

BALIKLARDA PROTEİN METABOLİZMASI**Gaye Doğan*, Muammer Erdem**¹ Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Sinop-Türkiye**Özet:**

Proteinler, balıkların büyümeleri ve yaşamlarını devam ettirebilmeleri için en fazla ihtiyaç duyduğu besin maddeleridir. Balıkların protein sentezleme yetenekleri sınırlıdır. Bu nedenle balıklar, maksimum düzeyde ağırlık artışının sağlanması, aşınan dokuların yenilenmesi ve hormonlar, enzimler, barsak epitel hücreleri gibi proteinden oluşan çeşitli ürünlerin üretilebilmesi için, ihtiyaç duydukları kalite ve düzeyde proteini, yemlerle dışarıdan almak zorundadırlar. Balık beslemede, uygun olmayan protein kaynaklarının kullanımının yanı sıra balığın ihtiyacının üzerinde protein oranına sahip yada yetersiz düzeyde enerji içeren yemlerin kullanımı amino asitlerin parçalanmasına neden olur. Amino asitlerin parçalanması ise balıkta daha az ağırlık artışına, yemlerin en pahalı bileşeni olan proteinlerin kaybına bağlı olarak üretim maliyetlerinin artmasına, aynı zamanda parçalanma sonucu açığa çıkan, amonyak-nitrojen veya üre-nitrojen gibi atım ürünlerinin sucül ekosistemi kirletmesine neden olur. Bu derlemede, balıklarda protein metabolizması, protein metabolizması son ana ürünü olan amonyağın boşaltımı ve amonyak boşaltımını etkileyen faktörler özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Protein metabolizması, deaminasyon, amino asit, amonyak boşaltımı

Abstract: Protein metabolism in fishes

Proteins are the most necessary nutrients for growth and survival of fishes. Protein synthesis abilities of fishes are limited. Therefore, the maximum weight gain, wear out tissue renewal and to produce different products (products of protein like hormones, enzymes, intestine epithelial cells) are fed by feed which contain their needed quality and levels protein. In fish feeding, utilization of unsuitable protein sources, above requirement protein rate or inadequate energy level feed causes deamination of amino acids. Deamination of amino acids causes low weight gain, increase of production cost due to losses of protein which is the most costly part of the feed, moreover resulted the pollution on aquatic ecosystem due to excretion of ammonia-nitrogen or urea-nitrogen. In this review, protein metabolism of fishes, excretion of ammonia, which is the last main product of protein and some factors that influence excretion of ammonia are summarized

Keywords: Protein metabolism, deamination, amino acid, ammonia excretion

*Correspondence to: Gaye DOĞAN, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 57000 Aklıman, Sinop-TÜRKİYE
Tel: (+90 368) 287 62 54-120, Fax: (+90 368) 287 62 55

E-mail: gavedogan@gmail.com

Giriş

Protein, hayvansal dokuların temel bileşenidir ve bundan dolayı normal bir büyümenin sağlanması için esansiyel bir besin maddesidir. Balıklar, belirli vücut fonksiyonları için yaşamsal olan enzimler, hormonlar ve barsak epitel hücreleri gibi proteinden oluşan ürünlerin üretilmesi ve yıpranmış dokuların yenilenmesi için proteine ihtiyaç duyarlar. Proteinler doku kuru maddesinin % 45-75'ini oluşturur, bu nedenle yeni dokuların sentezi için proteine gereksinim duyulmaktadır. Balıkların protein sentezleme yeteneklerinin oldukça sınırlı olması, proteinlerin büyük bir kısmının yemlerle dışarıdan alınmasını zorunlu kılmaktadır (NRC, 1993).

Balıklar karakteristik olarak kuşlar ve memeli canlılara oranla daha fazla proteine ihtiyaç duyarlar. Genel olarak balık yemlerinde, en az %40-50 oranında proteine ihtiyaç vardır. Bununla beraber balık yemlerinde ihtiyaçtan fazla oranda protein olması halinde de, fazla olan miktar katabolize edilerek (parçalanarak) büyüme enerjisi olarak kullanılmakta ve bunun bir sonucu olarak da protein dönüşüm randımanı düşmektedir (Lee ve Putnam, 1973).

Protein kaybını önlemenin yolu, kuşkusuz, rasyona gerektiği kadar protein ilave etmek ve fazla miktardaki protein yerine yağ gibi enerji bakımından zengin olan yem kaynakları kullanılmaktadır. Ancak yüksek yağ oranına sahip yemler, balık vücudunda yağlanmaya yol açabilmekte (Cowey ve ark., 1976), hatta balığın büyümesine dahi olumsuz etki yapabilmektedir (Ringrose, 1971).

Bazal metabolizma ve fizyolojik aktiviteler için gerekli olan enerji miktarı eğer yemden karşılanabiliyor ise, balıklar genellikle büyüme için yemdeki proteinden yararlanırlar. Ancak yemdeki enerji miktarı gerekli olan düzeyin altında ise, proteinler enerji kaynağı olarak kullanılacağından, balıklar optimum büyüme gösteremeyecektir. Enerji kaynağı olarak kullanılan protein miktarındaki artış, solungaçlardan nitrojen boşaltım oranını da artıracaktır. Bu arada amino asitlerin deamine olarak amonyağa dönüşmesi sırasında ısı enerjisi de kaybolmaktadır. Buna bağlı olarak da, yemdeki kullanılabilir enerji, metabolize enerji ve net enerji oranları da azalacaktır. Bu nedenle, balığın maksimum büyüme gösterebilmesi, nitrojen ve ısı enerjisi kayıplarını en

aza indirmekle ve hazırlanan yemlerde protein-enerji oranlarını optimum olarak dengelemekle mümkündür (Karaali, 2005).

