



Akuakültürde Vitamin-C (Askorbik Asit) Kullanımı Ve Önemi

¹Dr. Mehmet ATEŞ

²Dr. Gül ÇELİK ÇAKIROĞULLARI

¹Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İçsular Biyolojisi
Anabilim Dalı - Tunceli

²Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Ulusal Gıda Referans Laboratuvar
Müdürlüğü, Dioksin Birimi - Ankara

Özet:

Akuakültür endüstrisinin amacı yüksek kalitede balık üretmektir. Balık yetiştiriciliğinin yapıldığı bütün sistemlerde hastalıkların ortaya çıkması önemli bir sorundur. Balığın strese karşı yüksek hassasiyeti ve hastalıkların su ortamında hızla yayılıyor olması, sürdürülebilir ekonomik performans elde etmek için, balık yetiştiricilerinin önceliği balıkların sağlıklı olmasını sağlamaktır.

Yemin besinsel kalitesi sağlıklı balıkların elde edilmesinde büyük bir faktördür. Bağışıklık sistemi antioksidan vitaminler, karotenoidler ve diğer yem katkı maddeleri gibi bağışıklık sistemini kuvvetlendiricilerin kullanımı ile desteklenebilir.

Balıklarda iki veya üç tür haricinde vitamin C'nin biyosentezi, balıklarda biyosentetik yolun son enzimi olan L-gulonolakton oksidazın eksikliğine bağlı olarak oluşmaz. Dolayısıyla vitamin C yem yoluyla sağlanmalıdır. C vitamininin etki mekanizmalarından ötürü, bu vitamin büyüme, gelişme, üreme, yaraların iyileşmesi, stres faktörlerine yanıt ve lipid metabolizması gibi birçok fizyolojik fonksiyonda yer almaktadır. Ayrıca bunlara ilaveten

vitamin C bağımsızlık yanıtında ve balıkların infeksiyöz hastalıklara karşı direnç göstermesinde muhtemelen antioksidan özelliklerinden ötürü önemli bir rol oynamaktadır.

Anahtar kelimeler: Balık besleme, C vitamini, yem

Giriş

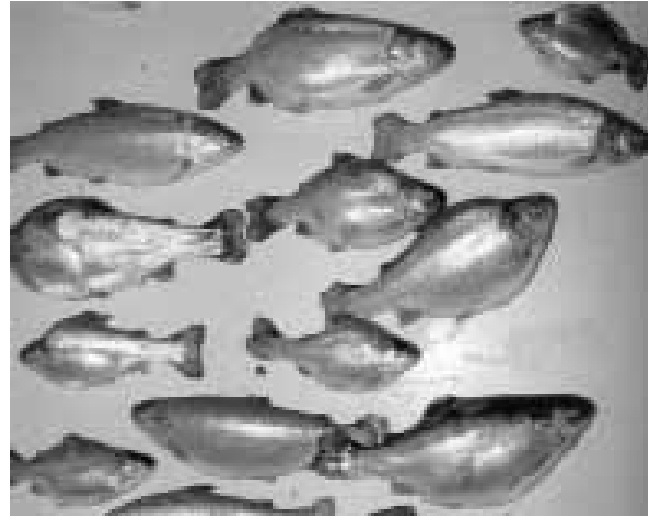
Balıkların yaşamlarını sürdürebilmek, optimum verim düzeylerine ulaşabilmek ve sağlıklarını koruyabilmek için gereksinimleri temel besin maddelerinden olan vitaminler, metabolizmadaki sayısız biyokimyasal reaksiyona doğrudan ya da dolaylı olarak katılan makro etkilere sahip kimyasal maddelerdir. Balıklarda, mikroorganizmalardan ileri gelmeyen ve genellikle, sporadik veya spontan olgular halinde ortaya çıkan hastalıklar da bulunmaktadır. Bunlar bulaşıcı olmadıkları ve yayılmadıkları için de ekonomik önemleri çok azdır. Böyle hastalıklar çok seyrek olarak dünyanın her ülkesinde de görülmektedir. Ancak, beslenme ve çevre koşullarının optimal limitlerin dışında bulunduğu durumlarda ve bu şartların kısa bir süre içinde optimale yönelik değişmediği hallerde topluca ölümlere rastlanabilir. Bu olumsuz koşullar düzeltildiği zaman bozukluklar da ortadan kalkabilmektedir. Ancak balıklarda ileri derecede lezyonlar, disfonksiyonel durumlar ortaya çıkmışsa, böyle olgular ölümle sonlanabilir.

