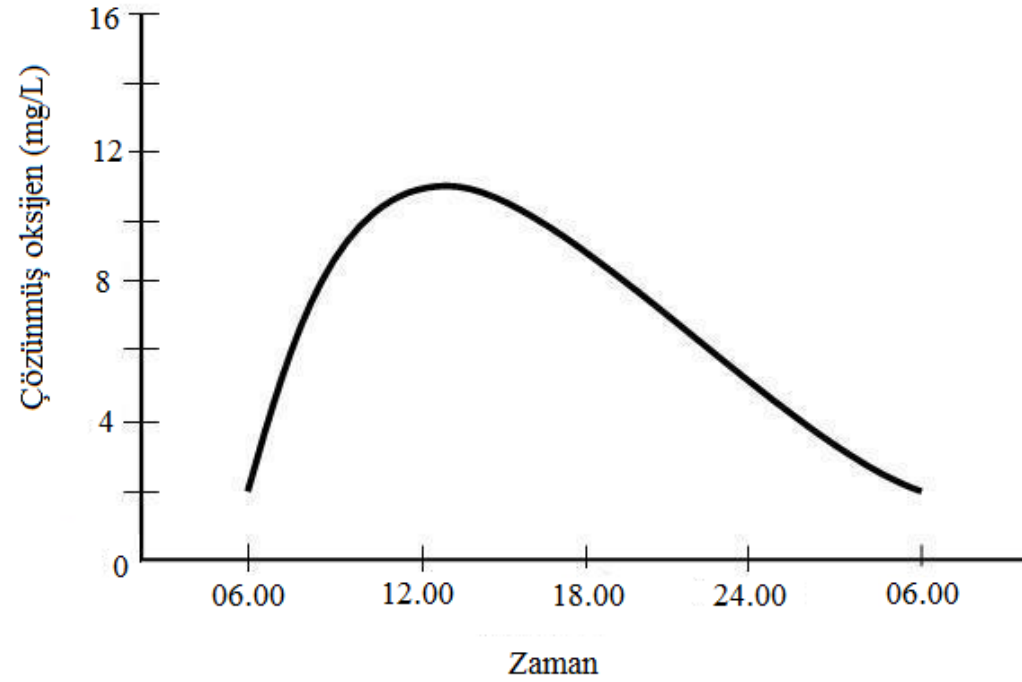
- Çözünmüş oksijen

- Sudaki çözünmüş oksijen miktarı, su ürünleri üretimini etkileyen en önemli kalite özelliklerinden biridir. Sucul ortamlardaki en büyük oksijen kaynağı olan atmosfer % 21 oranında oksijen gazı içerir ve atmosferik oksijenin suda çözünürlüğü oldukça yavaştır. Suyun sıcaklığı ve tuzluluğu arttıkça oksijenin sudaki çözünürlüğü azalır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Farklı su sıcaklığı ve tuzluluk değerlerinde oksijenin çözünürlüğü (Boyd 2001a)

Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)					
	0	5	10	20	30	35
20	9,08	8,81	8,56	8,06	7,60	7,38
25	8,24	8,01	7,79	7,36	6,95	6,75
30	7,54	7,33	7,14	6,75	6,39	6,22
35	6,93	6,75	6,58	6,24	5,91	5,61

- Durgun su havuzlarında çözünmüş oksijenin başlıca kaynaklarından biri, fitoplanktonun fotosentezle ürettiği oksijendir. Suda bulunan çözünmüş oksijen, fitoplankton dahil sudaki organizmaların solunumları ve atmosfere geçişi ile tükenir. Havuzlarda çözünmüş oksijen miktarı gün içerisinde değişim gösterir. Oksijen miktarındaki günlük dalgalanmalar, plankton gelişimi yoğun olan havuzlarda daha belirgindir. Sabah güneş doğduğunda en az olan oksijen miktarı, akşamüstü saatlerinde (yaklaşık saat: 18.00) en fazla olup sabaha kadar giderek azalır (Şekil 2.4) (Boyd 2001a).