Balık beslemede en önemli konulardan biri de; uygun protein kaynaklarının dengeli bir şekilde bir araya getirilmesidir. Balık rasyonlarının hazırlanmasında kullanılan en önemli protein kaynaklarını bitkisel ve hayvansal proteinler oluşturur. Protein kaynakları, kültürü yapılan balık türünün ihtiyacı olan amino asitleri sağlayacak şekilde bir araya getirilmelidir. Hazırlanan rasyon mutlaka esansiyel amino asitler açısından belirli bir dengede olmak zorundadır. Tek bir esansiyel amino asitin olmaması, protein sentezinin en düşük düzeyde bulunan amino asit seviyesinde olmasına neden olur. Bu durumda diğer amino asitlerin normal değerlerin üzerinde olması, protein sentezi, dolayısıyla balıkların gelişmesi açısından çok fazla önem arz etmemektedir. Bunların çoğu parçalanarak enerji amaçlı kullanılmakta veya karbonhidrat ve yağlara dönüşerek depolanmaktadır. Buna bağlı olarak da amonyak üretimi ve dolayısıyla amonyak boşaltım miktarı artmaktadır (Polat, 2001).

Konuya çevre kirliliği açısından bakıldığında ise, sucul ortama boşaltılan nitrojen miktarını azaltmanın önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Yemdeki proteinin enerji kaynağı olarak kullanılmayıp, büyüme için kullanılması, daha az amino asitin katabolize olmasını sağlayacak ve nitrojen boşaltım oranını azaltacaktır. Böylece hem daha ekonomik bir yetiştiricilik sağlanırken, hem de sucul ortama fazla miktarda nitrojen yüklenmesi önlenmiş veya azaltılmış olacaktır (Yiğit, 2001).

Protein metabolizması

Proteinlerin kana karışmasından başlayarak, bunların işlenerek sentez ve ayrışımına uğramaları ve bu arada oluşan ara ürünlerin dışarı atılmasına kadar geçen tüm olaylara "protein metabolizması" denir (Polat, 2001). Balık türüne göre değişmekle birlikte mide ve barsaklarda pepsin, tripsin, peptidaz, dipeptidaz ve polypeptidaz gibi enzimlerle amino asitlere dönüşen proteinler, mukozal hücreler vasıtasıyla kana absorbe olurlar. Absorbe edilip amino asit havuzuna giren amino asitlerden öncelikle esansiyel olmayan amino asitlerin, yapısal proteinlerin, hormon ve enzimlerin sentezinin yanında nitrojen içeren protein yapısında olmayan amin, purin, primidin, keratin ve kan hücrelerinin sentezi

yapılır. Yapısal ihtiyaçlar karşılandıktan sonra geriye kalan amino asitler deaminasyona uğrar ve α -keto asitleri ile amonyak oluşur (Şekil 1). Oluşan bu ürünler daha sonra trikarboksilik asit (TCA) ve ornitin döngüsü gibi metabolik yolları izlerler.

Esansiyel olmayan amino asitlerin sentezi transaminasyon işlemi ile gerçekleşmektedir. Transaminasyon işleminde, bir amino asit bir α -keto asite $-NH_2$ grubu vererek kendisi α -keto asit olur ve önceki α -keto asit ise sentezlenmek istenen yeni amino asite dönüşür (Şekil 2) (Tüzün, 1992).

Vücuttaki amino asit havuzunun devamlılığınan karaciğer sorumludur. Vücuda alınan proteinlerin kaynağı yemdeki proteinlerdir ve bu kaynak kesilirse vücut proteinleri katabolize olmaya başlar. Amino asitler, yağlar veya karbonhidratlar gibi vücutta büyük miktarlarda depolanmazlar. Amino asitlerin fazlası deaminasyona uğrar ve karbon kalıntısı (iskeleti) okside olur veya yağlar, karbonhidratlar ve diğer bileşiklere dönüşürler. Amino asitlerden amino grubu, başlıca transaminasyon ya da oksidatif deaminasyonla ayrılır. Balıklarda transaminasyon olayının daha etkili olduğu sanılmaktadır. Bu olayda, bir amino asitten bir α -ketoasidine, (genellikle de α -keto glutamata) amonyak transferi gerçekleşir. Ketoglutarik asit (α -keto asit) ya ekstraksiyonla vücuttan atılmak üzere, yada diğer amino asitlerin sentezi için deaminasyona uğrar ve amonyak meydana getirir. Bu amonyak tekrar diğer bir transaminasyon devresine girer. İlk transaminasyonda oluşan keto asidi okside olabilir, yağa dönüşebilir veya diğer bileşiklerin sentezinde kullanılabilir. Esansiyel amino asitlerden sadece lisin ve treonin transaminasyona uğramaz. Bir amino asidin karbon iskeleti, o amino asitin canlı tarafından sentezlenip sentezleyemeyeceğini belirleyen kısımdır. Lisin ve treonin hariç, bütün esansiyel amino asitlerin α -keto asitleri metabolik olarak aminler olabilmekte ve esansiyel amino asit kaynakları olarak hizmet edebilmektedir. Bazen başlangıç deaminasyon reaksiyonu oksidatif deaminasyonla başlar. Dehidrojenaz enzimleri tarafından katalizlenen bu reaksiyonda enerji açığa çıkar. Son ürünler,

bir α -keto asidi ve serbest amonyaktır (Ak-yurt, 2004)(Şekil 3).

