

Sularda Amonyak ve Sucul Canlılarda Toksik Etkileri

Ramazan SEREZLİ

Rize Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 53100-RİZE

rserezli@gmail.com

Sularda amonyak, organik kirlilik ve balıkların metabolik atıkları sonucunda ortaya çıkan toksik bir maddedir. Kimyasal formülü NH_3 olup, hidrojen iyonları ile bağ yapabilme özelliği sayesinde sularda genellikle amonyum iyonu (NH_4^+) halinde bulunur. Amonyum (NH_4^+) iyonize olmamış amonyağa (NH_3) göre çok daha az toksik etki gösterir. İyonize olmamış amonyak (NH_3) ise, vücuttaki protein ve nükleik asit yıkımını içeren biyokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan son üründür (Verbeeten vd., 1999) ve balıkların solungaç hücrelerinden doğrudan geçebilen tehlikeli azotlu bileşiktir.

Sudaki yüksek NH_3 seviyesinin, balıklarda üreme kapasitesi kaybına (Russo ve Thurston, 1991), solunum fonksiyonu bozukluklarına (Buckley vd., 1979; Thurston vd., 1986; Wasbrot vd., 1993), çeşitli dokularda histopatolojik değişikliklere neden olduğu ve büyümeyi etkilediği bildirilmektedir (Redner ve Stickney, 1978).

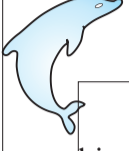
Biyolojik azot döngüsünün ilk basamağı olan amonyak bazı özel bakteri kolonileri tarafından özel şartlarda nitrit ve nitrata dönüştürülür. Nitrit (NO_2^-) tatlı su ekosistemlerinde azot döngüsünün doğal tamamlayıcı bileşenidir (Lewis ve Morris, 1986; Philips, 2002; Jensen, 2003). Nitrit, amonyak ve nitrat (NO_3^-) arasında oksidasyon sonucu oluşan ara form olup, genellikle organik maddelerin bozunması

neticesinde oluşan bir üründür (Lewis ve Morris, 1986; Stumm ve Morgan, 1996).

Su içerisinde amonyak, iyonize olmamış ve iyonize olmuş halde bulunur ve ikisi birden toplam amonyağı oluşturur. Toplam amonyağın etkisi ise azot üzerinden yorumlandığından, verilen değer toplam amonyak içindeki azot miktarıdır ve bu toplam amonyak azotu (TAN) olarak ifade edilir. Yapılan çalışmalar sonucunda toplam amonyak azotu ölçüldükten sonra suyun pH ve sıcaklık değeri kullanılarak, iyonize olmuş ve olmamış amonyak değerleri oluşturulmuştur ve bu cetvel (Şekil 1) yardımıyla iyonize olmuş ve iyonize olmamış amonyak miktarları kolayca hesaplanabilmektedir. Alkali sularda ($\text{pH} > 7$) hidroksil (OH^-) iyonları, sıcaklığa bağlı olarak, daha az toksik olan amonyumdan hidrojen iyonu olarak, toksik olan iyonize olmamış amonyak moleküllerini oluşturur. Asidik sularda ($\text{pH} < 7$) ise serbest hidrojen iyonları NH_3 ile bağ yaparak amonyumu (NH_4^+) meydana getirir.

İyonize olmamış amonyak ve iyonize amonyak çözeltide denge halindedir ve birinin derişimi artarken diğerinin ki azalmaktadır. Bu değişim yukarıda da belirtildiği gibi öncelikle pH'ın etkisi altında kalmakta ve pH değerinin bir birim artması (örneğin pH'ın 7'den 8'e çıkması) bile, çok toksik olan iyonize olmamış amonyak (NH_3) miktarının yaklaşık on kat artmasına neden olmaktadır.