Büyüyen sağlıklı balık patojen invazyonlarına karşı kuvvetli savunma mekanizması geliştirmek üzere, spesifik olmayan ve spesifik bağımsızlık yanıtına ihtiyaç duyar. Spesifik olmayan bağımsızlık balıklarda memelilerde olduğundan daha önemlidir. Bağımsızlık yanıtını geliştirmek aşılama etkinliğinin daha iyi olmasını sağlar. Aşılar spesifik bağımsızlık yanıtını indükler ve aynı zamanda spesifik olmayan defans mekanizmaları tarafından da patojenlerin öldürülmesi kapasitesini artırır. Yıllar önce salmon endüstrisinin erken dönemlerinde antibiyotikler hastalıkların tedavisinde yaygın bir şekilde kullanılmışlardır. Bununla birlikte ilaçların tüketimi yasal düzenlemelere ve patojenlerin artan direncine bağlı olarak düşürülmüştür. Ayrıca ağızdan alınan ilaçların tedavi edici etkisi de balıkların hastalık döneminde sıklıkla beslenemiyor olmasından ötürü minimize edicidir [1].

Üretimi yapılan balıklara dengeli ve yeterli besinin verilmesi çok önemli bir sorundur. Balıkların vitalitesi, üremeleri, gelişmeleri ve renkleri, büyük ölçüde uygun gıdalara bağlı görülmektedir. Balık

besinleri de protein, karbonhidrat, yağ, vitamin ve mineral maddelerden oluşmaktadır. Bunlardan birinin noksanlığı veya yetersizliği hallerinde balıklarda bazı bozukluklar görülmektedir. Bunların başında vitamin eksikliği gelmektedir. Yemlerde vitaminlerin bulunmaması veya azlığı balıklarda bozukluklara ve hatta ölümlere yol açar.

Suda çözünen vitaminlerden biri olan C vitamini hem balıkların hem de karideslerin gelişmelerinde son derece önemli görevler aldığı, eksikliği durumunda ise yavaş büyüme, iskelet yapısında bozulma (Şekil 1) ve yüksek oranlarda ölümler görüldüğü yapılan son çalışmalarla özellikle vurgulanmaktadır [1].



Şekil 1. Vitamin C eksikliğinde alabalıklarda oluşmuş iskelet bozuklukları [1].

Vitamin C (Askorbik Asit)'nin Kimyasal Özellikleri

Askorbik asitin indirgenmiş ve aktif formu beyaz, kokusuz, kristal yapıda bir bileşik olup, suda çözünebilir fakat yağda çözünemez özellik gösterir. Dihidroaskorbik asit kolay ve hızlı bir şekilde indirgenmiş formuna kıyasla biyolojik olarak daha az aktif olan dehidroaskorbik asite okside olabilmektedir. Askorbik asit kolaylıkla tuz oluşturur ve serbest oksijene karşı değişkendir. İndirgenmiş askorbik asit, asit solusyonunda lakton halkasının muhafazasından dolayı çok stabildir bununla birlikte alkalik solusyonunda hidroliz hızlı bir şekilde oluşur ve vitamin aktivitesi kaybolur. Vitamin C özellikle bakır, demir ve diğer bir çok metalik katalistin varlığında, ısı karşısında kararsızdır ve atmosferik oksidasyona yatkındır. İndirgenmiş formu biyolojik olarak en aktif formu olup, askorbat aktivitesinin değişen derecelerine

bağlı olarak birçok derivatif ve tuzları oluşabilir. L-askorbat 2-sulfat derivatifi (vitamin C₂), salmonidler tarafından besin yoluyla aşırı L-askorbik asit (vitamin C₁) alımında oluşan ısı karşısında dayanıklı bir formdur ve bu form vitamin doku depolama formu olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda *Artemia* sp.'de ve diğer hayvansal dokularda bulunmakla birlikte sülfatlanmış durumda oksidasyona karşı dayanıklıdır [2].