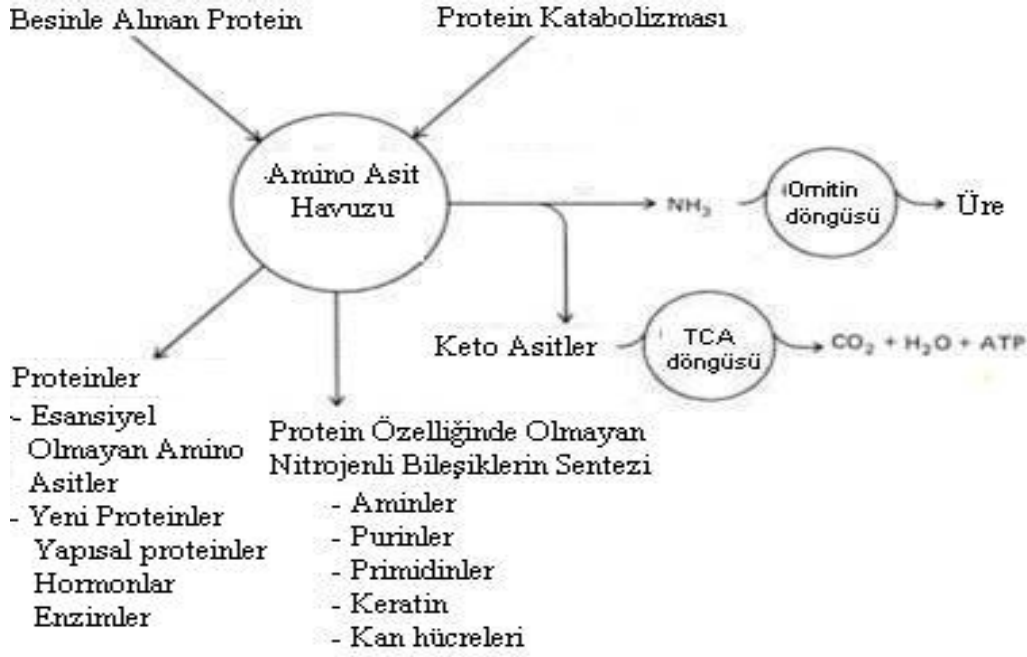
Amino asitlerin deaminasyonunun bir sonucu olarak, iki tip karbon iskeleti oluşmaktadır. Çoğu amino asit enerji üreten TCA döngüsüne doğrudan katılan, ya da karbonhidratlara kolayca dönüşebilen α -keto asitleri üretmektedir ki bunlara '**glikojenik asitler**' denilmektedir. Lösin ve izolösin gibi bazı amino asitler, asetat, asetoasetat, β -hiroksibütirat ve aseton gibi, karbonhidrat metabolizmasından çok, yağ metabolizmasıyla ilgili olan ara bileşikleri üreten karbon iskeletlerini oluşturmaktadır. Sonuçta bu bileşikler, ya yağ asitlerinin sentezinde kullanılabilen ya da TCA döngüsü içinde enerji üretimi bakımından okside olan Asetil-CoA 'yı oluşturmaktadır. Karbon iskeletleri gibi ürünler veren amino asitlere '**ketojenik amino asitler**' denilmektedir. Şekil 4'te TCA (Trikarboksilik Asit) döngüsü verilmiştir.

İster deaminasyon ister karbonhidratların glikolizisi sonucu sağlansın, deaminasyon ve transaminasyonun tersi bir tepkimesi olan aminasyonda (Şekil 5), amino asitlerin glikojenik karbon iskeletleri (piruvat ya da α -keto asitler gibi), yeni amino asitlerin biyosentezi için yapıtaşları olarak görev yapmaktadır.

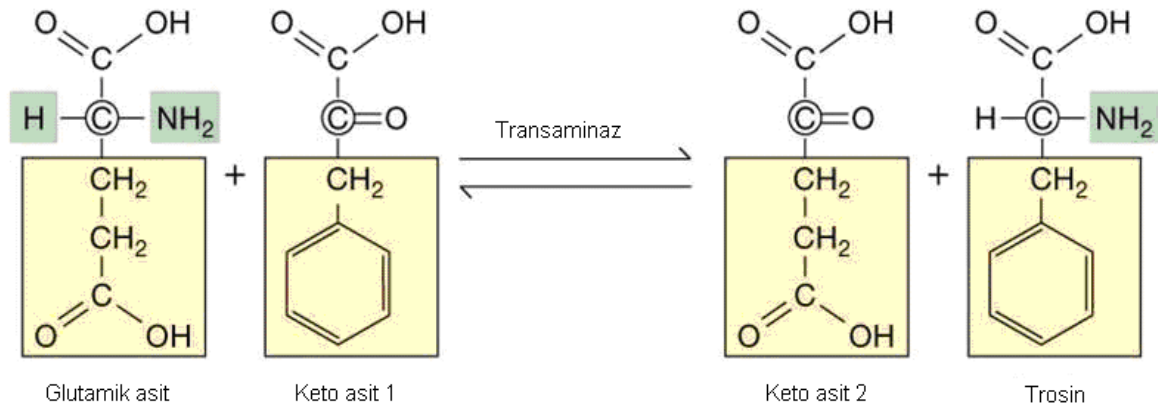
Deaminasyon işlemi sonunda ortaya çıkan amonyak ise ornitin döngüsüne girerek üreyi oluşturur (Şekil 6).

Amino asitlerin deaminasyonu

Amino asitlerin deaminasyonunun önemli bir kısmı karaciğer, böbrek ve solungaçlar gibi organlarda, çok az bir kısmında diğer dokularda gerçekleşmektedir. McBean ve ark. (1966), 5 balık türünün dokularında glutamat dehidrojenaz miktarlarını saptamışlardır. Karaciğerde üretilen amonyak, kan yoluyla solungaçlara iletilir ve solungaçlar tarafından üretilen amonyakla birlikte dışarı atılır. Karaciğer yada solungaçlarda üretilen amonyak miktarı, balık türü ve balığın fizyolojik durumundan etkilenmektedir (Bilgüven, 2002).