Yapılan bir çalışmada, suyun pH'ı 6.5 olan bir balık tankında, 0.7 mg/L TAN değerinde balıklarda ölüm görülürken, pH'ı 8.5 olan diğer bir tankta ise 0.1 mg/L oranında amonyum miktarı bile balık ölümlerine neden olduğu bildirilmiştir. Sıcaklık iyonize olmamış amonyak miktarı arttıran diğer bir etken iken, tuzluluk ise azaltıcı etki göstermektedir. Örneğin sıcaklığın 10°C'den 20°C'ye çıkması, iyonize olmamış amonyak miktarını iki kat artırırken aksine tuzluluktaki artış iyonize olmamış amonyak miktarını azaltmaktadır. Diğer taraftan oksijen azalması da iyonize olmamış amonyağın etkisini arttırmaktadır (Thurstone ve Russo, 1981; Howell ve Baynes, 2004).

Her balık türünün amonyağa karşı dayanıklılığı farklıdır. Balıklarda sık solunum ve ani renk solması amonyak zehirlenmesinin işareti olabilmekte ve az miktarda amonyak balıklarda öldürücü olmasa bile gelişme bozuklukları, yumurta veriminin azalması gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu yüzden yüksek pH değerli

tanklarda amonyum ya çok iyi bir biyolojik filtrasyon ile ya da kimyasal olarak yok edilmelidir. Organik kirliliğin sucul ortamdaki uzaklaştırılabilmesi için, sık sık temizlenebilen mekanik bir filtre, dip temizliği ve düzenli su değişimi gereklidir. Ayrıca bitkilerin amonyumu besin olarak tüketmesi sonucu amonyak oluşumu engellenmiş olur. Özellikle hızlı çoğalabilen *Lemna minor* gibi yüzey bitkileri başarılı bir amonyum tüketicisidir. Nitrifikasyonu sağlayan floranın olmaması da doğal sulardaki nitritin yüksek miktarda birikmesine neden olabilmektedir. Bu da özellikle balıklar üzerinde toksik etki yapar (Russo, 1985).

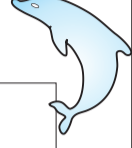
Sularda amonyak balıklarda en çok problem oluşturan unsurdur. Özellikle su değişiminin az olduğu akvaryum veya taşıma tankları gibi statik ortamlarda balık ve yem varsa amonyaktan oluşacak hastalık ve ölümlere dikkat edilmeli ve gerekli tedbirler muhakkak alınmalıdır.

Tablo 1. Farklı pH ve sıcaklıklarda sulu çözeltide iyonize olmamış amonyak hesaplanmasında kullanılan katsayılar

pH	Sıcaklık													
	42.0 (°F)	46.4	50.0	53.6	57.2	60.8	64.4	68.0	71.6	75.2	78.8	82.4	86.0	89.6
	6 (°C)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	.0013	.0016	.0018	.0022	.0025	.0029	.0034	.0039	.0046	.0052	.0060	.0069	.0080	.0093
7.2	.0021	.0025	.0029	.0034	.0040	.0046	.0054	.0062	.0072	.0083	.0096	.0110	.0126	.0150
7.4	.0034	.0040	.0046	.0054	.0063	.0073	.0085	.0098	.0114	.0131	.0150	.0173	.0198	.0236
7.6	.0053	.0063	.0073	.0086	.0100	.0116	.0134	.0155	.0179	.0206	.0236	.0271	.0310	.0369
7.8	.0084	.0099	.0116	.0135	.0157	.0182	.0211	.0244	.0281	.0322	.0370	.0423	.0482	.0572
8.0	.0133	.0156	.0182	.0212	.0247	.0286	.0330	.0381	.0438	.0502	.0574	.0654	.0743	.0877
8.2	.0210	.0245	.0286	.0332	.0385	.0445	.0514	.0590	.0676	.0772	.0880	.0998	.1129	.1322
8.4	.0328	.0383	.0445	.0517	.0597	.0688	.0790	.0904	.1031	.1171	.1326	.1495	.1678	.1948
8.6	.0510	.0593	.0688	.0795	.0914	.1048	.1197	.1361	.1541	.1737	.1950	.2178	.2422	.2768
8.8	.0785	.0909	.1048	.1204	.1376	.1566	.1773	.1998	.2241	.2500	.2774	.3062	.3362	.3776
9.0	.1190	.1368	.1565	.1782	.2018	.2273	.2546	.2836	.3140	.3456	.3783	.4116	.4453	.4902
9.2	.1763	.2008	.2273	.2558	.2861	.3180	.3512	.3855	.4204	.4557	.4909	.5258	.5599	.6038
9.4	.2533	.2847	.3180	.3526	.3884	.4249	.4618	.4985	.5348	.5702	.6045	.6373	.6685	.7072
9.6	.3496	.3868	.4249	.4633	.5016	.5394	.5762	.6117	.6456	.6777	.7078	.7358	.7617	.7929
9.8	.4600	.5000	.5394	.5778	.6147	.6499	.6831	.7140	.7428	.7692	.7933	.8153	.8351	.8585
10.0	.5745	.6131	.6498	.6844	.7166	.7463	.7735	.7983	.8207	.8408	.8588	.8749	.8892	.9058
10.2	.6815	.7152	.7463	.7746	.8003	.8234	.8441	.8625	.8788	.8933	.9060	.9173	.9271	.9389