L-askorbik asit hidrojen taşınmasında biyolojik olarak indirgeyici ajan olarak davranır. Hidroksilasyon için örneğin triptofan, tirozin veya pirolin hidroksilasyonu birçok enzim sistemlerinde yer almaktadır. Aynı zamanda aromatik ilaçların detoksifikasyonunda ve adrenal steroidlerin üretiminde rol alır. Askorbik asit kolajen oluşumu ve normal diş oluşumu, kemik oluşumu ve tamiri, yaraların iyileşmesi gibi normal kıkırdak oluşumu için gereklidir. Askorbik asit hücre içi antioksidan ve serbest radikal tuzaklarının devamlılığında vitamin E ile birlikte sinergistik olarak rol oynar. Yine vitamin E ve selenyum ile birlikte sinergistik olarak glutatyon peroksidaz ve süperoksit dismutazın aktivitesinin devamlılığında rol oynar. Askorbik asit aynı zamanda normal kan hematolojisinin devamlılığı için eritrositlerin maturasyonunda da rol oynamaktadır [2].

Vitamin C'nin Besinsel Faktörü

Vitamin C esansiyel bir mikro besleyicidir (mikro besinsel bir maddedir). Muhtemelen birkaç balık türü hariç, kabuklu su ürünlerinde ve balıklarda vitamin C'nin biyolojik sentezi, biyosentetik yolun son enzimi olan L-gulonolactone oksidaz'ın noksanlığına bağlı olarak gerçekleşmemektedir. Bundan dolayı vitamin C'nin yem aracılığıyla balığa verilmesi gereklidir. Balıklarda bu vitaminin önemli bazı fonksiyonları; enzim ve hormonları oksidasyondan koruması, büyümenin düzenli olması, RNA sentezi, epinefrin ile tryptofanın hidroksilasyonunda olduğu gibi enzim sistemlerinde, kolajen sentezinde, hidrojen taşınmasında, aromatik kimyasalların zehirliliğinin önlenmesi ve eritrosit olgunlaşmasında etkilidir [1].

Kabuklu su ürünleri gibi balıklar da özellikle de genç balıklar yemdeki C vitamini eksikliğine karşı yüksek derecede hassastır. Balıkların C vitaminini sentezleyememesinin nedeni glukozdan C vitaminini sentezleyen L-gulonolacton oksidaz enziminin eksikliğidir. Vitamin iki formda oluşur: indirgenmiş form olan askorbik asit formu diğeri ise okside olmuş form olan dehidroaskorbik asit formudur. İndirgenmiş formu öncelikli olarak baskındır ancak bütün form-

lar biyolojik olarak dönüşüm gösterebilir dolayısıyla her iki formu da vitamin C aktivitesine sahiptir. Eğer dehidro formu diketogulonik asite okside olursa aktivitesini kaybeder ve reaksiyonun geri dönüşümü yoktur [3].

Askorbik asit bazı balık türlerinin rasyonlarında gereklidir. Askorbik asitin bilinen ilk fonksiyonu kıkırdak sentezinde kullanılmak üzere prolinin hidrosillenerek hidroksiproline dönüşümü esnasındaki rolüdür. Bununla birlikte birçok diğer reaksiyonlarda kuvvetli indirgeyici ajan olarak rol almaktadır. Askorbik asit, karnitin sentezinde, sitokrom P450'yi ihtiva eden işlemlerde, pestisitlerin ve diğer toksik maddelerin detoksifikasyonunda yer alır. C vitamini yüksek derecede kararsız ve değişken bir vitamindir, gıdanın pişirilmesi, uzun ve uygunsuz saklama koşulları vitaminin yıkılmasında büyük faktördür. Genellikle yemlere 5-10 kat daha fazla koyulmaktadır bunun nedeni depolama ve raf ömründeki kayıpları bertaraf etmektir [4].