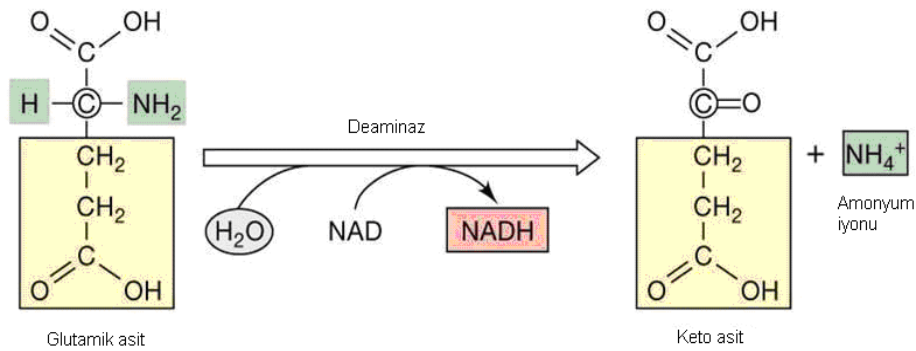


Şekil 1. Protein ve amino asit metabolizmasının genel akış şeması (Walton 1985)
Figure 1. Main pathways of protein and amino acid metabolism (Walton 1985)



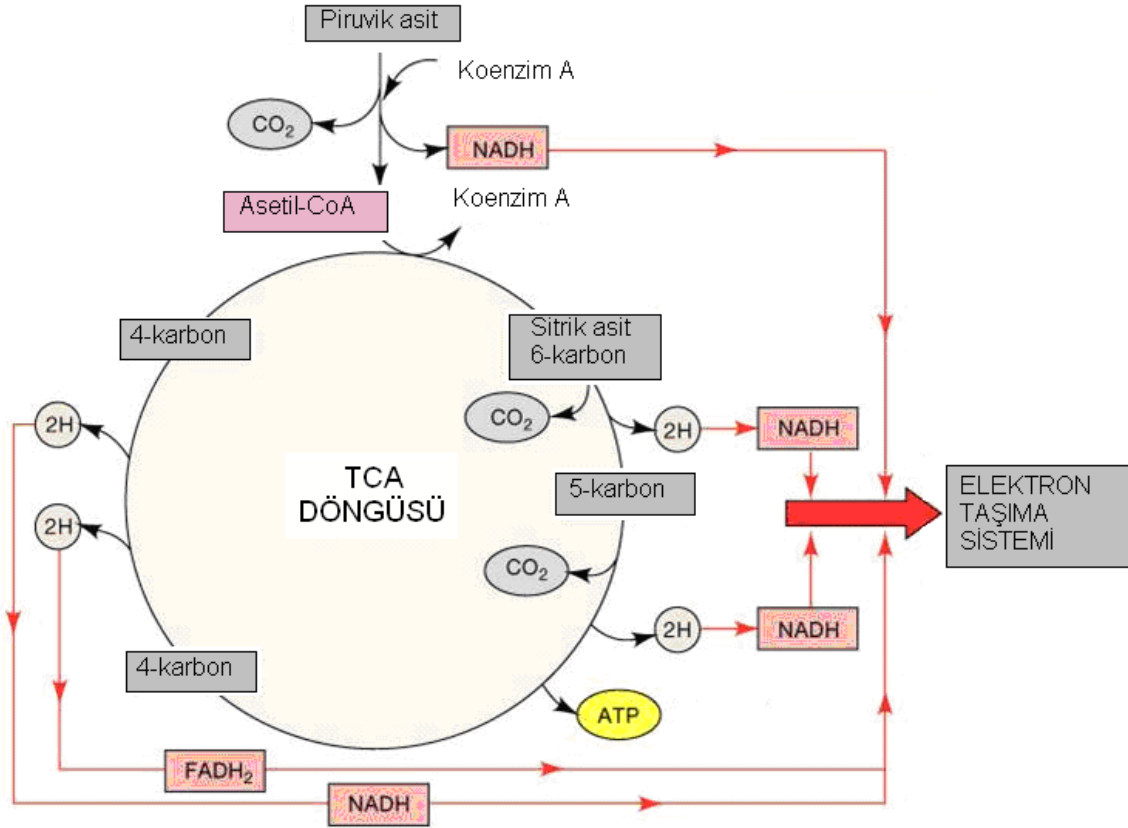
Şekil 2. Transaminasyon (Anonim, 2005a)

Figure 2. Transamination (Anonim, 2005a)



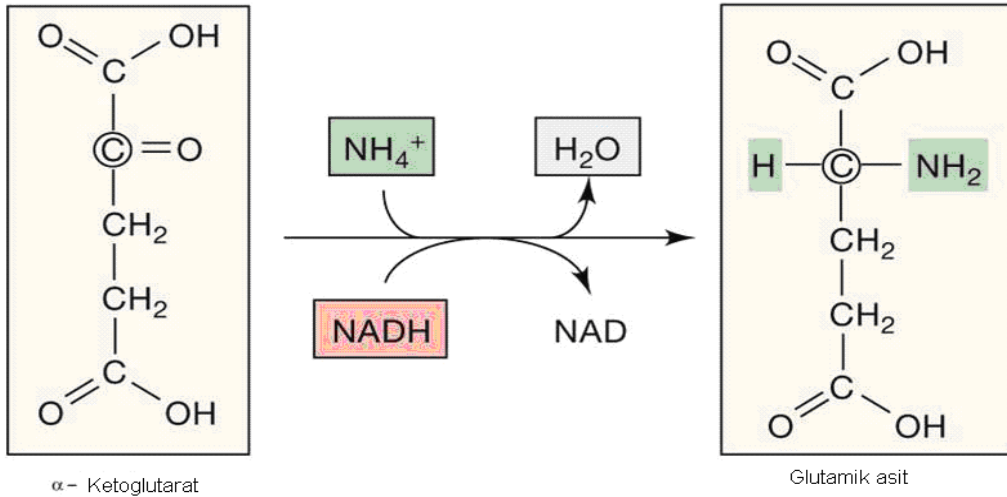
Şekil 3. Deaminasyon (Anonim, 2005b)

Figure 3. Deamination (Anonim, 2005b)