Not: İyonize olmamış amonyak miktarını hesaplamak için, pH ve sıcaklık değerlerinin gösterdiği katsayı ile toplam amonyak azotu (TAN) değerinin çarpılması gerekmektedir (Emmerson vd., 1975).





Kaynaklar

- Buckley, J.A., Whitmore, C.M. ve Liming, B.D. 1979. Effects of prolonged exposure to ammonia on the blood and liver glycogen of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 63 C: 297-303.
- Emerson, K., Russo, R.C., Lund, R.E. ve Thurston, R.V. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada.*, 32:2379-2383.
- Howell, B. ve Baynes, S. 2004. Abiotic factors. Moksness, E., E. Kjorsvik ve Y. Olsen (eds), *Culture of cold-water marine fish*, Blackwell Publishing, 7-27.
- Jensen, F.B. 2003. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comp. Biochem. Physiol.*, 135A: 9-24.
- Kelso, B.H.L., Glass, D.M. ve Smith, R.V. 1999. Toxicity of nitrite in freshwater invertebrates. W.S. Wilson, A.S. Ball, R.H. Hinton (eds), *Managing risks of nitrates to human and the environment*. Royal Society of Chemistry, Cambridge: 175188.
- Lewis, W.M. ve Morris, D.P. 1986. Toxicity of nitrite to fish: a review. *Trans Am. Fish. Soc.*, 115:183195.
- Philips, S, Laanbroek, H.J, Verstraete, W. 2002. Origin, causes and effects of increased nitrite concentrations in aquatic environments. *Rev Environ Sci Biotechnol* 1:115141.
- Redner, B.D. and Stickney, R.R. 1978. Acclimation to ammonia by *Tilapia aurea*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 108: 383-388.
- Russo R.C. 1985. Ammonia, nitrite and nitrate. G.M. Rand, S.R. Petrocelli (eds), *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. Hemisphere, Washington DC: 455471.
- Russo, R. C. ve Thurston, R.V. 1991. Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to fishes. Brune, D.E. ve Tomasso, J.R. (eds), *Aquaculture and water quality*. World Aquaculture Society, Baton Rouge: 58-89.
- Stumm W. ve Morgan J.J. 1996. *Aquatic chemistry*. John Wiley & Sons. New York: 1024 pp.
- Thurston, R.V., Russo, R.C., Meyn, E.L. ve Kajdel, R.K. 1986. Chronic toxicity of ammonia to fathead minnows. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115:196-207.
- Thurston, R.V. ve Russo, R.C. 1981. Ammonia Toxicity to Fishes, Effect of pH on the Toxicity of the Un-ionized Ammonia Species. *Am. Chem. Soc.*, 15(7): 837-840.
- Verbeeten, B.E., Carter, C.G. ve Purser, G.J. 1999. The combined effect of feeding time and ration on growth performance and nitrogen metabolism of greenback flounder. *J. Fish Biol.*, 55:1328-1343.
- Wajsbrot, N., Gasith, A., Diamant, A. ve Popper, D.M. 1993. Chronic toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* and related histopathological effects. *J. Fish Biol.*, 42:321-328.