Vitamin C eksikliğinde balıklarda gözlemlenen olumsuz etkiler

Vitamin C eksikliği belirtileri ve bunların ortaya çıkma süreleri hakkında yapılan bir çok çalışma tatlı su türlerine aittir. Fakat C vitaminin eksikliği kabuklu ve deniz türleri için de önemli sorun oluşturmakta ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Balıklarda oluşan sorunları sıralamak gerekirse; metabolik bozukluklar, omurga bozuklukları (omurganın atropisi), solungaçlarda bozukluklar, iç ve dış hemorrajiler, yüzgeçlerde aşınma, yüzgeç ve deri yoluyla sudan alınan Ca'nın azalması ve patojen bakteriyel enfeksiyonlara karşı duyarlılığın artması ayrıca askorbat eksikliğinde büyümede gerileme, skolyozis, lordozis, iç kanama, yüzgeçlerde kanama, solungaç filamentlerinde bozulma, yüzgeçlerde bozulma, hasar, anoreksiya ve ölüme artış gözlemlenir (Şekil 2) [1]. C vitamini eksikliğinde; balıklarda kolajen oluşumunun zayıflaması ile iskorbüt hastalığı görülür. Balıklarda kısa zaman içinde kolajen ve kıkırdakın hiperplazisi ve skolyozis, lordozis, internal hemoraji, içine göçmüş operkulumlar daha sonra ise solungaç, omurga ve yüzgeçlerde normal olmayan destek kıkırdak yapısı ve çene ve burun bölgesinde hiperplazi görülmektedir. Benzer semptomlar alabalık, salmon, sarıkuyruk, sazan, lepistes, yayın balıkları, tilapia ve tekir balıklarında da saptanmıştır. Histolojik olarak adrenal dokunun hipertrofisi ve yüzgeçlerin tabanında hemorajiler coho salmonunda gözlenmiştir. C

vitamini eksikliğinde gelişim durmaktadır ancak rasyona askorbik asit ilavesi ile büyümenin devamlılığı sağlanmaktadır. C vitamini eksikliği ileri boyutlarda olan balıklarda anemi, ileri boyutlarda skolyozis ve lordozis gözlenmiştir. Rasyona askorbik asit ilavesi ile omurganın zarar görmüş bölgeleri etrafında iyileşme gözlenmiştir [2].

Vitamin C'nin metabolik fonksiyonları

Vitamin C'nin diğer suda çözünen vitaminlerden farklı olarak koenzim fonksiyonları yoktur fakat hidroksilleyen enzimleri içeren bir çok reaksiyonda ko-faktör olarak görev yapar ki bunlar [1]:

-Kolajen sentezi: kolajen deri, kemik, kıkırdak ve kana dair önemli bir bileşendir. Dolayısıyla vücutta yetersiz vitamin C seviyelerinde bu dokular zarar görecektir.

-Kateşolamin biosentezi: stres yanıtı birincil olarak kortisol ve kateşolaminler yolu ile endokrin sistem tarafından kontrol edilir. Kateşolaminlerin sentezi askorbik asite dayalı hidroksilazlara dayalıdır. Askorbik asit ihtiyacı stresli durumlarda artmaktadır.

Vitamin C diğer fizyolojik proseslerde de yer almaktadır örneğin:

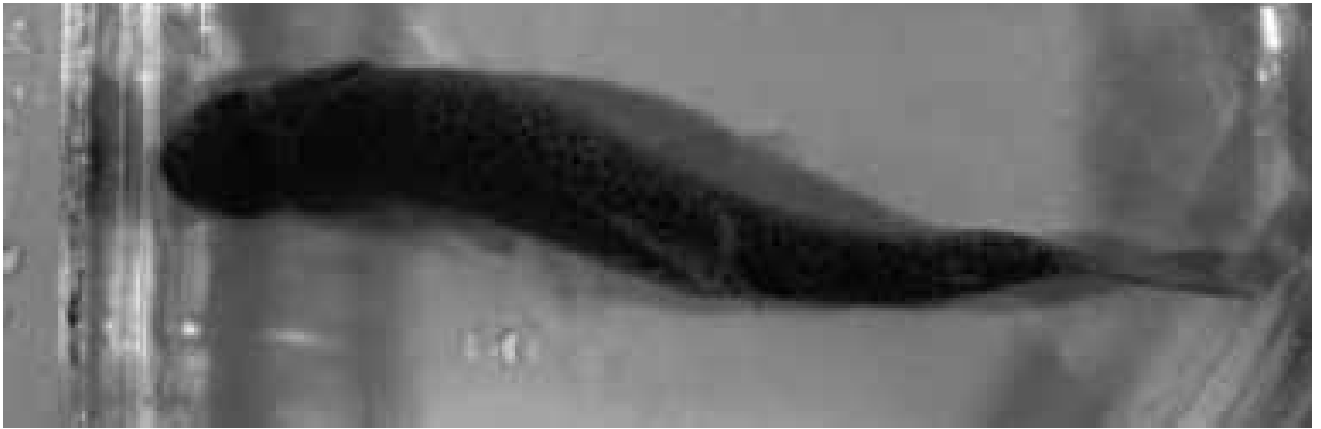
- Tirozin metabolizması
- Metal iyon metabolizması
- Hücrelerin korunması
- Bağışıklık sistemi reaksiyonları