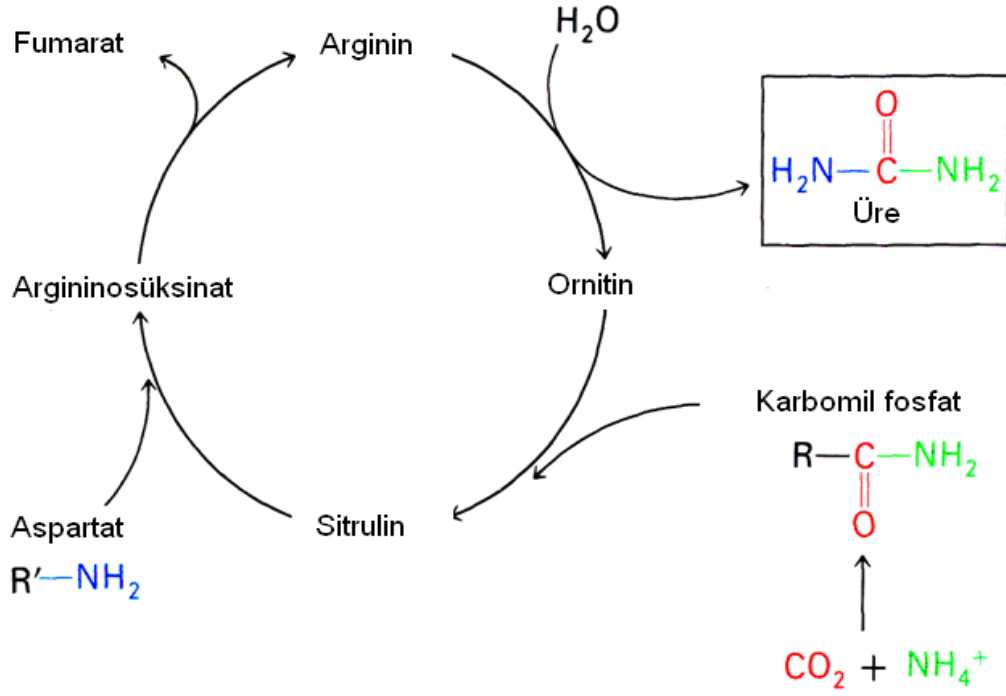
Şekil 4. Trikarboksilik asit (TCA) döngüsü (Anonim, 2005c)

Figure 4. The tricarboxylic acid (TCA) cycle (Anonim, 2005c)



Şekil 5. Aminasyon tepkimesi (Anonim, 2005d)

Figure 5. Amination reaction (Anonim, 2005d)



Şekil 6. Ornitin döngüsü (Stryer, 1988)

Figure 6. Ornithine cycle (Stryer, 1988)

Kara hayvanlarında, rasyonlarla alınan karbonhidrat ve yağlar temel enerji kaynağını oluştururken, balıklarda temel enerji kaynakları yağlar, proteinler ve karbonhidratlar şeklinde sıralanmaktadır. Türler gereği değişmekle birlikte genelde balıklarda, karbonhidratların kullanımı biraz daha zayıftır. Balıkların ihtiyaç duyduğu protein düzeyi, hemen hemen tüm kara hayvanlarından daha yüksektir. Bunun bir sonucu olarak, yağlardan sonra en önemli enerji kaynağını proteinler oluşturmaktadır. (Cho ve Kaushik, 1985). Genel olarak balık rasyonlarında aşağıdaki faktörlerin etkisiyle protein sentezinde kullanılmayan veya bu faktörler nedeniyle kullanım dışı kalan amino asitler, deamine olarak, ya enerji kaynağı olarak kullanılmakta ya da glukoz veya yağ şeklinde depolanmaktadır. Bu faktörler şunlardır:

- ❖ Enerji düzeyinin yeterli ancak protein oranının balığın ihtiyacından fazla olması,
- ❖ Toplam enerji düzeyinin yetersiz olması,
- ❖ Protein dışı enerji kaynaklarının yetersiz olması,
- ❖ Esansiyel amino asitlerden birinin (veya birkaçının) yokluğu veya eksikliği

- ❖ Esansiyel amino asitlerin esansiyel olmayan bir amino asit sentezinde kullanılması

Balıklarda amonyak boşaltımı

Balıklarda protein metabolizmasının son ana ürünü amonyaktır ve toplam protein metabolizma atığının %75-90'unu oluşturmaktadır. Karaciğerde parçalanmış amonyak, kan yoluyla solungaçlara taşınır ve solungaçlardan su ortamına salınır (Dostat ve ark., 1995). Protein metabolizması atım ürünlerinin diğer önemli bir kısmını ise %5-15 oranıyla üre oluşturur. Amonyak ve üre %80-90 oranında solungaçlardan atılır. Üre ve amonyakın yanı sıra balıklarda protein metabolizmasının atım ürünleri arasında trimetilamin oksit (TMAO), kreatin, kreatinin, ürik asit, inülin, paraaminohippurik asit ve amino asitler gibi diğer bileşiklerde bulunmaktadır. Tüm atım ürünlerinin büyük bir kısmı solungaçlar ile dışarı atılırken, çok küçük bir kısmı da idrar ile dışarıya atılmaktadır (Smith, 1989; Wedemeyer, 1996).

Balıkların diğer canlılara kıyasla dışarıya yüksek oranda amonyak bırakması, bazı avantajlar sağlamaktadır. Öncelikle dışarı atılan bileşikler arasında amonyak, en basit ve küçük olanıdır. Bundan dolayı, solungaç membranlarından kolaylıkla geçebilmekte ve bu ürünün

dışarı atılmasında daha az enerji harcanmaktadır.