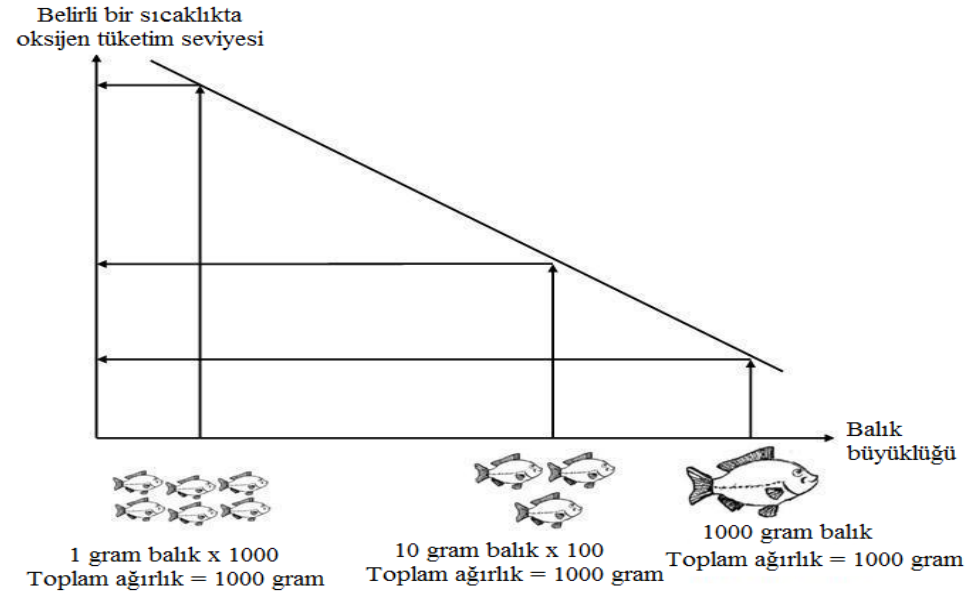
Şekil 2.4. Yoğun plankton gelişimi olan havuzlarda çözülmüş oksijenin gün içerisindeki değişimi (Boyd 2001a)

- Genel olarak ılık su balıklarının gereksinim duydukları en düşük çözünmüş oksijen konsantrasyon değeri 5 mg/L, soğuk su balıkları için 6 mg/L'dir. Bu nedenle kanal veya tanklarda çıkış suyundaki oksijen konsantrasyonunun da en az 5 mg/L olması istenir. Çözünmüş oksijen miktarının düşük olması, balıkları öldürmese bile parazitlere ve hastalıklara dayanma gücünü azaltır. Düşük oksijen konsantrasyonlarında, bütün balıklarda yem alımı durur, aktivite azalır ve alınan oksijen yaşama payı ihtiyaçları için kullanılır (Buttner et al. 1993).

Çizelge 2.2. Ilık su balıklarında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun genel etkileri (Boyd 2001a)

Çözünmüş oksijen (mg/L)	Etki
< 0,5	Küçük balıklar yaşayabilir.
0,5-1,5	Birkaç saat ya da günlük maruz kalmada birçok tür ölür.
1,5-5,0	Birçok tür hayatta kalır, ancak oluşan stres hastalıklara karşı dayanıklılığı azalttığından yavaş büyüme gözlenebilir.
> 5	İstenen konsantrasyon

- Balıkların oksijen tüketimi su sıcaklığına, balık stok büyüklüğüne ve toplam ağırlığına bağlı olarak değişir. Aynı türdeki küçük balıklar aynı türün büyük olanlarına göre birim ağırlık başına daha çok oksijen tüketir (Anonymous 2008a) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Belirli su sıcaklığında balık büyüklüğüne bağlı oksijen tüketimi (Anonymous 2008a)

(Anonymous

- Biyokimyasal oksijen ihtiyacı

- Yetiştiricilik yapılan sulardaki organik kirlenmenin bir ölçüsü olan biyokimyasal oksijen ihtiyacı, organik maddelerin aerobik şartlarda bakteriler tarafından parçalanması için gerekli olan oksijen miktarı olarak tanımlanır. Suyun biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerinin alabalıkların yetiştiriciliğinde 3,0 mg/L, sazangiller içinse 6,0 mg/L'den küçük olması istenir (Atay ve Pulatsü 2000).