fuzyonla alım da oluşmaktadır. Lenfosit, nötrofil ve mukositler gibi hücrelerin vitamin C'i alışı dehidroaskorbik asiti içerir çünkü askorbik asit hücrelerin membranını geçemez. Dehidroaskorbik asit hücreler tarafından alınır alınmaz hücre içi dehidroaskorbik asit redüktazı ile hızlı bir şekilde askorbik asite indirgenir [1].

Vitamin C'nin dokulardaki dağılımı

Vitamin C aktif bir metabolizma ile birçok hayati organda bulunmaktadır. Farklı dokularda vitamin C'nin konsantrasyonu yemle birlikte alınan miktara bağlıdır. Bununla birlikte beyin, timus gibi dokularda ve lökositlerde yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Yemle birlikte vücuda alınan askorbik asit tükendiğinde bu dokulardaki askorbik asit seviyeleri, karaciğer gibi depolama organlarıyla kıyaslandığında daha uzun süre tutulmaktadır. Timus, beyin, ve lökositlerde bulunan yüksek seviyeler hayati dokularını oksidasyon işlemlerinden korurken askorbik asitin önemi hipotezini doğrulamaktadır [1].

Karaciğer ve başböbrek balıklarda C vitamini açısından önemli depolama organlarıdır. Baş böbrekteki yüksek seviyeler lenfopoietik dokuların varlığına bağlıdır. Trunk böbrek ve dalak aynı zamanda oldukça fazla miktarda vitamin C depolama kabiliyetine sahiptirler. Trunk böbrek kateşolamin biosentezinden sorumlu kromafin hücrelerin yeridir. Askorbik asit kateşolamin oluşumunun gerçekleştiği yerde konsantre olmaktadır ve yeni sentezlenmiş kortikosteroidlerle



Şekil 2. Vitamin C eksikliğinde alabalıklarda oluşmuş iskelet bozuklukları [1].

Vitamin C'nin absorpsiyonu

Vitamin C'yi sentezleyemeyen türler, askorbik asiti sodyuma dayalı aktif transport mekanizması ile absorblar. Vitamin C'nin bu aktif alımı düşük dozlarda dahi önemli olup, yüksek dozlarda pasif di-

stres faktörlerine yanıt olarak salınmaktadır [1].

Vitamin C sentezi balıklarda oluşmadığı için vitamin C ilavesi yem yolu ile alıma dayanmaktadır. Yem üretimi ve depolanması esnasında vitamin C'nin stabilitesini ve balık için biyolojik yararlılığını optimize etmek için vitamin C'nin fosforlanmış formu önerilmektedir. Elde edilen bilgiler ışığında bağışıklık



sisteminin zorda olduğu durumlarda (stresli faktörler örneğin elle temas ve sağım, aşılama, kış yaralanmaları, hastalıkların ortaya çıkması, smoltların denize bırakılması gibi) ve kışın azalan beslenme durumlarında balıkların yemlerine ilave edilmesi gereken miktarlar bu dönemden 2 hafta önce ve en az 2 hafta sonraki periyotta salmon, alabalık ve yayın balıkları için 1000 mg/kg (vitamin C fosforlanmış formda) olarak belirlenmiştir [1].