Balıklarda amonyak atımında problem, solungaçtan balığın vücudu dışındaki suya amonyağın verilmesinde başlamaktadır. Suyun amonyak konsantrasyonu ve pH'sı balığın vücut sıvısından düşükse, NH_3 solungaçlardan suya hızlı ve kolayca verilebilmektedir. NH_3 solungaç membranlarından geçip suya atılırsa, NH_4^+ 'e dönüşür. Bu dönüşüm hızı suyun pH'sına bağlı olarak değişir. Suyun pH'sı arttıkça, NH_4^+ 'e göre NH_3 'ün konsantrasyonu artar ve solungaç epitel dokusundan NH_3 geçmesi zorlaşır. Gerçekten de, sudaki NH_3 konsantrasyonu yükselince, NH_3 'ün solungaç epitel hücrelerindeki hareketi tersine dönebilir. Yani, sudaki yüksek NH_3 konsantrasyonundan dolayı, NH_3 akımı solungaçlardan balık vücuduna doğru olabilmektedir. Bu nedenle, özellikle alabalık türlerinde suyun belirli aralıklarla yenilenmesi şarttır (Akyurt, 2004).

Amonyak boşaltımını etkileyen faktörler

Balıklarda amonyak boşaltım miktarını, rasyonun protein oranı, enerji oranı, proteinin kalitesi gibi faktörler etkilemektedir (Cowey ve Walton, 1989; Dostat ve ark., 1995; Chakraborty ve Chakraborty, 1998; Yiğit ve ark., 2003; Tantikitti ve ark., 2005).

Balık yetiştiriciliğinde maksimum düzeyde ağırlık artışı sağlamak ve dışkı materyali, amonyak - nitrojeni, üre - nitrojeni gibi atım ürünlerini minimize etmek amacıyla, balık türüne uygun ve kaliteli rasyonların hazırlanması balık beslemenin esas amacını oluşturmaktadır. Eğer bir yemdeki protein oranı o balık türü için optimal ise, proteinin tamamını büyüme için kullanır ve az miktarda amonyak su ortamına salınır (Tibbetts ve ark., 2001). Bu noktada balık türüne, balığın büyüklüğüne, üreme döneminde olup olmamasına, su sıcaklığına, strese, çevre şartlarına ve suyun yapısına göre değişiklik gösteren protein ihtiyacı-

nın optimal değerinin belirlenmesinin önemi dikkati çekmektedir (Tablo 1). Eğer protein oranı bu optimal değerden daha fazla ise proteinler deamine olur ve dolayısıyla amonyak boşaltım miktarı da artar (Cai ve ark., 1996; Azevedo ve ark., 2004). Bu durumu aşağıdaki gibi formülize edilebiliriz:

Protein Oranı = Protein İhtiyacı ise;
Protein büyüme için kullanılır, az miktarda amonyak atılır

Protein Oranı > Protein İhtiyacı ise;
Proteinler deamine olur, amonyak boşaltım miktarı artar

Tablo 1'de verilen üst değerler ile ona yakın değerler yavru dönemindeki protein ihtiyaçlarını yansıtırken, yetiştiriciliğin ileri aşamalarında bu değerler aşamalı olarak alt değerlere doğru inmektedir. Bazen çok geniş aralıkta verilen protein ihtiyaç oranları, bu konuda yapılan araştırmaların farklı koşullarda, farklı içeriklerde yemler kullanılarak yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat bu değerler genel olarak türlerin ihtiyaçları konusunda önemli katkılar getirmektedir.

Balıklarda amonyak boşaltım miktarı, tüketilen protein miktarının yanında proteinin kalitesine de (amino asit kompozisyonuna) bağlıdır. Protein kaynaklarının, kültürü yapılan balık türünün ihtiyacı olan amino asitleri sağlayacak şekilde bir araya getirilmesi gerekmektedir. Hazırlanan rasyon mutlaka esansiyel amino asitler açısından belirli bir dengede olmak zorundadır. Tek bir esansiyel amino asitin olmaması, protein sentezinin en düşük düzeyde bulunan amino asit seviyesinde olmasına neden olmaktadır. Bu durum diğer amino asitlerin normal değerlerin üzerinde olması, protein sentezi dolayısıyla balıkların gelişmesi açısından çok fazla önem teşkil etmemektedir. Sonuç olarak, vücutta sentez işleminde kullanılmayan ve yem proteini ile vücuda alınan amino asitler, deaminasyona uğrayarak amonyak şeklinde vücuttan atılmak-tadırlar (Yiğit ve ark., 2003).

Tablo 1. Çeşitli balık türlerinin rasyondaki protein ihtiyaçları (NRC, 1993; Uyan 2004))**Table 1.** Dietary protein requirements of different fish species (NRC, 1993; Uyan, 2004)

Balık Türü	Protein İhtiyacı (%)
Gökkuşığı Alası (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	40-50
Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	45-55
Çipura (<i>Sparus auratus</i>)	45-55
Yılan Balığı (<i>Anguilla rostrata</i>)	40-50
Sarı Kuyruk (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	50-55
Kalkan Balığı (<i>Scophthalmus maximus</i>)	45-55
Pisi Balığı (<i>Paralichthys olivaceus</i>)	45-55
Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)	28-38
Tilapia (<i>Tilapia auratus</i>)	20-40

Proteinlerin özellikle balıklarda, enerji sağlamada oldukça önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Yani, balıklar enerjilerinin bir kısmını proteinlerden sağlamaktadırlar. Ancak protein ve enerji arasında öyle bir denge kurulmalıdır ki, balık enerji ihtiyacını daha çok yağlar ve karbonhidratlardan sağlayabilmeli ve protein daha yüksek oranlarda protein sentezinde kullanılabilir. Ancak bunu yaparken dikkate alınması gereken en önemli kriterlerden biri, balığın bilinen vücut kimyasal kompozisyonunda önemli bir değişimin olmasına izin verilmemesidir (Polat, 2001).

Amonyak boşaltım miktarını etkileyen diğer bir faktör ise, yemdeki protein dışı enerji kaynaklarının yeterli miktarda olmaması ve proteinin vücut metabolizması için enerji kaynağı olarak kullanılmasıdır. Proteinin fazla miktarda enerji kaynağı olarak kullanılması ise daha fazla amonyak boşaltımına yol açar. Bu durum, amonyağın atılması için gerekli olan enerjinin metabolik faaliyetler için kullanılmasına ve büyümenin azalmasına neden olur. Eğer rasyonda ihtiyacı karşılayacak düzeyde enerji varsa ancak ihtiyaçtan daha fazla oranda protein içeriyorsa proteinler deamine olarak alfa keto asitler oluşur ve oluşan bu asitler TCA döngüsüne girerek karbonhidrat ve yağ olarak depolanır. Ayrıca deaminasyon işlemine bağlı olarak amonyak üretimi ve buna bağlı

olarakta amonyak boşaltım miktarı artar (Watanabe ve ark., 1987).

Balık besleme açısından son derece önemli olan yemdeki optimum protein – enerji oranının belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Çeşitli balık türleri için belirlenmiş protein – enerji oranları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2’de görüldüğü gibi, balıklarda protein-enerji oranları balık türüne göre farklılık göstermekte, dolayısıyla balık türüne uygun rasyonlar hazırlama ihtiyacı duyulmaktadır.

Balıklarda protein gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik olarak, yemdeki optimum protein-enerji dengesi çeşitli protein kaynakları kullanılarak oluşturulabilir. Bu amaca yönelik olarak, hayvansal protein kaynakları veya bitkisel protein kaynakları birlikte kombine olarak veya ayrı ayrı kullanılabilir. Ancak balık türüne uygun optimum protein-enerji oranı hazırlanan rasyonda sağlanmış olsa bile, farklı protein kaynakları ile hazırlanmış ancak aynı protein-enerji değerlerine sahip yemlerle beslenen balıkların performansı farklılık gösterebilir. Bu nedenle balık türüne uygun protein-enerji oranlarının belirlenmesi tek başına yeterli görülmemekte, aynı zamanda yem yapımında kullanılacak olan yem hammaddelerinin seçimi de önem taşımaktadır.

Tablo 2. Farklı balık türlerinin yemlerdeki protein – enerji oranları**Table 2.** Protein-energy rates in diets of different fish species

Balık Türü	P/E (mg pro/kcal)	Kaynak
Gökkuşluğu Alası (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	73–91 84	Lee ve Putnam, 1973 Kaushik ve ark., 1989
Pisi Balığı (<i>Parallethys olivaceus</i>)	101 118	Yiğit, 2001 Kikuchi ve ark., 2000
Kalkan Balığı (<i>Scophthalmus maximus</i>)	130–168	Bromley, 1980
Dağ Alası (<i>Salvelinus alpinus</i>)	79	Jobling ve Wandsvik, 1983
Morina (<i>Gadus Morhua</i>)	70	Jobling ve ark., 1991
Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)	88 100	Watanabe ve ark., 1987a Watanabe ve ark., 1987b
İskine Balığı (<i>Micropogonias undulates</i>)	112	Davis ve Arnold, 1997
Tilapia (<i>Tilapia auratus</i>)	108-123	Winfree ve Stickney, 1981

Sonuç

Boşaltım ürünlerinde daha az nitrojen bulunması, balık vücudunda daha fazla nitrojenin tutulmasına, yani yemdeki proteinin enerji kaynağı olarak kullanılmadığına ve balığın büyümesi için kullanıldığına, dolayısıyla daha az nitrojenin solungaçlardan amonyak olarak atıldığına işaret etmektedir (Yiğit ve ark., 2002). Protein kaybını önlemenin yolu, kuşkusuz, rasyona gerektiği kadar protein katmak ve fazla miktardaki protein yerine yağ gibi enerji bakımından zengin olan yem kaynakları kullanmaktır.

Balık tarafından boşaltılan amonyağın yüksek olması daha fazla proteinin parçalanması anlamına gelmesi nedeniyle, nitrojenli atım ürünlerinin minimuma indirilmesi önemlidir. Rasyonun en pahalı kısmını proteinlerin oluşturduğu düşünülürse, yemin balık tarafından ne kadar değerlendirildiği ve proteinlerin balık vücudunda hangi oranda tutulduğu veya atıldığıının belirlenmesi son derece önem taşımaktadır.

Konu çevre kirliliği açısından incelendiğinde, sucul ortama boşaltılan nitrojen miktarının azaltılması da önemlidir. Yemdeki proteinin enerji kaynağı olarak kullanılmayıp, büyüme için kullanılması, daha az amino asitin deaminasyona uğramasını sağlayacak ve nitro-

jen boşaltım oranını azaltacaktır. Böylece hem daha ekonomik bir yetiştiricilik sağlanacak, hem de sucul ortama fazla miktarda nitrojen yüklenmesi önlenmiş veya azaltılmış olacaktır. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılacak yemlerin balık dostu, tüketici dostu ve çevre dostu olması gerekmektedir.

Kaynaklar

Akyurt, İ., 2004. Balık Besleme. Mustafa Kemal Üniv. Su Ürünleri Fak. Ders Kitapları No: 3. Hatay. 226 s.

Anonim, 2005 a,b,c,d.

<http://www.uta.edu/biology/watts/classnotes/2458/>. (05.08.2005).

Azevedo, P.A., Leeson, S., Cho, C.Y., Bureau, D.P., 2004. Growth and feed utilization of large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in freshwater: diet and species effects, and responses over time. *Aquaculture Nutrition*, **10**: 401–411.

Bilgüven, M., 2002. Yemler Bilgisi, Yem Teknolojisi ve Balık Besleme. Akademisyen Yayınevi. Yayın No: 1. Mersin. 446s.

Bromley, P. J., 1980. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus*, L.) *Aquaculture*, **19**: 359-369.