Gökkuşluğu alabalığı test rasyonları çeşitliliği ve farklı askorbik asit alımları yönünden çok çalışılmış bir balık türüdür. Kabul edilebilir kan ve anterior böbrek depolama seviyeleri 10, 12 ve 15°C'lik su sistemlerinde kg kuru yemle 100 mg vitamin C alımı ile elde edilmiştir. Yaraların tedavisi denemeleri başladığında bununla birlikte balık diğer stres faktörlerine maruz kaldığında balığın ihtiyacı iki veya üç katına çıkar. Ciddi anlamda abdominal veya kasiçi yaralanmalar ortaya çıktığında dokunun onarılması için genç balıklar en az 500 mg aktif askorbat düzeyine ihtiyaç duyarlar. Coho salmonunun yeterli doku seviyeleri ve maksimum ciddi yaraların tedavi oranları için bu değer yarısı yeterli olmaktadır. Balıkların askorbik asit ihtiyacı stres, büyüme oranı, balığın boyutu ve yemdeki mevcut diğer besin maddelerine bağlıdır. 10 ve 15°C'lik tatlı su sistemlerinde yetiştirilen alabalık ve salmon balıkları için 200 mg askorbik asit/kg rasyon değeri kabul edilebilir doku seviyelerini sağlamakla birlikte, hafif stres koşullarının ve yem

hazırlama ve depolama esnasında oksidasyon yolu ile rasyonda oluşan askorbik asit kaybının yarattığı olumsuzluklardan en az seviyede etkilenmek için yeterli bulunmuştur. Büyük sazanlar askorbatın bir kısmını kendileri sentezleyebilirler ve bu türün ihtiyacı balığın boyutlarına ve yetiştirildiği çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Balıklar infeksiyöz hastalıklara maruz kaldıklarında daha fazla C vitaminine ihtiyaç duyarlar [2].

Askorbik asit doğada geniş bir dağılıma sahip olup, turuncgiller, lahana, karaciğer ve böbrek dokuları C vitamini için iyi birer kaynaktırlar. Vitamin C₂'nin yüksek seviyeleri balık dokusunun yoğun dermal tabakasında bulunmaktadır ve bütün balıklardan yapılmış balık unları C vitamini yönünden oldukça zengindir. C vitaminin rasyona sentetik olarak ilavesi mümkündür. C vitamininin ilavesi balıklarda normal büyüme, dokuların yenilenmesi ve balıkların fizyolojik fonksiyonları için çok önemlidir. C vitamini ihtiva eden gıdalar ve yemler aerobik oksidasyona karşı korunmalıdır. Nem ihtiva eden yemler hava gibi oksitleyici ajanlardan, askorbik asitin biyolojik olarak inaktif formuna oksitlenmesini katalize eden bakır, demir ve diğer metallerden dikkatli bir şekilde korunmalıdır. Balık yemi aktif askorbik asitin kaybını önlemek üzere ağız kapalı bir şekilde veya donmuş olarak muhafaza edilmelidir [2].

Deney hayvanlarının askorbik asit durumu doku askorbat analizi ile ortaya konmaktadır. Balık doku-

larında kan ve karaciğer askorbik asit alımı ve durumunu yeterli bir şekilde yansıtmamaktadır bununla birlikte adrenal dokuyu içeren anterior böbrek üzerine yapılan çalışmalar C vitamini için tipik bir doku depolama bölgesi olduğunu göstermiştir [2].

Balıkların ihtiyaç duydukları vitamin C seviyeleri

Daha önce belirtildiği üzere balıklarda omurganın eğriliği vitamin C nin eksikliğine bağlı olarak erken görülen bir belirtidir. Penaeid karideslerde vitamin C yönünden eksik beslenmeye bağlı siyah ölüm adı verilen bir ölüm görülmektedir ki bunun nedeni melanize olmuş hemositik lezyonların kolajen dokulara dağılmasıdır [3].

Balıkların ihtiyaç duydukları vitamin C miktarları metabolik fonksiyonlarına göre değişmekle birlikte, gökkuşağı alabalıklarının da normal büyüme için 20 mg C vitamini/kg yem değeri yeterlidir fakat büyük eksiklik belirtilerini önlemek için 40 mg C vitamini/kg yem gereklidir. Yayın balıkları için de benzer değerler elde edilmiştir. Coho salmonu için ise 50 mg/kg (en düşük seviye) normal büyüme ve kemik gelişimi için yeterli iken yaraların iyileşmesinde maksimum verimi almak için 400 mg/kg değeri yeterlidir [3].