- Cai, Y., Wermerskirchen, J. ve Adelman, R. I., 1996. Ammonia Excretion Rate Indicates Dietary Protein Adequacy for Fish. *The Progressive Fish-Culturist*, **58**: 124-127.
- Chakraborty, S.C. ve Chakraborty, S., 1998. Effect of dietary protein level on excretion of ammonia in Indian major carp, *Labeo rohita*, fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, **4**: 47-51
- Cho, C.Y. ve Kaushik, S.J., 1985. Effects of Protein Intake on Metabolizable and Net Energy Values of Fish Diets. Nutrition and Feeding in Fish. Edited By: Cowey, C. B., Mackie, A. M. and Bell, J. G., Academic Press, London.
- Cowey, C.B., Owen, J.M. ve Adron, J.W. ve Middleton, C., 1976. Studies on The Nutrition of Marine Flatfish. The Effect of Different Dietary Fatty Acids on The Growth And Fatty Acid Composition of Turbot (*Scophthalmus maximus*). *Br. J. Nutr.*, **36**: 479-486.
- Cowey, C.B., Walton, M., 1989. Intermediary Metabolism. Fish Nutrition. Second Edition. Edited by John E. Halver, Academic Press, London.
- Davis, D.A. and Arnold, C. R., 1997. Response of Atlantic croaker fingerlings to practical diet formulations with varying protein and energy contents. *Journal of The World Aquaculture Society*, Vol. **28**, No. 3.
- Dostat, A., Metailler, R., Tetu, N., Servais, F., Chartois, H., Huelvan, C. And Desbruyeres, E., 1995. Nitrogenous Excretion in Juvenile Turbot *Scophthalmus maximus* (L.), Under Controlled Conditions. *Aquaculture Research*, **26**: 639-650.
- Jobling, M. and Wandsvik, A., 1983. Quantitative protein requirements of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L). *Journal of Fish Biology*, **22**: 705-712.
- Jobling, M., Knudsen, R., Pedersen, P.S. and Dos Santos, J., 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, **92**: 243-257.
- Karaali, B., 2005. Farklı Protein Kaynakları ve Farklı Enerji Oranları İçeren İsonitrojenik Rasyonların Kalkan Balığının (*Scophthalmus maoeticus*) Büyümesi, Kimyasal Yapısı ve Toplam Nitrojen Boşaltımı Üzerine Etkileri. *Doktora Tezi*. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Kaushik, S.J., Medale, F., Fauconneau, B. And Blanc, D., 1989. Effects of Digestible Carbohydrates on Protein / Energy Utilization And on Glucose Metabolism in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, **79**: 63-74.
- Kikuchi, K., Sugita, H. and Watanabe, T., 2000. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of Japanese flounder. *Suisanzoshoku*, **48**: 537-543.
- Lee, D. J., Putnam, G. B., 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy rations in a test diet. *Journal of Nutrition*, **103**: 916-922.
- National Research Council (NRC), 1993. *Nutrient Requirements of Fish*, p. 114. National Academy Press, Washington, DC.
- Polat, A., 2001. Balık Besleme Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. Adana.
- Ringrose, R.C., 1971. Calorie-To-Protein Ratio For Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). *J. Fish Res. Board Can.*, **28**: 1113-1117.
- Smith, R.R., 1989. Nutritional Energetics. Fish Nutrition. Second Edition. Edited by John E. Halver, Academic Press, London.
- Stryer, L.S., 1988. Biochemistry (3rd Ed). New York: WH Freeman & Co. p500.
- Tantikitti, C., Sangpong, W., Chiavareesajja, S., 2005. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, **248**: 41-50.
- Tibbetts, S.M., Lall, S.P., Anderson, D.M., 2001. Optimum dietary ratio of digestible protein and energy for juvenile American eel, *Anguilla rostrata*, fed practical diets. *Aquaculture Nutrition*, **7**: 213-220.
- Tüzün, C., 1992. Biyokimya. Palme Yayınları Tıp Serisi No: 111. ISBN 975-7477-02-8 Ankara. 485 s.
- Uyan, O., 2004. Yemleme Sıklığı, Rasyondaki Protein Düzeyi ve Balık Büyüklüğünün Japon Pisi Balığı'nın (*Paralichthys olivaceus*) Gelişimi, Besin Madde Sindirim,

- Vücut Kompozisyonu ve Nitrojen Kullanım Oranı Üzerine Etkileri. *Doktora Tezi*. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Walton, M.J., 1985. Aspects of amino acid metabolism in teleost fish. Nutrition and Feeding in Fish. Edited By: Cowey, C. B, Mackie, A. M. and Bell, J. G., Academic Press, London.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S., Ida, T. and Yaguchi, M., 1987a. Development of Low Protein-high energy diets for practical carp culture with special reference to reduction of total nitrogen excretion. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **53** (8): 1413-1423.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S., Wang, K.W., Ida, T., Yaguchi, M., Nakada, M., Amano, T., Yoshijima, S. and Aoe, H., 1987b. Development of practical carp diets for reduction of total nitrogen loading on water environment. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53** (12): 2217-2225.
- Wedemeyer, G.A., 1996. Physiology of fish in intensive culture systems. New York: Chapman & Hall, 232p.
- Winfrey, R. A. and Stickney, R. R., 1981. Effects of Dietary Protein and Energy on Growth, Feed Conversion Efficiency and Body Composition of *Tilapia aurea*. *Journal of Nutrition*, **111**: 1001-1012.
- Yiğit, M., 2001. Farklı Protein ve Enerji Oranlarının Japon Pisi Balığı (*Paralichthys olivaccus*) Yavrularında Gelişme, Balık Vücudunun Kimyasal Yapısı, Nitrojen Boşaltımı ve Yemlerin Sindirilme Oranı Üzerine Etkileri. *Doktora Tezi*. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Yiğit, M., Yardım, Ö., and Koshio, S., 2002. The Protein Sparing Effects of High Lipid Levels in Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) With Special Reference to Reduction of Total Nitrogen Excretion. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. **54**(2): 79-88.
- Yiğit, M., Koshio, S., Aral, O., Karaali, B., and Karayücel, S., 2003. Ammonia Nitrogen Excretion Rate-An Index for Evaluating Protein Quality of Three Feed Fishes for The Black Sea Turbot. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. **55**(1): 69-76.