Sularda pestisitlerin subletal seviyelerde bulunması da balıkların C vitamini ihtiyacını artırmaktadır. Balıkların yemlerinde ihtiyaç duydukları C vitamini miktarı yaş ile birlikte azalmaktadır. Örneğin vitamin C ihtiva etmeyen yemle beslenen 6 haftalık balıklarda büyümede gerileme ve omurgada eğrilikler görülürken 19 aylık balıklarda bu problemlerin hiçbiri gözlemlenmemiştir. 60 mg C vitamini /kg yem oranı küçük 10 g'lık yayın balıklarında normal büyüme ve kemik gelişimi için yeterli iken daha büyük 50 g'lık balıklar için 30 mg C vitamini/kg yem oranı yeterlidir. Gökkuşağı alabalığı yemde askorbik asit yerine askorbat-2-sulfatı kullanabilmektedir, yayın balıkları içinde aynı durum geçerli olup, verim alabalıklar kadar değildir. Askorbat-2-sulfat askorbik asitin depolama metabolitidir ve fonksiyonu dokuların askorbik asit havuzlarının büyüklüğünü düzenlemek, askorbik asit sulfataz enzimi ile katalize olan askorbat-2-sulfatın askorbik asite ve askorbik asitinde askorbat-2-sulfata dönüşümünü sağlamaktır [3].

Vitamin C yönünden eksik beslenen balıklar bakteriyel hastalıklara karşı da daha dayanıksızdırlar. Balıklarda 30 mg C vitamini/kg yem omurga eğriliğini önlemektedir, 150 mg/kg oranı ise ölüm oranını ciddi anlamda düşürmektedir. Yüksek dozlarda C vi-

tamini (3000 mg/kg) bakteriyel enfeksiyonlara karşı çok yüksek bir koruma sağlamaktadır [3].

L-askorbik asit işlem esnasında ve onu takip eden depolama esnasında oksidatif parçalanmaya karşı çok hassastırlar. Buhar altında peletleme esnasında % 25'i, ekstrude pelet yapma esnasında ise % 50'si kayba uğramaktadır. Eğer vitamin bu işlemlerden sonra ilave edilmedi ise bu yıkımların etkisini gidermek üzere yeme yeniden C vitamini takviyesi yapmak gerekmektedir. L-askorbik asitin balık yemlerinde işleme olaylarından sonra ılık hava koşullarında yarılanma ömrü yaklaşık olarak 2.5 aydır. Askorbik asitin fosfat ve sulfat konjugatları işleme ve depolama esnasında oksidasyona karşı L-askorbik asitten daha dayanıklıdır [3].

500 mg C vitamini/kg yem levrek balıklarının fingerlinglerinin optimum büyümesi ve dış bakıda C vitamini eksikliğine dair semptom göstermemesi açısından yeterlidir. Bununla birlikte 1100 mg C vitamini/kg yem karaciğerde optimum askorbik asit seviyesi yönünden ve güvenlik nedenleri ile tercih edilmektedir [5].

Sonuç olarak; balık yetiştiriciliğinde, ortamda çok sayıda patojen mevcutsa antibiyotik, kemoterapotik ajanlar ve aşıların kullanımı istenilen sonucu veremeyebilir bu gibi durumlarda vitamin kullanımı, balığın biyolojik savunma mekanizmasını kuvvetlendirmesi, stres faktörlerine karşı adapte olmasını kolaylaştırması açısından önemlidir.

Kaynaklar

1. Roche Vitamins. *The effect of vitamin C on fish health.* Viviane Verlhac and Jacques Gabaudan. Centre for Research in Animal Nutrition, Société Chimique Roche, BP 170, 68305 Saint-Louis Cedex, France.
2. Halver, J. E. 1989. *Fish nutrition.* School of Fisheries, University of Washington, Seattle, Washington. Second edition. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. 1250 Sixth Avenue, San Diego, California 92101. 798 p.
3. Lovell, T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish.* Auburn University. Chapman and Hall, New York, NY. ITP An International Thomson Publishing Company. Printed in the United States of America. 260 p.
4. De Silva, S.S., Anderson, A.T. 1995. *Fish nutrition in aquaculture.* First edition. Published by Chapman and Hall, 2-6 Bon-dary row, London SE1 8HN. United Kingdom. Printed in Great Britain by St Edmundsbury Pres, Bury St Edmunds, Suffolk. 319 p.
5. Wenk, C., Fenster, R., Völker, L. 1992. *Ascorbic acid in domestic animals. Proceedings of the 2nd Symposium Kartause Ittingen, Switzerland. 9th-12th October, 1990. Printed in Switzerland. 519 p.*